



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL
CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN
DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS
METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL
CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN
DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS
METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1071-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 011506 presentado por el (la) Bachiller: **OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ** 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. **OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI**, 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** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 26 de setiembre del 2024
- * **HORA** : 10:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
DIRECTOR
Dr. Eirani Paillón Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 639-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 8511 por el señor (a): **OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 669 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 125- 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): **OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 125- 2024 **aproband**o el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI**, 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.

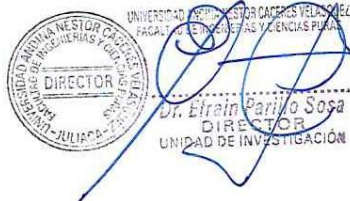
RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790cc.
Archivo
interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Barrio Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 386-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 5863, presentado el o (la) Bachiller OSWALDO AROCUTIPA GÓMEZ solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 402 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 127-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: OSWALDO AROCUTIPA GÓMEZ ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 127-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI.

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 o (la) Bachiller: OSWALDO AROCUTIPA GÓMEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Castillo Sosa
CIP. 47790
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

17 %

FUENTES DE INTERNET

2 %

PUBLICACIONES

13 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9 %
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4 %
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1 %
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %

Submitted to Mountain Lakes High School

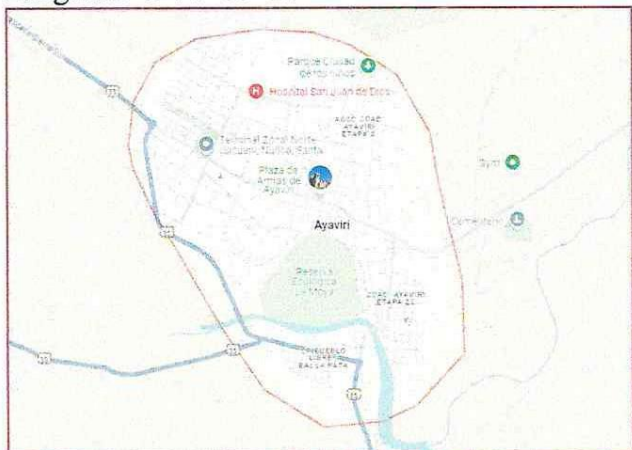


Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Oswaldo Arocutipa Gomez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74777508
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-6597-0145
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Oscar Vicente Viamonte Calla
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Franz Joseph Barahona Perales
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Melgar Distrito: Ayaviri Latitud: S 14° 52' 55" Longitud: O 70° 35' 24"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/JWBJcMnUsoQmXjWP7</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 - Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE - Librería	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de materiales https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html#2.05.00</p>



 Director
 Unidad de Investigación



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ, identificado con DNI
Nro. 74777508, 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:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL
CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS
METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 09 de octubre del 2024

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A dios, a memoria de mi padre Felix Arocutipa Arocutipa y mi querida madre Cirila E. Gomez Mamani quienes me apoyaron en todo momento de mi vida directamente. Con un profundo amor y respeto a mis hermanos(as) Eulalia Arocutipa Gomez, Graciela Arocutipa Gomez, Efrain Arocutipa Gomez, Silvia Arocutipa Gomez, Darwin Arocutipa Gomez, Rony Arocutipa Gomez, Hebiertth Arocutipa Gomez y a mis cuñados(as), sobrinos(as) quienes me apoyaron moral e incondicionalmente en momentos difíciles y durante mi formación profesional.



AGRADECIMIENTO

Extiendo mi agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca por brindarme la oportunidad de continuar mis estudios y desarrollarme como un profesional competente. Agradezco especialmente a todos los profesores de ingeniería civil por su orientación y por impartir su sabiduría y conocimientos a lo largo de mi trayectoria académica. Extiendo mi profundo agradecimiento a los recuerdos de mi padre, Félix Arocutipa Arocutipa, y a mi querida madre, Cirila Eduarda Gómez Mamani, por guiarme por el camino correcto, apoyar mis aspiraciones y ser un ejemplo de valores admirables. Estoy profundamente agradecido a mis hermanos, que me apoyaron a lo largo de mis estudios universitarios. Y sobre todo a mi hermano hebierrth Arocutipa Gomez por su apoyo incondicional, quien fue como mi padre y ejemplo a seguir sus pasos, y también agradecerle a mi hermana Silvia y su esposo Francisco Carrillo, por haberme brindado sus sabios consejos y su apoyo incondicionalmente en mi etapa universitaria. También agradezco al ingeniero Juan Manuel Cano Jove, al ingeniero Jhon alexander Huahuacondori Velásquez y al ingeniero Henry Carita Cárdenas quienes me compartieron su conocimiento y sabiduría en la sub gerencia de infraestructura de desarrollo urbano y rural de la municipalidad distrital de Amantani.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación de la investigación.....	3
1.4.1. Justificación técnica	3
1.4.2. Justificación práctica	4
1.4.3. Justificación social	4
1.4.4. Justificación ambiental	4
1.5. Hipótesis de la investigación	4
1.5.1. Hipótesis general	4
1.5.2. Hipótesis específicas	4
1.6. Variables e indicadores	5
1.6.1. Variable independiente	5
1.6.2. Variable dependiente	5
1.7. Operacionalización de variables.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales	9
2.1.3. Antecedentes locales	11
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1. El concreto	12
2.2.2. Concreto convencional	17
2.2.3. Agregados	33
2.2.4. Cemento Portland	41
2.2.5. Fibra de aluminio reciclado	48
2.2.6. Diseño de mezclas	70
2.2.7. Propiedades físicas del concreto	71
2.2.8. Propiedades mecánicas del concreto	73
2.3. Marco Conceptual	78

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación	81
3.2. Método de la investigación	81
3.3. Nivel y tipo de la investigación	82
3.1.1. Nivel de la investigación	82
3.1.2. Tipo de la investigación	82
3.4. Población y muestra	82
3.4.1. Población	82
3.4.2. Muestra	83
3.5. Técnicas e instrumentos	84
3.2.1. Técnicas	84
3.2.2. Instrumentos	85
3.6. Procedimiento de recolección de datos	85
3.3.1. Etapa de campo y recolección de materiales	85
3.3.2. Etapa de laboratorio	87
3.3.3. Etapa de gabinete	99

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos	101
---------------------------------	-----



4.1.1. Resultados sobre la influencia de la adición de la fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el asentamiento de la mezcla fresca.....	105
4.1.2. Resultados sobre la incorporación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a compresión del concreto.....	107
4.1.3. Resultados sobre la incidencia de la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a flexión del concreto convencional	128
4.1.4. Comparación de resistencias a la compresión de CPC, +%FA y +%FM	149
4.1.5. Comparación de resistencias a la flexión de CPC, +%FA y +%FM	158
4.2. Discusión de Resultados	161
CONCLUSIONES.....	163
RECOMENDACIONES.....	164
BIBLIOGRAFÍA.....	165
ANEXOS	173



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 6

Tabla 2 Trabajabilidad del concreto..... 73

Tabla 3 Muestras para el ensayo de resistencia a compresión y flexión..... 83

Tabla 4 Asentamiento de la mezcla..... 96

Tabla 5 Granulometría del agregado grueso 101

Tabla 6 Granulometría del agregado fino 102

Tabla 7 Contenido de humedad de los agregados 103

Tabla 8 Peso específico y absorción de agregados de cantera Isla..... 104

Tabla 9 Pesos unitarios de los agregados 104

Tabla 10 Asentamiento del concreto patrón + fibra de aluminio reciclada 105

Tabla 11 Asentamiento del concreto patrón + fibras metálicas 106

Tabla 12 Resistencia del CPC 107

Tabla 13 Resistencia del CPC 108

Tabla 14 Resistencia del CPC 109

Tabla 15 Resistencia del CPC + 2.5% FA 110

Tabla 16 Resistencia del CPC + 2.5% FA 111

Tabla 17 Resistencia del CPC + 2.5% FA 112

Tabla 18 Resistencia del CPC + 4.5% FA 113

Tabla 19 Resistencia del CPC + 4.5% FA 114

Tabla 20 Resistencia del CPC + 4.5% FA 115

Tabla 21 Resistencia del CPC + 6.5% FA 116

Tabla 22 Resistencia del CPC + 6.5% FA 117

Tabla 23 Resistencia del CPC + 6.5% FA 118

Tabla 24 Resistencia del CPC + 3% FM..... 119

Tabla 25 Resistencia del CPC + 3% FM..... 120

Tabla 26 Resistencia del CPC + 3% FM..... 121

Tabla 27 Resistencia del CPC + 5% FM..... 122

Tabla 28 Resistencia del CPC + 5% FM..... 123

Tabla 29 Resistencia del CPC + 5% FM..... 124

Tabla 30 Resistencia del CPC + 7% FM..... 125

Tabla 31 Resistencia del CPC + 7% FM..... 126

Tabla 32 Resistencia del CPC + 7% FM..... 127

Tabla 33 Resistencia a la flexión de CPC a 7 días 128

Tabla 34 Resistencia a la flexión de CPC a 14 días 129



Tabla 35	Resistencia a la flexión de CPC a 28 días	130
Tabla 36	Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA a 7 días	131
Tabla 37	Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA a 14 días	132
Tabla 38	Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA a 28 días	133
Tabla 39	Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA a 7 días	134
Tabla 40	Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA a 14 días	135
Tabla 41	Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA a 28 días	136
Tabla 42	Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA a 7 días	137
Tabla 43	Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA a 14 días	138
Tabla 44	Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA a 28 días	139
Tabla 45	Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM a 7 días	140
Tabla 46	Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM a 14 días	141
Tabla 47	Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM a 28 días	142
Tabla 48	Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM a 7 días	143
Tabla 49	Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM a 14 días	144
Tabla 50	Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM a 28 días	145
Tabla 51	Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM a 7 días	146
Tabla 52	Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM a 14 días	147
Tabla 53	Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM a 28 días	148
Tabla 54	Resistencias del CPC + % FA a 7 días de curado	149
Tabla 55	Resistencias del CPC + % FA a 14 días de curado	150
Tabla 56	Resistencias del CPC + % FA a 28 días de curado	152
Tabla 57	Resistencias del CPC + % FM a 7 días de curado.....	153
Tabla 58	Resistencias del CPC + % FM a 14 días de curado.....	155
Tabla 59	Resistencias del CPC + FM a 28 días de curado.....	156
Tabla 60	Resistencias a flexión del CPC + % FA tras los 7, 14 y 28 días de curado ...	158
Tabla 61	Resistencias a flexión del CPC + % FM tras los 7, 14 y 28 días de curado...	159
Tabla 62	Resistencias a flexión del CPC + % FA y % FM	160



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Componentes del concreto	14
Figura 2	Concreto convencional.....	17
Figura 3	Fibras de aluminio.....	49
Figura 8	Fibras metálicas.....	59
Figura 4	Prueba de Slump	73
Figura 5	Esquema del ensayo a compresión.....	75
Figura 6	Tipos de fallas de briquetas	78
Figura 8	Fibra de aluminio.....	86
Figura 9	Fibras metálicas.....	87
Figura 9	Análisis granulométrico	90
Figura 10	Asentamiento del concreto.....	96
Figura 11	Resistencia a la compresión.....	98
Figura 12	Resistencia a flexión	99
Figura 14	Granulometría del agregado grueso.....	102
Figura 15	Granulometría del agregado fino.....	103
Figura 16	Variación del CPC – 7 días de curado.....	107
Figura 17	Variación del CPC – 14 días de curado.....	108
Figura 18	Variación del CPC – 28 días de curado.....	109
Figura 19	Variación del CPC + 2.5% FA a 7 días.....	110
Figura 20	Variación del CPC + 2.5% FA a 14 días.....	111
Figura 21	Variación del CPC + 2.5% FA a 28 días.....	112
Figura 22	Variación del CPC + 4.5% FA a 7 días.....	113
Figura 23	Variación del CPC + 4.5% FA a 14 días.....	114
Figura 24	Variación de CPC + 4.5% FA a 28 días.....	115
Figura 25	Variación del CPC + 6.5% FA a 7 días.....	116
Figura 26	Variación del CPC + 6.5% FA a 14 días.....	117
Figura 27	Variación del CPC + 6.5% FA a 28 días.....	118
Figura 28	Variación del CPC +3% FM a 7 días	119
Figura 29	Variación del CPC + 3% FM a 14 días	120
Figura 30	Variación del CPC + 3% FM a 28 días	121
Figura 31	Variación del CPC + 5% FM a 7 días	122
Figura 32	Variación del CPC + 5% FM a 14 días	123
Figura 33	Variación del CPC + 5% FM a 28 días	124
Figura 34	Variación del CPC + 7% FM a 7 días	125



Figura 35	Variación del CPC + 7% FM a 14 días	126
Figura 36	Variación del CPC + 7% FM a 28 días	127
Figura 37	Variación de la resistencia a la flexión de CPC a 7 días.....	128
Figura 38	Variación de la resistencia a la flexión de CPC a 14 días.....	129
Figura 39	Variación de la resistencia a la flexión de CPC a 28 días.....	130
Figura 40	Variación de la flexión del CPC + 2.5% FA a 7 días	131
Figura 41	Variación de la flexión del CPC + 2.5% FA a 14 días	132
Figura 42	Variación de la flexión del CPC + 2.5% FA a 28 días	133
Figura 43	Variación de la flexión del CPC + 4.5% FA a 7 días	134
Figura 44	Variación de la flexión del CPC + 4.5% FA a 14 días	135
Figura 45	Variación de la flexión del CPC + 4.5% FA a 28 días	136
Figura 46	Variación de la flexión del CPC + 6.5% FA a 7 días	137
Figura 47	Variación de la flexión del CPC + 6.5% FA a 14 días	138
Figura 48	Variación de la flexión del CPC + 6.5% FA a 28 días	139
Figura 49	Variación de la flexión del CPC + 3% FM a 7 días	140
Figura 50	Variación de la flexión del CPC + 3% FM a 14 días	141
Figura 51	Variación de la flexión del CPC + 3% FM a 28 días	142
Figura 52	Variación de la flexión del CPC + 5% FM a 7 días	143
Figura 53	Variación de la flexión del CPC + 5% FM a 14 días	144
Figura 54	Variación de la flexión del CPC + 5% FM a 28 días	145
Figura 55	Variación de la flexión del CPC + 7% FM a 7 días	146
Figura 56	Variación de la flexión del CPC + 7% FM a 14 días	147
Figura 57	Variación de la flexión del CPC + 7% FM a 28 días	148
Figura 58	Comparativo de la resistencia del CPC + % FA a 7 días.....	149
Figura 59	Variación de las resistencias CPC + % FA a 7 días	150
Figura 60	Comparativo de la resistencia del CPC + % FA a 14 días.....	151
Figura 61	Variación de las resistencias CPC + % FA a 14 días	151
Figura 62	Comparación de la resistencia del CPC + % FA a 28 días	152
Figura 63	Variación de las resistencias CPC + % FA a 28 días	153
Figura 64	Comparativo de las resistencias del CPC + % FM a 7 días.....	154
Figura 65	Variación de las resistencias CPC + % FM a 7 días.....	154
Figura 66	Comparativo de las resistencias del CPC + % FM a 14 días.....	155
Figura 67	Variación de las resistencias CPC + % FM a 14 días.....	156
Figura 68	Comparativo de las resistencias del CPC + % FM a 28 días.....	157
Figura 69	Variación de las resistencias CPC + % FM a 28 días.....	157
Figura 70	Comparativo de la resistencia a flexión del CPC + % FA tras los 28 días ...	158
Figura 71	Comparativo de la resistencia a flexión del CPC + % FM tras los 28 días...	159



Figura 72 Comparación de la resistencia a flexión del CPC + % FA y % FM 160



RESUMEN

La investigación titulada "Estudio comparativo de las propiedades del concreto convencional con la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri", tiene la finalidad de evaluar las diferencias en las propiedades del concreto convencional al integrar fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri. Se utilizó un diseño experimental, método cuantitativo de nivel explicativo y de tipo aplicada; además, la muestra estuvo conformada por briquetas de hormigón endurecido, con la integración de fibras de aluminio reciclado en 2.5%, 4.5% y 6.5% y fibras metálicas en 3%, 5% y 7% en función del volumen del cemento. Los resultados obtenidos con referencia al primer objetivo fueron, que el asentamiento disminuye con la adición de FA, alcanzando medidas de 4.0", 3.80" y 3.60" para proporciones de 2.5%, 4.5% y 6.5%, respectivamente. En contraste, al añadir FM en proporciones de 3%, 5% y 7%, el asentamiento incrementa a 4.50", 5.50" y 5.80". Esto sugiere que la inclusión de FA reduce el asentamiento, mientras que el uso de fibras metálicas lo incrementa conforme aumenta la cantidad de materia. En cuanto al segundo objetivo fueron, que la resistencia a la compresión del concreto convencional con una $f'_c=210$ kg/cm², mejoró con la incorporación de fibras de aluminio, obteniendo incrementos en la resistencia de 222.13 kg/cm² con un 2.5% de adición, 224.15 kg/cm² con un 4.5% y 227.97 kg/cm² con un 6.5%. Del mismo modo, la adición de fibras metálicas mostró mejoras significativas en comparación con el estándar, alcanzando resistencias de 207.90 kg/cm² con un 3%, 217.88 kg/cm² con un 5%, y 234.11 kg/cm² con un 7%. Finalmente el objetivo tres llegó a la conclusión de que la resistencia a la flexión del concreto convencional con una f'_c de 210 kg/cm² disminuyó al añadir fibras de aluminio, alcanzando valores de 70.72 kg/cm² con una adición del 2.5%, 66.95 kg/cm² con un 4.5%, y 59.10 kg/cm² con un 6.5%. En contraste, las vigas con fibras metálicas presentaron un notable aumento en la resistencia, alcanzando 66.35 kg/cm² con un 3%, 68.80 kg/cm² con un 5%, y 71.96 kg/cm² con un 7%. La investigación concluye que, al agregar ambas fibras mejoran la resistencia del



concreto, pero se puede decir que las fibras metálicas tienen un mayor impacto que las de aluminio. finalmente, en lo que respecta a la resistencia a la flexión, se concluye que las fibras de aluminio no resultan ser las más adecuadas para mejorar este tipo de resistencia, mientras que las fibras metálicas ofrecen un mejor rendimiento en este aspecto.

Palabras Clave: Concreto convencional, Fibra de aluminio reciclado, Fibras metálicas, Resistencia a la compresión.



ABSTRACT

The research titled "Comparative study of the properties of conventional concrete with the application of recycled aluminum fiber and metal fibers in the Ayaviri district", has the purpose of evaluating the differences in the properties of conventional concrete when integrating recycled aluminum fiber and metallic fibers in the Ayaviri district. An experimental design, quantitative method of explanatory level and applied type was used; In addition, the sample was made up of hardened concrete briquettes, with the integration of recycled aluminum fibers in 2.5%, 4.5% and 6.5% and metal fibers in 3%, 5% and 7% depending on the volume of the cement. The results obtained with reference to the first objective were that the settlement decreased with the addition of FA, reaching measurements of 4.0", 3.80" and 3.60" for proportions of 2.5%, 4.5% and 6.5%, respectively. In contrast, when adding FM in proportions of 3%, 5% and 7%, the settlement increases to 4.50", 5.50" and 5.80". This suggests that the inclusion of FA reduces settlement, while the use of metallic fibers increases it as the amount of matter increases. Regarding the second objective, they were that the compressive strength of conventional concrete with a $f'c=210$ kg/cm², improved with the incorporation of aluminum fibers, obtaining increases in resistance of 222.13 kg/cm² with 2.5% of addition, 224.15 kg/cm² with 4.5% and 227.97 kg/cm² with 6.5%. Similarly, the addition of metallic fibers showed significant improvements compared to the standard, reaching resistances of 207.90 kg/cm² with 3%, 217.88 kg/cm² with 5%, and 234.11 kg/cm² with 7%. Finally, objective three concluded that the flexural strength of conventional concrete with a $f'c$ of 210 kg/cm² decreased when adding aluminum fibers, reaching values of 70.72 kg/cm² with an addition of 2.5%, 66.95 kg/cm² with 4.5%, and 59.10 kg/cm² with 6.5%. In contrast, the beams with metallic fibers presented a notable increase in resistance, reaching 66.35 kg/cm² with 3%, 68.80 kg/cm² with 5%, and 71.96 kg/cm² with 7%. The research concludes that adding both fibers improves the resistance of the concrete, but it can be said that metallic fibers have a greater impact than aluminum fibers. Finally, with regard to bending resistance, it is



concluded that aluminum fibers are not the most suitable for improving this type of resistance, while metallic fibers offer better performance in this aspect.

Keywords: Conventional concrete, Recycled aluminum fiber, Metallic fibers, Compressive strength.



INTRODUCCIÓN

El progreso continuo y la industrialización de la construcción hacen necesaria la exploración de métodos alternativos para una mejora de las propiedades del concreto y, al mismo tiempo, reducir los costes de fabricación. En consecuencia, se buscan continuamente nuevos materiales para preparar el concreto y mejorar su calidad y rendimiento.

La utilización de fibras de aluminio en el concreto presenta una solución innovadora que ofrece ventajas al concreto. Sin embargo, la aplicación actual de estas fibras no está totalmente optimizada. Es por ello que el objetivo de esta investigación es proporcionar un enfoque más eficaz para comprender las características, el comportamiento y las implicaciones económicas de la construcción de estructuras utilizando fibras de aluminio reciclado y fibras metálicas. Con ello, se pretende mejorar las propiedades del concreto y abordar cuestiones relacionadas con la capacidad de carga, la inestabilidad, la fisuración y la vida útil de los forjados industriales apoyados en el suelo.

Si no se realiza este estudio, seguirá habiendo dudas sobre las ventajas y diferencias del uso de fibras sintéticas y metálicas en la producción de losas industriales. Estas losas también serán menos duraderas porque suelen fabricarse con barras de acero, lo que no las protege del agrietamiento por las diferentes cargas a las que se ven sometidas durante su vida útil. Por otro lado, el uso de fibras en la matriz cementosa para construir forjados tiene ventajas durante el proceso de construcción porque permite vanos más anchos y, en ocasiones, forjados más delgados que cuando se utiliza armadura convencional. De este modo, se obtienen mejores resultados a largo plazo y se mejora el rendimiento durante el servicio previsto de la losa.

Nuestro proyecto se centra en incorporar fibra de aluminio al concreto convencional en el distrito de Ayaviri. El propósito es mejorar la resistencia y las propiedades del



concreto, ya que los edificios, calles y avenidas existentes en Ayaviri experimentan un tránsito intenso y requieren un concreto con una durabilidad excepcional. Por lo tanto, sugerimos utilizar una sustancia reciclable como la FA para mejorar la calidad y prolongar la vida útil del material. El resultado será un mejor rendimiento y una mayor durabilidad, al tiempo que se mejora la resistencia del concreto.

El capítulo I, presenta una delimitación exhaustiva del tema de estudio, que abarca la cuestión, los objetivos, la justificación y las hipótesis. Estos aspectos constituyen una base fundacional para el avance de la investigación.

El capítulo II, ofrece un amplio resumen de los antecedentes del estudio, que abarca los contextos internacional, local y nacional. Seguidamente, se introduce el marco teórico para dilucidar las principales teorías y fundamentos de la investigación. En última instancia, el marco conceptual se desarrolla a partir de las aportaciones de autores modernos.

El capítulo III, cubre el enfoque, abarcando el diseño, la técnica, el nivel y el tipo empleados en esta investigación. También ofrece información exhaustiva sobre las metodologías y herramientas empleadas para evaluar el estudio, los procesos utilizados para obtener los resultados y la población y muestra examinadas.

El capítulo IV, se muestran los cálculos efectuados, los cuales se presentan mediante tablas y gráficos comparativos. Posteriormente, se procede a una discusión de dichos resultados, contrastándolos con las teorías y estudios previos señalados en los antecedentes de la investigación.

Finalmente, la investigación presenta sus conclusiones y recomendaciones, acompañadas de una lista de fuentes utilizadas para facilitar una mejor comprensión del tema. Además, se incluyen materiales adicionales como pruebas fotográficas, inspección visual y certificados de calidad emitidos por laboratorios.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

A nivel mundial, la industria de la construcción trabaja activamente en la creación de tecnologías innovadoras para mejorar el rendimiento de las estructuras del hormigón. Según (Sotil, 2016) la incorporación de FA al hormigón se considera una práctica beneficiosa. Entre los principales beneficios se incluyen una disminución significativa de las fisuras, tanto en la retracción plástica como en la endurecida, una mayor durabilidad del hormigón y una mejora de la resistencia a la flexión. Además, la técnica suele considerarse muy útil en términos de reducción de tiempo y costes en la fabricación y construcción de piezas estructurales.

Un estudio realizado en Santiago de Chile destaca la aplicación de diversas medidas para enfrentar los problemas identificados. En particular, el uso de hormigón reforzado con fibras ha demostrado ser una solución efectiva para mejorar varias propiedades del material (Nuñez, 2013).

En el ámbito nacional, un estudio desarrollado en la ciudad de Cusco reveló que el concreto puede mejorar sus propiedades mediante la incorporación de componentes como la fibra de aluminio, aditivos y fibras metálicas, según lo señalaron Carrillo (2017). Otro



estudio científico desarrollado en Lima destacó la creciente industria de la construcción y el aumento en la demanda de concreto. Este estudio subrayó que la incorporación de alternativas como las FM, provenientes de residuos, mejora la resistencia del concreto. En la tesis de (Aguilar & Dipaz, 2021), llevada a cabo en Ayacucho, se concluyó que el concreto puede mejorar su baja resistencia mediante la inclusión de materiales reciclados como fibras de acero. Este enfoque promueve el desarrollo de un concreto más sostenible, con propiedades mejoradas y un mejor desempeño.

Nuestro proyecto se centra en incorporar fibra de aluminio al concreto convencional en el distrito de Ayaviri. El propósito es mejorar la resistencia y las propiedades del concreto, ya que los edificios, calles y avenidas existentes en Ayaviri experimentan un tránsito intenso y requieren un concreto con una durabilidad excepcional. Por lo tanto, sugerimos utilizar una sustancia reciclable como la FA para mejorar la calidad y prolongar la vida útil del material. El resultado será un mejor rendimiento y una mayor durabilidad, al tiempo que se mejora la resistencia del concreto.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la variación de las propiedades del concreto convencional con aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es la influencia de la adición de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el asentamiento de la mezcla fresca de concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri?
2. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri?



3. ¿Cuál es la incidencia de la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a la flexión del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Comparar la variación de las propiedades del concreto convencional con aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de la adición de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el asentamiento de la mezcla fresca de concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.
2. Determinar el efecto de la incorporación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.
3. Determinar la incidencia de la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a la flexión del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

La investigación aportará información exhaustiva sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto convencional, con especial atención al papel crucial que desempeña la adición de la fibra de aluminio en la determinación de la calidad del concreto.



1.4.2. Justificación práctica

La justificación de este estudio es sensibilizar a otros investigadores sobre la utilización de fibras metálicas. Ello sentará las bases para futuras investigaciones y permitirá a los proveedores de servicios del sector de la construcción beneficiarse de las conclusiones del estudio, que se publicarán en diversos formatos mediáticos como documentos, manuales y folletos en los que se destacarán las ventajas de las fibras metálicas.

1.4.3. Justificación social

Mejorará notablemente el trabajo de los nuevos investigadores al exponer con claridad los métodos y alcances esbozados en este documento. De este modo, se mejorarán los elementos estructurales y se optimizarán los procesos de trabajo, lo que, en última instancia, redundará en un trabajo de mayor calidad.

1.4.4. Justificación ambiental

El estudio pretende hacer frente a la degradación del medio ambiente, tanto a escala mundial como local, poniendo de relieve la importancia de las iniciativas de reciclaje. El propósito es mitigar la contaminación integrando aditivos en el concreto convencional utilizado en la construcción urbana.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La variación de las propiedades del concreto convencional con aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri, será positiva.

1.5.2. Hipótesis específicas



1. La influencia de la adición de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas será positiva ya que mantendrá el asentamiento de la mezcla fresca de concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.
2. El efecto de la incorporación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas será positiva ya que incrementará la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.
3. La incidencia de la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas será positiva ya que mejorará la resistencia a la flexión del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. Variable independiente

Fibra de aluminio reciclado y Fibras metálicas.

Dimensiones

- Proporción de FA en 2.5%, 4.5% y 6.5%
- Proporción de FM en 3%, 5% y 7%

1.6.2. Variable dependiente

Propiedades del concreto convencional.

Dimensiones

- Asentamiento
- Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días
- Resistencia a la flexión

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Fibras de aluminio reciclado y fibras metálicas	<p>Las fibras de aluminio reciclado son filamentos producidos a partir de aluminio recuperado de desechos y productos en desuso, procesados para ser utilizados en aplicaciones industriales para mejorar la resistencia, la ductilidad y la estabilidad térmica de materiales compuestos y mezclas.</p> <p>Las fibras metálicas son hilos o filamentos de metal, fabricados a partir de metales como acero, aluminio o cobre, que se incorporan en materiales compuestos para mejorar sus propiedades mecánicas.</p>	Proporciones	FA+2.5% FM+3%	Ficha de control de calidad de laboratorio
			FA+4.5% FM+5%	
			FA+6.5% FM+7%	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Propiedades del concreto convencional	<p>Las propiedades del concreto convencional son las cualidades que dictan su comportamiento y eficacia en diferentes aplicaciones de construcción. Estas características abarcan la resistencia, que mide la capacidad del hormigón para soportar cargas; la trabajabilidad, que se refiere a la facilidad para mezclar, manipular y colocar el hormigón; la durabilidad, que indica su resistencia a los factores medioambientales y químicos a lo largo del tiempo; y la resistencia, que evalúa la capacidad del hormigón para soportar esfuerzos de estiramiento.</p>	Asentamiento	Slump	Equipos y herramientas de laboratorio
		Resistencia a la comprensión	Esfuerzo a la rotura	Guías de laboratorio
		Resistencia a la flexión	Esfuerzo a la flexión	

Nota: Desarrollado por el tesista.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según, Huamán et al. (2022) en su proyecto "Comparación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional y el hormigón con fibras metálicas recicladas", el objetivo de este estudio es evaluar las características del hormigón que contiene virutas de acero, y realizar un análisis comparativo con el hormigón convencional. Se recogieron un total de treinta y seis probetas y se incluyeron virutas de acero como árido fino en proporciones de 0,6%, 1,5% y 6%. Las virutas se obtuvieron de los tornos de SMF Sagittarius Corporation. El estudio utilizó un diseño experimental, con datos recogidos por observación. Los supuestos se verificaron mediante estadística inferencial, la cual reveló diferencias significativas entre el concreto típico y el concreto con agregado fino. El estudio determinó que el hormigón convencional tiene mayor resistencia en comparación con otros materiales después de 7, 14 y 28 días de curado.

Además, Triana (2021) en su proyecto "Adición de fibras en aluminio, para construcción de concreto en Cundinamarca", el objetivo es proponer un diseño de mezcla



de hormigón que incorpore FA recicladas. La adición de estas fibras mejora la adherencia y resistencia del hormigón, reduciendo así el riesgo de fisuración precoz. El diseño de mezcla propuesto está destinado a su aplicación en la construcción de forjados de obra civil. La dosis de adición de FA reciclado se determina utilizando los siguientes porcentajes: De 3%, 6%, 9% y 12% se ensayan mediante el ensayo de compresión de testigos. Se crean 12 testigos de hormigón y se ensayan a los 7, 17 y 28 días. Los resultados se igualan y evalúan para identificar el porcentaje de inclusión que produce la máxima resistencia. El objetivo de la resistencia es de 3000 PSI.

El estudio determinó que la proporción óptima de adición de FA reciclado para alcanzar la máxima resistencia a los 28 días era del 6%, lo que resultaba en un rendimiento de 3100 PSI. El coste de 1 metro cúbico de hormigón, con un 6% de fibra de aluminio, es de 354.135 dólares. Esto supone más del 32% en comparación con el hormigón ordinario. La incorporación de FA al hormigón aumenta su resistencia, lo que lo hace especialmente adecuado para aplicaciones de pavimento en estructuras como aparcamientos. Además, esta innovación contribuye a reducir los contaminantes medioambientales.

Asimismo, Vega (2019) en su proyecto "Aporte de las fibras sintéticas y metálicas en el módulo de rotura del concreto", El proyecto pretende evaluar el impacto de las fibras metálicas en la rotura del hormigón específicamente formulado para pavimentos rígidos. Para ello, se llevará a cabo una evaluación exhaustiva de los artículos de investigación publicados en revistas indexadas de ámbito nacional. Para avanzar en la investigación, es crucial comprender los criterios técnicos para diseñar mezclas de hormigón sin el uso de fibras, así como los ensayos de laboratorio específicos necesarios para analizar el módulo de rotura del hormigón. Para ello, hay que analizar los requisitos generales para la construcción de carreteras y atenerse a los criterios sobre materiales viales establecidos por el INVIAS, con especial atención al artículo 500-13 titulado "Pavimento de hormigón hidráulico". A través de una revisión de las investigaciones publicadas, este estudio pretende identificar los factores clave que deben ser considerados al diseñar mezclas con



la inclusión de fibras sintéticas y metálicas. Además, pretende evaluar el módulo de rotura correspondiente y crear tablas comparativas que comparen las mezclas de hormigón sin fibras con aquellas con la adición de FM. El estudio también pretende determinar las variaciones que pueden producirse en el diseño de la mezcla y evaluar la contribución de las fibras al módulo de rotura del hormigón. Para ello, se analizarán los resultados de laboratorio de los ensayos de flexión realizados sobre vigas prismáticas, teniendo en cuenta la proporción y el tipo de fibra utilizada en las distintas investigaciones consultadas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según, Yataco (2022) en su proyecto "Evaluación de las propiedades del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ con la adición de fibras metálicas en Lima - San Martín de Porres, 2022", el presente estudio tiene por objeto evaluar el impacto de las fibras metálicas en las características del hormigón con un esfuerzo de $f'c=280\text{kg/cm}^2$. El estudio empleó un diseño experimental con un enfoque cuantitativo. La población estaba formada por 56 probetas y 26 vigas. El diseño se realizó para un hormigón convencional y otro modificado mediante la incorporación de un 1% y un 3% de FM en base al peso de cemento. El estudio reveló que, al aumentar la cantidad de fibras metálicas, disminuía la consistencia en un 42,86% y la exudación en un 14,04%. Además, el contenido de aire aumentó un 25,67% y la resistencia aumentó un 13,74%. Además, la resistencia a la tracción y la flexión experimentan un aumento respectivo del 10,66% y del 23,21%. Así pues, puede deducirse que la inclusión de FM Z 80/60 mejora las características mecánicas del hormigón. Sin embargo, esto también conduce a una disminución de la consistencia del hormigón, haciendo necesario el uso de un aditivo plastificante. Además, al aumentar el contenido de aire, la trabajabilidad del hormigón se ve afectada negativamente. Por otra parte, la inclusión de fibras metálicas reduce la exudación, mejora la cohesividad y aumenta la resistencia del concreto.



Además, Cornejo y Jimenez (2023) en su investigación titulada "Efecto del uso de fibra de aluminio reciclado en las propiedades mecánicas de un pavimento rígido - Piura", este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del uso de FA reciclado en las características mecánicas del pavimento. Asimismo, se implementa la metodología y se utiliza el diseño experimental. La población incluyó de pavimentos rígidos aumentados con fibra de aluminio, se llevó a cabo utilizando 36 especímenes de prueba. La FA se añadió un 2%, 4% y 6% en relación con el volumen de la mezcla. Estos resultados se utilizaron como referencia para compararlos con el hormigón tradicional. Los resultados confirman la noción de que la presencia de FA impacta en las propiedades mecánicas del hormigón. Así, puede deducirse que la inclusión de FA como sustituto parcial del árido fino en porcentajes del 2%, 4% y 6%, la resistencia del hormigón a 28 días fue de 219kg/cm², 227kg/cm² y 231kg/cm², para cada caso. Esto es superior a la resistencia del concreto de 215kg/cm² y también supera la resistencia requerida de $f'c=221\text{kg/cm}^2$, que se determinó.

Finalmente, Jara y Serrano (2022) en su proyecto "Análisis comparativo del uso de fibras metálicas y sistemáticas en la producción de losas de concreto apoyadas sobre el terreno, Trujillo 2021", este estudio se realizó en la UPN. La investigación utilizó un diseño No Experimental - Correlacional y empleó un muestreo no probabilístico. Los datos se recogieron mediante la técnica de Análisis Documental. El principal problema se deriva de la limitada durabilidad de las losas. Los resultados indican que el 72,05% de los estudios examinados sobre FA poseen ganchos en sus extremos. En cambio, los estudios sobre fibras sintéticas revelan que el 52,31% de ellas están compuestas de polipropileno en tiras rectas. Asimismo, los rangos de dosificación predominantes se sitúan entre 16 kg/m³ y 31 kg/m³ para las FM, y entre 1 kg/m³ y 3 kg/m³ en las FS. Además, si se consideran los costes, la incorporación de FS a la matriz cementosa puede suponer un ahorro de hasta el 54,17% en comparación con las fibras de acero. Esto se debe al importante impacto de la relación de aspecto, la forma y la dosificación de las fibras en la adherencia dentro de la



matriz cementosa, lo que conduce a una mejora de las propiedades mecánicas del concreto.

2.1.3. Antecedentes locales

Según, Humpiri (2023) en su proyecto "Análisis comparativo del concreto con refuerzo de acero tradicional y fibras de acero FF1 para losas industriales del depósito de concentrados Callao, 2020", debido al carácter industrial de las industrias mineras y logísticas del país, existe una creciente demanda de diseños eficientes de losas. Los propietarios se enfrentan al reto de determinar la opción óptima para la construcción de losas. El objetivo principal de esta investigación fue identificar la solución óptima para las losas industriales del yacimiento de Callao comparando las cualidades mecánicas, precios y requerimientos de tiempo del concreto con refuerzo de acero típico y el concreto con FA. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un diseño de losa incorporando dos normas: la norma americana ACI360R-10 y el informe técnico británico TR-34. La muestra para este estudio comprendía cuatro secciones de losas obtenidas del proyecto Impala Terminals S.A.C. Se realizaron estudios de laboratorio para examinar las propiedades mecánicas del hormigón, incluidos ensayos de asentamiento in situ, compresión y flexión. Para evaluar los costes y los plazos, se realizó un análisis de los costes unitarios, los presupuestos, el rendimiento y los plazos de ejecución. En conclusión, se determinó que una losa de hormigón reforzada con FA es una opción superior en comparación con una losa de hormigón reforzada con acero estándar. Esto se debe al hecho de que la adición de FA puede mejorar la resistencia en un 5% y la resistencia a la flexión en un 12%. En comparación con una losa de hormigón de acero estándar, es posible obtener un ahorro de costes del 10% y un ahorro de tiempo del 9%.

Además, Isidro (2018) en su proyecto "Influencia de la inclusión de fibras de acero en las propiedades del concreto para pavimentos en la construcción de pistas en la Ciudad de Puno - Perú", el presente estudio de investigación tenía como objetivo mejorar las



características del hormigón normal mediante la aplicación de FA y determinar el espesor del pavimento rígido usando el método AASHTO. Donde sus propiedades investigadas incluyeron la resistencia a la compresión y flexión. El estudio examinó los efectos de la incorporación de FA al hormigón con un esfuerzo de $f'c=210$ kg/cm². Las proporciones de FA utilizadas fueron 12 kg/m³, 22 kg/m³, 32 kg/m³ y 47 kg/m³. Los diseños de las mezclas siguieron las directrices del Comité 211 del American Concrete Institute, y los ensayos de laboratorio de acuerdo a la NTP. Los resultados indicaron que la incorporación de fibra de acero mejoró notablemente la resistencia a la flexión del hormigón y aumentó parcialmente su resistencia con la adición de 30 kg/m³ de fibra. La trabajabilidad del hormigón disminuyó notablemente. Además, el espesor del pavimento rígido disminuía a medida que aumentaba el contenido de fibra en el hormigón. El coste por metro cuadrado de pavimento aumenta directamente en relación con la cantidad de fibra utilizada.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El concreto

La arena, la grava y la piedra son ejemplos de áridos gruesos, mientras que el cemento, agua y los áridos finos son los principales ingredientes del hormigón. Se forma una masa sólida y resistente que fragua y se endurece con el tiempo cuando estos componentes se combinan en las proporciones adecuadas, actuando el cemento como aglutinante para mantener unidos los áridos. La reacción química del cemento y el agua en esta fase de endurecimiento, denominada hidratación, crea los cristales enlazados que confieren al hormigón su resistencia característica. (Yirda, 2023).

El concreto es valorado por su durabilidad, versatilidad y capacidad para ser moldeado en diversas formas antes de endurecerse. Estas características lo hacen óptimo para una amplia gama de usos, que abarcan cimientos, estructuras de edificios, carreteras, puentes y presas. Además, su capacidad para soportar grandes cargas lo convierte en un material indispensable en la ingeniería civil.



Existen diferentes tipos de concreto que se adaptan a las necesidades específicas de cada proyecto. El concreto reforzado, por ejemplo, incorpora barras de acero dentro de la mezcla para mejorar su resistencia a la tracción. Otros tipos de concreto, como el concreto autocompactante, están formulados para fluir fácilmente en moldes sin la necesidad de vibración, lo que simplifica el proceso de colocación. En resumen, el concreto es un pilar fundamental en la construcción moderna, ofreciendo soluciones robustas y duraderas en una amplia variedad de entornos y aplicaciones.

2.2.1.1. Componentes del concreto

El concreto, como material de construcción omnipresente, se compone de varios elementos clave que determinan sus propiedades físicas y mecánicas. Autores como (Bentur & Mindess, 2005) han proporcionado una visión integral de los componentes del concreto, mientras que otros como (Neville, 2011) han profundizado en aspectos específicos de su composición y comportamiento.

El cemento es el principal componente del hormigón, ya que actúa como aglutinante y garantiza la cohesión de la mezcla. Dependiendo de las necesidades del proyecto, pueden elegirse otros tipos de cemento, aunque el cemento Portland suele ser la opción más popular. La calidad y las propiedades del cemento influyen mucho en la resistencia y durabilidad del hormigón final. (Bentur & Mindess, 2005).

Los principales componentes del concreto son:

1. **Cemento Portland:** Sirve de aglutinante en el hormigón, uniendo las partículas e impartiendo resistencia a la sustancia. El cemento es un polvo fino creado por la molienda de Clinker de cemento, compuesto de sustancias calcáreas y arcillosas calcinadas.
2. **Los agregados:** Constituyen en gran parte del volumen del concreto y están compuestos por agregados gruesos y agregados finos.

- **Agregados gruesos:** Son partículas de roca como grava, piedra triturada o escoria que proporcionan resistencia y estabilidad al concreto.
 - **Agregados finos:** Son partículas de arena triturada o arena natural, que llenan los espacios de los agregados gruesos y el cemento, mejorando la trabajabilidad y la durabilidad del concreto.
3. **Agua:** El agua se mezcla con el cemento para iniciar el proceso de hidratación, que resulta en la formación de un gel que une los otros componentes del concreto. La cantidad y calidad del agua utilizada en la mezcla de concreto afecta directamente sus propiedades finales.
 4. **Aditivos:** Estos pueden incluir una variedad de materiales que se agregan al concreto en fresco o endurecido. Algunos aditivos comunes incluyen plastificantes, retardadores, aceleradores, aireantes y pigmentos. Las adiciones, como la escoria de alto horno, las cenizas volantes o los humos de sílice, se utilizan para mejorar las propiedades del concreto o reducir su costo.

Figura 1

Componentes del concreto



Nota: tomado de la NTP 339.088

2.2.1.2. Propiedades del concreto

Es un material de construcción muy adaptable y ampliamente utilizado que presenta varias características que lo hacen idóneo para una amplia gama de usos. (Mehta & Monteiro, 2014).

Aquí hay algunas de las propiedades más importantes del concreto:

- **Resistencia a la compresión.**

El concreto es resistente a la compresión, lo que significa que puede soportar cargas pesadas sin colapsar. Esta es una de las propiedades más importantes del concreto en aplicaciones estructurales.

- **Durabilidad.**

El hormigón tiene una durabilidad excepcional y es capaz de soportar la abrasión, la intemperie, la exposición al agua y otras condiciones ambientales desfavorables durante mucho tiempo.

- **Trabajabilidad.**

El concreto fresco tiene la capacidad de ser moldeado y conformado fácilmente para adaptarse a diferentes formas y diseños. Esta propiedad es crucial durante la colocación y el acabado del concreto.

- **Adherencia.**

El concreto tiene la capacidad de adherirse a otros materiales de construcción, como el acero de refuerzo, lo que mejora la resistencia y estabilidad de las estructuras de concreto armado.

- **Impermeabilidad.**

Aunque el concreto poroso puede permitir la infiltración de agua, el concreto adecuadamente diseñado y compactado puede ser impermeable, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere resistencia al agua, como cimientos y tanques de almacenamiento.

2.2.1.3. Propiedades del concreto fresco

El concreto exhibe una serie de propiedades que son importantes para su colocación, manipulación y conformado (Naville, 2011). Aquí hay algunas de las características clave del concreto:

- a. **Trabajabilidad:** Es una métrica que representa la conveniencia con la que el hormigón puede mezclarse, colocarse y consolidarse sin segregación ni expulsión de agua sobrante. Una buena trabajabilidad del hormigón permite una colocación y un acabado fáciles y precisos.
- b. **Consistencia:** Se refiere a la fluidez del concreto. Puede variar desde una consistencia fluida (alta fluidez) hasta una consistencia más rígida (baja fluidez), dependiendo de la aplicación y los requisitos de colocación.
- c. **Segregación:** Es la separación de los agregados más gruesos del mortero de cemento durante la manipulación y colocación del concreto. Un concreto bien diseñado y correctamente mezclado debe resistir la segregación para garantizar una distribución uniforme de los materiales en la estructura.
- d. **Exudación:** Es la migración del agua de mezcla hacia la superficie del concreto recién colocado debido a la gravedad. Puede causar un enriquecimiento excesivo del mortero en la superficie, lo que afecta la resistencia.
- e. **Retención de agua:** Se refiere a la capacidad del concreto en la retención de la cantidad adecuada de agua de mezcla necesaria para el proceso de hidratación del cemento. Una retención inadecuada de agua puede afectar negativamente la resistencia del concreto.
- f. **Tiempo de fraguado:**

El tiempo de fraguado es el intervalo de tiempo entre la mezcla inicial de los ingredientes del concreto y el momento en que comienza a endurecerse. Es importante tener en cuenta el tiempo de fraguado para garantizar que el concreto se coloque y termine correctamente antes de que comience el endurecimiento.

2.2.2. Concreto convencional

El concreto convencional, comúnmente denominado hormigón simple, es un material muy utilizado por su adaptabilidad, durabilidad y resistencia estructural. Autores como (Naville, 2011) han proporcionado una comprensión detallada de las características y aplicaciones de este material, mientras que otros como (Mehta & Monteiro, 2014) han examinado su comportamiento en condiciones específicas y su evolución a lo largo del tiempo.

Uno de los principales atributos del hormigón tradicional es su capacidad para soportar tanto esfuerzos axiales como de flexión, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de estructuras, desde cimientos hasta puentes. La relación agua-cemento y el proceso de curado son determinantes que afectan a la resistencia y longevidad del hormigón durante su uso.

Además de su resistencia mecánica, el concreto convencional también exhibe otras propiedades importantes, como la trabajabilidad, la durabilidad y la permeabilidad. Estas propiedades pueden ser modificadas mediante la selección de materiales adecuados, técnicas de mezclado y curado, y adiciones de aditivos o adiciones minerales.

Figura 2

Concreto convencional



Nota. Concreto convencional, tomado de Nortmix



A lo largo de los años, el concreto convencional ha evolucionado para adaptarse a las demandas cambiantes de la industria de la construcción, con el desarrollo de nuevos tipos de cemento, aditivos y técnicas de mezclado. Sin embargo, sigue siendo un material fundamental en la ingeniería civil debido a su disponibilidad, costo y desempeño probado en el campo.

2.2.2.1. Propiedades del concreto convencional.

La Norma Técnica Peruana (NTP) es una referencia crucial en el campo de la ingeniería para establecer estándares y procedimientos relacionados con materiales de construcción como el concreto. Según la NTP 339.405, que establece los requisitos mínimos del concreto convencional, se detallan las propiedades fundamentales que este material debe cumplir.

1. **Resistencia a la compresión:** La NTP 339.401 establece los requisitos mínimos de resistencia del concreto a diferentes edades, generalmente a 7, 14 y 28 días, que son períodos de curado comunes para pruebas de resistencia.
2. **Trabajabilidad:** La NTP 339.026 describe métodos para evaluar el asentamiento del concreto con pruebas como el asentamiento del cono de Abrams y la mesa de compactación, que proporcionan indicaciones sobre la trabajabilidad del concreto.
3. **Revenimiento:** El revenimiento se refiere a la pérdida de cohesión del concreto fresco debido a la segregación y la exudación. La NTP 339.029 establece los límites máximos de revenimiento para diferentes clases de concreto, lo que ayuda a garantizar una trabajabilidad adecuada y evitar problemas durante la colocación.
4. **Exudación y segregación:** La NTP 339.030 establece métodos para evaluar la exudación y la segregación del concreto fresco, lo que ayuda a garantizar una distribución uniforme de los materiales y una mezcla homogénea.
5. **Densidad aparente:** La NTP 339.013 describe métodos para determinar la densidad aparente del concreto endurecido, que es importante para evaluar la calidad y la durabilidad del concreto.

6. **Absorción de agua:** La NTP 339.012 establece métodos para determinar la absorción de agua del concreto endurecido, lo que ayuda a evaluar su resistencia a la intemperie y la durabilidad.

2.2.2.2. Dosificación del concreto convencional

Se refiere a la proporción de sus componentes principales: cemento, agregados (gruesos y finos), agua y, en algunos casos, aditivos. Esta dosificación se realiza de manera cuidadosa y precisa para garantizar que el concreto alcance las propiedades deseadas en términos de resistencia, trabajabilidad y otras características específicas para el proyecto en cuestión. (Rodríguez, 2019).

Aquí hay una descripción general de los pasos comunes para dosificar el concreto convencional:

- **Determina los requisitos del proyecto:**

Se deben considerar los requisitos estructurales y de diseño del proyecto, así como las condiciones ambientales y de exposición del concreto.

- **Especificar la resistencia requerida:**

Basado en las especificaciones del proyecto, se determina la resistencia requerida para el concreto a una determinada edad (generalmente 28 días).

- **Seleccionar el tipo de cemento:**

Se elige el tipo y la marca de cemento adecuados para el proyecto, teniendo en cuenta las condiciones del sitio, la exposición ambiental y los requisitos de resistencia.

- **Determinar la relación agua – cemento (a/c):**

Se elige una proporción agua-cemento adecuada para satisfacer los niveles de resistencia y trabajabilidad del concreto.

- **Determinar la relación agua – cemento por el peso del cemento (a/c):**

Se establece la proporción agua-cemento por peso del cemento, que es fundamental para saber la dosis de agua requerida en función del cemento a utilizar.

- **Calcular las proporciones de agregados:**

Se calculan la cantidad de agregados gruesos y finos en función de la relación agua-cemento, la densidad del cemento y las características específicas de los agregados disponibles.

- **Agregar aditivos (si es necesario):**

Al concreto se le puede agregar algunos aditivos para una mejora en las propiedades, como el asentamiento, el tiempo de fraguado, la resistencia al agua, entre otros. La cantidad de aditivo se determina de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

- **Realizar pruebas preliminares:**

Se pueden realizar pruebas preliminares, como pruebas de asentamiento y ensayos de mezcla, para investigar las propiedades del concreto antes de su colocación en el sitio.

2.2.2.3. Usos del concreto convencional

El hormigón convencional es uno de los materiales de construcción más flexibles y utilizados por su resistencia, durabilidad y rentabilidad. Se compone principalmente de cemento, agua, arena, grava y otros aditivos, por lo que es adecuado para diversos fines de construcción. A continuación se describen las principales aplicaciones del hormigón ordinario:

- ✓ **Cimentaciones y estructuras de soporte:** El hormigón convencional se utiliza ampliamente en la construcción de cimientos, que es crucial para soportar el peso de las estructuras y distribuirlo uniformemente por el suelo. Se utiliza en



- componentes estructurales como muros de contención, columnas y losas, ofreciendo una base robusta y duradera para soportar el peso de la construcción.
- ✓ **Pavimentos y calles:** Por su longevidad y resistencia a la compresión, el hormigón convencional es el material perfecto para construir calles, aceras y carreteras. Su uso en pavimentos reduce la necesidad de mantenimiento frecuente y permite soportar cargas pesadas, como el tránsito vehicular, sin deformarse fácilmente. Además, tiene buena resistencia a la abrasión y es duradero frente a las inclemencias climáticas.
 - ✓ **Muros y paredes:** El concreto convencional es comúnmente utilizado en la construcción de muros y paredes de edificaciones residenciales, comerciales e industriales. Los muros de concreto proporcionan resistencia estructural, aislamiento acústico y protección contra el fuego. En algunos casos, el concreto se utiliza junto con acero de refuerzo para incrementar su resistencia a las cargas laterales y mejorar su capacidad de soportar sismos o cargas de viento.
 - ✓ **Losas de pisos y techos:** El concreto convencional es un material ampliamente usado para construir losas de pisos y techos en edificaciones de múltiples pisos, viviendas y obras industriales. Las losas de concreto ofrecen un soporte robusto, resistente a la carga, y son ideales para soportar estructuras adicionales, divisiones y muros. Estas losas también proporcionan aislamiento térmico y pueden funcionar como barrera contra la humedad en construcciones sobre el nivel del suelo.
 - ✓ **Obras hidráulicas:** Gracias a su baja permeabilidad y su capacidad para resistir la acción del agua, el concreto convencional es ampliamente utilizado en obras hidráulicas, como canales, represas, embalses, y estructuras de drenaje. Estas aplicaciones requieren de un material capaz de soportar la presión del agua y la exposición constante a la humedad, cualidades que cumple el concreto al ser bien curado y diseñado adecuadamente.
 - ✓ **Puentes y túneles:** En la construcción de puentes y túneles, el concreto convencional se utiliza tanto para los cimientos como para las estructuras de



soporte. Su resistencia y durabilidad son esenciales en este tipo de infraestructuras, ya que están expuestas a grandes cargas y a condiciones climáticas adversas. En algunos casos, el concreto se refuerza con acero o se combina con otros tipos de concreto especializado para soportar mejor las cargas de tránsito y los cambios de temperatura.

- ✓ **Estructuras industriales y comerciales:** El concreto convencional se utiliza en la construcción de edificios industriales y comerciales, como fábricas, almacenes, centros comerciales y oficinas. Su resistencia y su capacidad para soportar grandes cargas lo hacen adecuado para edificaciones que requieren estructuras robustas. Además, el concreto es resistente al fuego y tiene una larga vida útil, lo cual es beneficioso para instalaciones industriales y comerciales que requieren seguridad y durabilidad.
- ✓ **Pisadas, andadores y áreas recreativas:** En la construcción de áreas exteriores, como senderos, andadores, patios y áreas recreativas, el concreto convencional es una opción popular. Su fácil instalación, su durabilidad y su resistencia al tránsito peatonal hacen que sea ideal para áreas que requieren poco mantenimiento y que deben resistir condiciones al aire libre. Además, es posible darle diferentes acabados, texturas y colores para adaptar el concreto a la estética deseada.
- ✓ **Elementos prefabricados:** El hormigón convencional se utiliza en la producción de componentes prefabricados, como bloques, paneles, vigas y columnas de hormigón. Estos elementos son moldeados previamente en fábricas y luego se transportan e instalan en el sitio de construcción, lo cual facilita la construcción rápida y estandarizada. Los elementos prefabricados de concreto son duraderos y fáciles de ensamblar, lo que permite un mayor control de calidad y un ahorro en tiempos de obra.
- ✓ **Acabados arquitectónicos:** Aunque el concreto convencional se asocia principalmente con aplicaciones estructurales, también se utiliza con fines estéticos y arquitectónicos. En la arquitectura moderna, el concreto visto es muy valorado

por su apariencia minimalista y su capacidad para adaptarse a distintos estilos. El concreto puede pigmentarse o tratarse con diferentes texturas para crear superficies decorativas en fachadas, paredes, suelos y elementos decorativos. En resumen, el concreto convencional desde los cimientos hasta los acabados, el concreto se adapta a una amplia variedad de aplicaciones estructurales y arquitectónicas, contribuyendo a la resistencia, estabilidad y funcionalidad de diversas edificaciones e infraestructuras.

2.2.2.4. Ventajas y desventajas del concreto convencional

El concreto convencional posee múltiples ventajas, aunque también presenta ciertas limitaciones. A continuación, se describen las principales ventajas y desventajas del concreto convencional:

Ventajas del concreto convencional:

- **Alta resistencia a la compresión:** Una de las principales ventajas del concreto convencional es su capacidad para soportar cargas de compresión elevadas. Esto lo convierte en un material ideal para estructuras de soporte, cimentaciones, columnas y muros de carga, donde la resistencia es fundamental para la estabilidad de la edificación.
- **Durabilidad y larga vida útil:** El concreto convencional es altamente duradero y resistente al paso del tiempo. Cuando se mezcla, se cura y se mantiene correctamente, puede durar décadas sin necesidad de grandes reparaciones, lo cual reduce los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil de las estructuras.
- **Resistencia al fuego:** El concreto es resistente al fuego y actúa como barrera natural contra el avance de las llamas, protegiendo las estructuras en caso de incendio. Esto lo convierte en una opción segura para edificaciones que requieren alta resistencia y protección contra el fuego, como edificios industriales, comerciales y residenciales.



- **Bajo costo de producción:** El concreto convencional es relativamente económico. Los ingredientes básicos, como el cemento, la arena, la grava y el agua, son accesibles y están ampliamente disponibles, lo cual contribuye a su bajo costo y facilidad de adquisición en la mayoría de las regiones.
- **Versatilidad de aplicación:** El concreto convencional puede moldearse en diversas formas y tamaños, lo que lo hace muy versátil para aplicaciones estructurales y decorativas. Desde cimientos y columnas hasta acabados arquitectónicos, el concreto es adecuado para múltiples usos en proyectos de construcción.
- **Capacidad de moldeado in situ:** A diferencia de otros materiales prefabricados, el concreto convencional puede vaciarse directamente en el lugar de la obra, permitiendo su adaptación a diversas configuraciones y detalles de diseño específicos. Esto facilita su uso en proyectos con geometrías complejas o personalizadas.
- **Compatibilidad con otros materiales:** El concreto convencional se puede combinar fácilmente con otros materiales, como el acero de refuerzo, para mejorar sus propiedades estructurales. El uso de acero reforzado incrementa su resistencia a la tracción, permitiendo que el concreto se utilice en aplicaciones que requieren mayor flexibilidad estructural.

Desventajas del concreto convencional:

- **Baja resistencia a la tracción:** Es muy resistente a la compresión, su resistencia a la tracción es baja. Esto significa que puede agrietarse o fracturarse bajo fuerzas de tensión o flexión. Por ello, en muchas aplicaciones estructurales es necesario el uso de refuerzo con acero (concreto reforzado) para aumentar su resistencia.
- **Propensión a agrietarse:** La expansión y contracción del concreto debido a los cambios de temperatura y la humedad pueden provocar agrietamientos en la superficie. Las fisuras pueden ser una preocupación estética y, en algunos casos,



pueden afectar la durabilidad de la estructura si permiten la infiltración de agua y otros agentes corrosivos.

- **Peso elevado:** El concreto convencional es un material denso y pesado, lo cual puede representar una desventaja en construcciones donde el peso es un factor limitante. Las estructuras de concreto requieren cimientos sólidos y una buena base de soporte, lo cual puede incrementar los costos y limitar su uso en algunas aplicaciones.
- **Proceso de curado largo:** El concreto requiere tiempo para alcanzar su resistencia máxima mediante el proceso de curado, que puede tomar hasta 28 días. Este tiempo de espera puede ralentizar la construcción en proyectos que requieren una entrega rápida.
- **Impacto ambiental:** La producción de cemento, uno de los componentes principales del concreto, es responsable de una gran cantidad de emisiones de CO₂ a nivel mundial. Esto convierte al concreto convencional en un material con un alto impacto ambiental. Además, su fabricación y transporte consumen una cantidad considerable de energía y recursos naturales.
- **Sensibilidad al agua y productos químicos:** Aunque el concreto es resistente al agua en ciertas condiciones, la exposición prolongada a ambientes húmedos o a productos químicos agresivos, como cloruros y sulfatos, puede reducir su durabilidad y provocar corrosión en el acero de refuerzo. Esto es particularmente importante en infraestructuras expuestas a la intemperie o a ambientes marinos.
- **Requiere mantenimiento para mantener su integridad:** Aunque es duradero, el concreto convencional necesita un mantenimiento periódico para prevenir problemas como el desgaste superficial, la aparición de grietas y la corrosión del acero de refuerzo. Este mantenimiento puede generar costos adicionales en estructuras de gran tamaño o en proyectos donde el concreto esté constantemente expuesto al agua y productos químicos.



Conclusiones:

En resumen, el concreto convencional es un material de construcción esencial por su resistencia, durabilidad y versatilidad, lo cual lo hace ideal para una amplia gama de aplicaciones estructurales. Sin embargo, sus desventajas, como la baja resistencia a la tracción, el peso elevado y su impacto ambiental, deben considerarse al elegirlo para un proyecto específico. La selección del concreto convencional debe evaluarse con base en las necesidades estructurales, el entorno y el diseño de la edificación, de manera que se pueda aprovechar al máximo sus ventajas y mitigar sus limitaciones.

2.2.2.5. Diferencias del concreto convencional y el concreto premezclado

Son dos variantes del concreto que se diferencian en sus procesos de preparación, control de calidad y aplicación en obra. A continuación, se detallan las principales diferencias entre ambos:

1. Proceso de preparación.

- **Concreto convencional:** Se mezcla directamente en el sitio de construcción, utilizando mezcladoras portátiles o manuales, lo que permite cierta flexibilidad en la proporción de materiales según las necesidades específicas de la obra. Sin embargo, esta mezcla en sitio puede llevar a variaciones en la calidad y consistencia del concreto debido a factores como la cantidad de agua, los aditivos y el tiempo de mezclado.
- **Concreto premezclado:** Se produce en una planta de concreto especializada, donde la mezcla es cuidadosamente dosificada y controlada por sistemas automatizados. Esto garantiza una mezcla uniforme y consistente, ya que las proporciones de cemento, arena, grava, agua y aditivos se calculan y mezclan con precisión según las especificaciones del proyecto. Posteriormente, el concreto se transporta en camiones mezcladores hasta llegar al lugar.



2. Control de calidad.

- **Concreto convencional:** El control de calidad depende de los trabajadores en obra, lo cual puede llevar a una variabilidad en la mezcla debido a factores como la humedad en los materiales, la cantidad de agua y el tiempo de mezclado. Además, el concreto convencional es más susceptible a errores humanos, especialmente si no se sigue una receta precisa o si los operarios no están bien capacitados.
- **Concreto premezclado:** Se somete a un control de calidad estricto en la planta de producción, donde se monitorean y ajustan las proporciones, aditivos y el tiempo de mezclado para cumplir con las especificaciones requeridas. Esto asegura una calidad uniforme en cada lote, reduciendo la probabilidad de errores y mejorando la durabilidad y resistencia del concreto.

3. Consistencia y precisión de la mezcla.

- **Concreto convencional:** La mezcla se realiza in situ y puede ser afectada por la experiencia del personal, la disponibilidad de materiales y las condiciones ambientales, lo que puede resultar en una mezcla de calidad variable y en ocasiones no tan precisa. Esta inconsistencia puede afectar el rendimiento del concreto en ciertos tipos de proyectos.
- **Concreto premezclado:** Al ser dosificado y mezclado en una planta, la mezcla es más precisa y consistente en cada lote. Esta uniformidad es especialmente importante en proyectos donde se requieren propiedades específicas de resistencia o durabilidad, como en la construcción de puentes, edificios de gran altura y estructuras sometidas a cargas pesadas.

4. Tiempo y eficiencia.

- **Concreto convencional:** La mezcla en el sitio de construcción consume tiempo, ya que requiere personal y maquinaria en la obra. La velocidad de producción es más limitada y puede retrasar el avance del proyecto,

especialmente en obras grandes que necesitan grandes volúmenes de concreto.

- **Concreto premezclado:** Al prepararse previamente en una planta, el concreto premezclado se entrega directamente en el sitio, listo para ser vertido, lo cual reduce significativamente el tiempo de trabajo en la obra. Esto es una ventaja en proyectos con cronogramas ajustados o en construcciones de gran envergadura.

5. Costo.

- **Concreto convencional:** Generalmente, es más económico en términos de costo inicial, ya que no implica transporte especializado ni gastos de planta de producción. Sin embargo, los costos pueden aumentar debido a la mano de obra adicional, la maquinaria en sitio y el tiempo extra requerido para la mezcla en obra.
- **Concreto premezclado:** Aunque puede tener un costo inicial mayor debido al transporte y la tecnología empleada en la planta, suele ser más rentable en proyectos grandes donde la consistencia y rapidez son esenciales. Además, el concreto premezclado puede reducir los costos de mano de obra y los posibles errores que derivarían en gastos de corrección.

6. Aplicaciones.

- **Concreto convencional:** Es adecuado para proyectos pequeños o de mediana envergadura, como pavimentos, banquetas, reparaciones y obras residenciales, donde el tiempo de ejecución no es un factor crítico y donde no se requieren propiedades muy específicas.
- **Concreto premezclado:** Es ideal para proyectos grandes y exigentes, como edificios de varias plantas, puentes, túneles y presas, donde se requieren propiedades específicas de resistencia y durabilidad. Además, es preferido en proyectos con cronogramas estrictos y especificaciones técnicas elevadas, debido a su calidad consistente y a su rapidez de aplicación.



7. Impacto ambiental.

- **Concreto convencional:** La mezcla en sitio requiere maquinaria y mano de obra adicionales, lo que puede generar un mayor impacto ambiental en el lugar de la construcción. Además, puede producir residuos y consumir más energía debido a los tiempos de mezclado prolongados y el uso continuo de maquinaria.
- **Concreto premezclado:** Al prepararse en una planta, el concreto premezclado reduce los residuos y el consumo energético en el sitio de obra. Las plantas suelen estar diseñadas para optimizar el uso de materiales y minimizar el impacto ambiental, lo que hace que el concreto premezclado sea una opción más sostenible en muchos proyectos.

8. Resistencia y durabilidad.

- **Concreto convencional:** La resistencia y durabilidad pueden variar dependiendo de la precisión en la mezcla y el proceso de curado en sitio, lo cual puede dar lugar a un rendimiento variable. Esto es particularmente importante en proyectos que requieren especificaciones exactas, donde la variabilidad podría comprometer la seguridad y longevidad de la estructura.
- **Concreto premezclado:** Debido al control estricto en su dosificación y mezcla, el concreto premezclado garantiza una resistencia y durabilidad consistentes. Esto lo hace ideal para proyectos que requieren altos estándares de calidad y estructuras sometidas a cargas y condiciones extremas.

Resumen

En general, el concreto convencional es adecuado para proyectos pequeños o donde la flexibilidad en la mezcla es necesaria. Sin embargo, el concreto premezclado es ideal para proyectos grandes, exigentes y con requerimientos específicos de calidad, debido a su control de calidad, consistencia y eficiencia.



2.2.2.6. Que factores pueden dificultar el uso del concreto premezclado

El uso del concreto premezclado ofrece numerosas ventajas, como la consistencia de la mezcla y la reducción de tiempos de obra. Sin embargo, en algunos casos, su implementación puede presentar ciertos desafíos. A continuación, se detallan los principales factores que pueden dificultar el uso del concreto premezclado:

➤ **Distancia de la planta al sitio de construcción.**

La distancia entre la planta de producción y el lugar de la obra es un factor crítico para el concreto premezclado. Dado que el concreto tiene un tiempo limitado antes de que comience a fraguar, largas distancias pueden reducir la calidad y trabajabilidad del material al momento de su llegada. En algunas situaciones, el concreto puede comenzar a endurecerse en el camión mezclador, lo cual puede requerir aditivos adicionales para retrasar el fraguado o, en el peor de los casos, obligar a desechar la carga.

➤ **Acceso al sitio de construcción.**

En obras con difícil acceso, como zonas urbanas con calles estrechas, áreas rurales de difícil acceso o sitios en terrenos irregulares, los camiones mezcladores pueden encontrar problemas para llegar hasta el lugar de vaciado. La falta de espacio para maniobrar o el riesgo de volcaduras en caminos accidentados pueden limitar el uso de concreto premezclado. En estos casos, es posible que se requieran soluciones alternativas, como el uso de bombas de concreto, lo que incrementa el costo y la logística del proyecto.

➤ **Condiciones climáticas extremas.**

El clima extremo, como altas temperaturas, lluvias intensas o temperaturas bajo cero, puede afectar la calidad del concreto premezclado y complicar su transporte y aplicación. En condiciones de altas temperaturas, el concreto puede fraguar más rápido de lo deseado, afectando su trabajabilidad. En climas fríos, el concreto puede necesitar aditivos para evitar el congelamiento del agua en la mezcla. En ambos casos, las condiciones climáticas pueden limitar la ventana de tiempo en la



que es posible transportar y vaciar el concreto, aumentando el riesgo de pérdida de material.

➤ **Costo de transporte.**

El concreto premezclado requiere transporte especializado en camiones mezcladores que deben mantener la mezcla en constante movimiento para evitar su endurecimiento. Esto puede resultar costoso, especialmente si la planta de producción está lejos del sitio de construcción o si el tráfico es alto en el área. En comparación con el concreto convencional mezclado en sitio, los costos de transporte del concreto premezclado pueden ser un factor importante en el presupuesto total, lo cual limita su viabilidad en proyectos de bajo presupuesto.

➤ **Logística y coordinación de tiempos.**

La entrega de concreto premezclado debe estar perfectamente coordinada para que llegue al momento justo en que será utilizado. Retrasos en la obra, como problemas con la preparación de los encofrados o falta de personal en el sitio, pueden causar que el concreto tenga que esperar y se pierda trabajabilidad. Este tipo de problemas logísticos puede llevar a desperdicio de material o a la necesidad de redosificar la mezcla, aumentando los costos y la complejidad de la obra.

➤ **Limitación en el tiempo de trabajabilidad.**

El concreto premezclado tiene un tiempo limitado de trabajabilidad desde el momento en que se mezcla hasta que se vierte en el sitio de obra, generalmente alrededor de 90 minutos. Esto implica que el vaciado debe realizarse rápidamente para evitar que el concreto comience a fraguar en el camión mezclador. La necesidad de un tiempo preciso de trabajo puede ser un obstáculo en proyectos donde el vaciado es complejo o en lugares de difícil acceso que requieren mucho tiempo para llegar.

➤ **Dependencia de la disponibilidad de planta y camiones mezcladores.**

La demanda de concreto premezclado puede superar la capacidad de las plantas de producción y la disponibilidad de camiones mezcladores en ciertos momentos,



especialmente en zonas de alta actividad de construcción. Esto puede provocar retrasos en las entregas, lo que afecta el cronograma de la obra y puede retrasar el avance del proyecto. La dependencia de la disponibilidad de planta y transporte es especialmente crítica en proyectos de gran envergadura donde se requieren grandes volúmenes de concreto en tiempos específicos.

➤ **Costo de aditivos especiales.**

En algunos casos, para garantizar la trabajabilidad del concreto durante el transporte, es necesario añadir aditivos retardantes o plastificantes, lo cual incrementa el costo de la mezcla. Estos aditivos son útiles para mantener la fluidez y retrasar el fraguado, pero aumentan el costo por metro cúbico de concreto, lo que puede ser un problema en proyectos con presupuestos ajustados. Además, el uso inadecuado de aditivos puede afectar negativamente las propiedades finales del concreto si no se dosifican correctamente.

➤ **Variabilidad en la demanda de volumen.**

En proyectos donde el volumen de concreto necesario varía o es impredecible, como en obras de reparación o en áreas con geometrías irregulares, el uso de concreto premezclado puede ser menos conveniente. Los camiones mezcladores tienen una capacidad limitada, y ajustar el volumen exacto para necesidades específicas puede ser complicado. Si se ordena más concreto del necesario, se incurre en desperdicio y costos adicionales, mientras que pedir cantidades menores puede implicar múltiples entregas, incrementando los costos y el tiempo de transporte.

➤ **Dificultad para realizar ajustes en la mezcla en sitio.**

Una vez que el concreto premezclado sale de la planta, las posibilidades de modificar la mezcla en el sitio son limitadas. Si durante la obra surge la necesidad de ajustar la consistencia o agregar más aditivos, la única opción es agregar agua, lo cual puede comprometer las propiedades de resistencia y durabilidad del

concreto. En cambio, el concreto convencional permite realizar ajustes en la mezcla de manera más flexible en el sitio de construcción.

➤ **Impacto ambiental del transporte.**

El transporte del concreto premezclado en camiones mezcladores genera emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al impacto ambiental de la construcción. En comparación con el concreto mezclado en sitio, el concreto premezclado depende de vehículos de transporte especializados que requieren consumo constante de combustible y emiten CO₂, lo cual puede ser un factor a considerar en proyectos de construcción sustentable o en lugares donde se prioriza la reducción de la huella de carbono.

Aunque el concreto premezclado ofrece ventajas de calidad y eficiencia, factores como la distancia de la planta, el clima, el costo de transporte y las limitaciones de trabajabilidad pueden dificultar su uso en ciertas obras. La viabilidad de emplearlo depende de la logística del proyecto, la ubicación de la obra, las condiciones del terreno y los requerimientos específicos del concreto, de modo que su elección debe evaluarse en función de las necesidades y limitaciones de cada construcción.

2.2.3. Agregados

Son Ingredientes granulares utilizados con un aglutinante (como el cemento) para crear materiales de construcción (como el mortero y el hormigón). Dependiendo del tamaño de sus partículas, se clasifican en finos o gruesos y pueden ser naturales, reciclados o producidos. Mientras que los áridos y la grava, contienen partículas más grandes, los áridos finos, como la arena, tienen partículas más pequeñas que pueden separarse con un tamiz de malla fina.

Los agregados son materiales esenciales en el concreto, ya que constituyen entre el 60% y el 80% de su volumen total. Aportan resistencia y estabilidad dimensional al concreto, además de influir en su durabilidad, trabajabilidad, y comportamiento bajo cargas. Los agregados también ayudan a reducir el costo del concreto al reemplazar



parcialmente la cantidad de cemento necesario, y mejoran la resistencia a la abrasión y a los cambios de temperatura (Silva, 2023).

La calidad de los agregados es fundamental para garantizar un buen desempeño del concreto. Deben ser limpios, duros, y libres de impurezas que puedan afectar la hidratación del cemento o la adherencia entre los componentes. La granulometría, o distribución de tamaños de partículas, es otro factor clave que afecta la trabajabilidad y la compacidad del concreto, influyendo en su resistencia final. En resumen, los agregados no solo actúan como un relleno en la mezcla de concreto, sino que también son esenciales para definir las propiedades mecánicas y de durabilidad del material construido.

2.2.3.1. Clasificación de los agregados

Los agregados se clasifican en diversas categorías según varios criterios, cada uno de los cuales afecta el comportamiento de las características del concreto o material en el que se utilizan (Soler, 2021). En seguida, se presenta una clasificación detallada de los agregados:

1. Clasificación por Tamaño:

- **Agregados Finos:** Los agregados finos son aquellos cuyos granos pasan por un tamiz de 4.75 mm. Los agregados finos llenan los espacios entre los áridos gruesos y son fundamentales para la cohesión de la mezcla y su trabajabilidad.
- **Agregados Gruesos:** Los materiales gruesos tienen partículas que son retenidas en un tamiz de 4.75 mm. Ejemplos típicos incluyen, piedra triturada y otros fragmentos de roca de mayor tamaño. Estos agregados proporcionan la resistencia y el volumen principal del concreto.

2. Clasificación por Origen:



- **Agregados Naturales:** Estos provienen de lugares naturales, como depósitos de ríos, canteras, y bancos de arena. Se utilizan en su forma natural o tras un procesamiento mínimo, y sus propiedades dependen de la geología del área de donde se extraen. Ejemplos incluyen arena de río, grava, y piedra caliza triturada.
- **Agregados Reciclados:** Son materiales obtenidos de la demolición de estructuras. Son procesados y reutilizados en nuevas mezclas de concreto, ayudando a reducir el consumo de recursos naturales.
- **Agregados Artificiales:** Son aquellos producidos mediante procesos industriales. Ejemplos incluyen la arcilla expandida, la escoria de alto horno y los agregados sintéticos que se fabrican para aplicaciones específicas, como concretos ligeros o de alta resistencia.

3. Clasificación por Densidad:

- **Agregados Ligeros:** Estos agregados tienen una densidad menor a 2000 kg/m³ y se utilizan en la producción de concretos ligeros que reducen la carga estructural, como en edificios de gran altura y estructuras donde se busca minimizar el peso. Ejemplos incluyen piedra pómez, perlita y vermiculita.
- **Agregados Normales:** Tienen una densidad entre 2000 y 3000 kg/m³ y son los más comúnmente utilizados en la construcción convencional. Ejemplos típicos son la grava y la arena, que proporcionan una combinación equilibrada de resistencia y peso.
- **Agregados Pesados:** Con una densidad superior a 3000 kg/m³, estos agregados se utilizan para producir concretos de alta densidad, especialmente en aplicaciones donde se requiere protección contra radiaciones, como en plantas nucleares. Ejemplos incluyen la barita y la magnetita.

4. Clasificación por Forma:



- **Agregados Redondeados:** Los agregados con forma redondeada, como los cantos rodados, tienen una superficie lisa y se originan generalmente por la acción de ríos o corrientes de agua. Su forma favorece la trabajabilidad del concreto al reducir la fricción entre partículas, aunque pueden ofrecer menor adherencia.
- **Agregados Angulares:** Tienen bordes afilados y formas irregulares, típicamente obtenidos por la trituración de roca. Estos agregados proporcionan mejor adherencia en la mezcla, lo que puede mejorar la resistencia, aunque su trabajabilidad puede verse afectada.
- **Agregados Subangulares:** Estos agregados tienen una forma intermedia entre redondeada y angular, proporcionando un buen balance entre trabajabilidad y adherencia.
- **Agregados Alargados y Lamelar:** Estos son agregados con formas alargadas o planas, que afectan a la trabajabilidad y la resistencia si se utilizan en exceso, debido a la dificultad en la compactación y la tendencia a la segregación (Silva, 2023).

5. Clasificación por Granulometría:

- **Bien Graduados:** Los agregados bien graduados tienen una distribución uniforme de tamaños de partículas, lo que ayuda a mejorar la compacidad de la mezcla de concreto y reduce la cantidad de vacíos entre partículas.
- **Mal Graduados (o Uniformes):** En este caso, la mayoría de las partículas son de un tamaño similar, lo que puede llevar a una mayor cantidad de vacíos en la mezcla y una menor resistencia.
- **Gap-Graded:** Esta clasificación se refiere a agregados en los que faltan ciertos tamaños de partículas, lo que puede crear una textura específica en la mezcla y afectar la trabajabilidad y resistencia del concreto.

6. Clasificación por Composición Mineralógica:



- **Agregados Silíceos:** Compuestos principalmente de sílice, como el cuarzo, son resistentes a la abrasión y tienen buena durabilidad. Son muy comunes en la construcción.
- **Agregados Calizos:** Compuestos principalmente de carbonato de calcio, como la piedra caliza, son menos duros que los agregados silíceos pero pueden ser más fáciles de trabajar y proporcionar una buena resistencia química en ciertos ambientes.

Cada una de estas clasificaciones ayuda a determinar la mejor aplicación de los agregados en proyectos de construcción específicos, asegurando que las propiedades finales del concreto sean las deseadas.

2.2.3.2. Propiedades importantes de los agregados

Los agregados son materiales granulares, como arena, grava o piedra triturada, que se mezclan con cemento y agua para formar concreto. Su función principal es proporcionar resistencia y estabilidad al concreto, así como reducir el costo de la mezcla. La calidad y las propiedades de los agregados son fundamentales, ya que afectan directamente las características y el desempeño del concreto. A continuación, se describen algunas de las propiedades más importantes de los agregados:

a) Tamaño y granulometría.

- La granulometría se refiere a la distribución de los tamaños de las partículas dentro de un agregado, y es crucial para lograr una mezcla de concreto densa y compacta. Los agregados bien gradados, con una mezcla de partículas grandes y pequeñas, mejoran la trabajabilidad y reducen el volumen de vacíos, lo que contribuye a una mejor resistencia del concreto.
- El tamaño máximo del agregado también es relevante, ya que afecta la resistencia y la durabilidad del concreto. Generalmente, para elementos de menor espesor se utilizan agregados finos, mientras que en construcciones más robustas se pueden emplear agregados de mayor tamaño.



b) Forma y textura superficial.

- La forma de los agregados (redondeada, angular o alargada) influye en la trabajabilidad y resistencia del concreto. Los agregados redondeados son preferidos para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, ya que requieren menos agua y se mezclan fácilmente. Sin embargo, los agregados angulares ofrecen mejor resistencia a la compresión y mayor adherencia con la pasta de cemento, lo cual es beneficioso en estructuras de alta carga.
- La textura superficial del agregado afecta la adherencia con la pasta de cemento. Las superficies rugosas o angulares proporcionan una mejor adherencia en el concreto endurecido, mientras que las superficies lisas pueden reducir esta propiedad. La textura rugosa es particularmente importante en aplicaciones estructurales donde se requiere una alta resistencia.

c) Peso específico y densidad.

- El peso específico (o densidad relativa) es la relación entre el peso del agregado y el peso de un volumen igual de agua. Este factor es importante para determinar el peso total del concreto, así como su resistencia. Los agregados de mayor peso específico tienden a dar lugar a un concreto más denso y resistente.
- La densidad del agregado también afecta la trabajabilidad del concreto, ya que los agregados más densos pueden requerir mayor cantidad de agua para lograr una mezcla fluida, lo que afecta el diseño de la mezcla.

d) Absorción y contenido de humedad.

- La capacidad de los agregados para absorber agua influye en el diseño de la mezcla de concreto. Los agregados absorbentes pueden extraer agua de la mezcla de concreto, reduciendo su trabajabilidad y resistencia. Por ello, es importante medir el contenido de humedad y la absorción de los agregados antes de mezclarlos.



- La cantidad de agua que absorben los agregados también afecta el ajuste de la relación agua-cemento. Agregados con alto contenido de humedad pueden contribuir con agua adicional, lo que cambia la proporción de la mezcla y afecta la resistencia y durabilidad del concreto.

e) Resistencia al desgaste y la abrasión.

- La resistencia al desgaste es una medida de la capacidad del agregado para resistir la degradación o el desgaste en condiciones de uso. Los agregados deben ser lo suficientemente duros para resistir el desgaste mecánico, especialmente en aplicaciones sometidas a tráfico intenso, como pavimentos y estructuras expuestas a condiciones abrasivas.
- La prueba de abrasión de Los Ángeles es un método común para medir la resistencia al desgaste de los agregados. Agregados con alta resistencia a la abrasión tienden a aumentar la durabilidad del concreto en aplicaciones de alta exigencia.

f) Resistencia a la compresión y tenacidad.

- La resistencia a la compresión de los agregados es crucial, ya que los agregados de baja resistencia pueden fracturarse bajo carga, comprometiendo la resistencia total del concreto. Los agregados que poseen una alta resistencia a la compresión y a la rotura mejoran la capacidad de carga del concreto.
- La tenacidad, o capacidad de los agregados para resistir fuerzas de impacto y carga sin fracturarse, es especialmente importante en aplicaciones donde el concreto estará expuesto a cargas dinámicas, como puentes o estructuras en áreas sísmicas.

g) Pureza y ausencia de impurezas dañinas.

- Los agregados deben estar libres de impurezas como arcillas, limos, materia orgánica, sales y compuestos solubles. Estas impurezas pueden afectar la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, lo que disminuye la

resistencia del concreto. En el caso de sales solubles, pueden provocar corrosión en el acero de refuerzo y afectar la durabilidad de la estructura.

- Es esencial realizar pruebas para asegurarse de que los agregados cumplan con los estándares de pureza antes de utilizarlos en concreto estructural.

h) Coeficiente de dilatación térmica.

- El coeficiente de dilatación térmica mide el cambio de volumen de los agregados en respuesta a las variaciones de temperatura. Para evitar fisuras en el concreto, es importante que el coeficiente de dilatación térmica del agregado sea similar al de la pasta de cemento. Una diferencia significativa puede provocar tensiones internas y fisuras en el concreto, afectando su durabilidad y resistencia.

i) Reactividad con álcalis (potencial de reacción álcali-agregado).

- Algunos agregados contienen minerales reactivos que pueden causar reacciones con los álcalis del cemento, generando un fenómeno conocido como reacción álcali-agregado (AAR). Esta reacción produce una expansión interna que puede llevar a la formación de fisuras y al deterioro del concreto.
- La AAR es una de las principales causas de deterioro en estructuras de concreto, especialmente en climas húmedos. Por ello, es importante analizar la reactividad de los agregados y, en caso necesario, emplear cementos con bajo contenido de álcalis o aditivos para prevenir esta reacción.

j) Forma de las partículas.

- La forma de los agregados, ya sea redonda, angular o alargada, influye en la trabajabilidad y en la resistencia del concreto. Agregados redondeados mejoran la trabajabilidad de la mezcla, facilitando el movimiento del concreto durante el vaciado. En cambio, los agregados angulares tienden a ofrecer mejor resistencia a la compresión y a la tracción, aunque pueden requerir más agua en la mezcla.



Resumen:

Las propiedades de los agregados, como la granulometría, la resistencia, la absorción, la pureza y la reactividad, son fundamentales para la calidad del concreto. Cada propiedad afecta aspectos clave del desempeño del concreto, como su resistencia, durabilidad, trabajabilidad y resistencia a las condiciones ambientales. La elección de los agregados adecuados y su preparación son esenciales para asegurar que el concreto cumpla con las especificaciones de diseño y ofrezca un rendimiento óptimo en la estructura final.

2.2.4. Cemento Portland

Es un tipo de cemento hidráulico, lo que significa que su endurecimiento y fraguado ocurren mediante una reacción química con el agua, un proceso conocido como hidratación. Este material es el más utilizado en la construcción debido a su capacidad para desarrollar alta resistencia y durabilidad en las estructuras. Se fabrica mediante la mezcla de Clinker, que es el producto de la calcinación de una mezcla de caliza y arcilla a altas temperaturas, con una pequeña cantidad de yeso. El yeso se agrega para controlar el tiempo de fraguado del cemento, permitiendo que los trabajadores tengan el tiempo necesario para moldear y dar forma a la mezcla antes de que comience a endurecerse.

El Clinker, que constituye la mayor parte del cemento Portland, aluminatos de calcio y ferritas de calcio. Estos compuestos son los responsables de las propiedades cementantes del cemento. Al mezclarse con agua, los silicatos de calcio reaccionan y forman una pasta que se endurece y se convierte en una masa sólida que puede resistir cargas y tensiones. La presencia del yeso es crucial para evitar que el fraguado sea demasiado rápido, lo que podría dificultar el trabajo con la mezcla y afectar la calidad del concreto (Ferran, 2021).

El cemento se clasifica en diferentes tipos. El tipo I, están diseñados para resistir la acción de sulfatos, mientras que el tipo II es de alta resistencia temprana, ideal para construcciones que necesitan un fraguado rápido. Existen también variantes como el tipo



III, que genera menos calor durante el fraguado, y el tipo IV, que ofrece alta resistencia a los sulfatos, adecuado para ambientes agresivos.

En resumen, el cemento es un material fundamental en la construcción moderna debido a su versatilidad, resistencia y capacidad de adaptación a diferentes condiciones y requerimientos de obra. Su producción, basada en la calcinación de una mezcla de caliza y arcilla, y su composición química, lo convierten en el componente principal del concreto, proporcionando la base estructural para una amplia gama de construcciones, desde edificaciones hasta puentes y carreteras.

2.2.4.1. Componentes del Cemento

El cemento actúa como un aglutinante en mezclas como el concreto y el mortero. Está compuesto principalmente por varios materiales que se combinan y procesan a altas temperaturas para formar un producto que, al mezclarse con agua, se endurece y adquiere propiedades adhesivas. Los componentes principales del cemento son:

a) Clinker:

- **Silicato tricálcico (C_3S):** Constituye entre el 50% y el 70% del Clinker. Es el componente responsable de la resistencia inicial del cemento, ya que reacciona rápidamente con el agua, liberando calor durante la hidratación (reacción exotérmica).
- **Silicato dicálcico (C_2S):** Representa entre el 15% y el 30% del Clinker. Su hidratación es más lenta en comparación con el C_3S , lo que permite que el cemento continúe ganando resistencia con el tiempo.
- **Aluminato tricálcico (C_3A):** Constituye entre el 5% y el 10% del Clinker. Reacciona rápidamente con el agua, liberando mucho calor en un corto período de tiempo. Su reacción puede ser controlada mediante la adición de yeso, lo que ayuda a prevenir un fraguado demasiado rápido.

- **Ferraluminato tetracálcico (C_4AF):** Constituye entre el 5% y el 15% del Clinker. Contribuye en menor medida a la resistencia mecánica, pero es importante para reducir la temperatura de fabricación del Clinker y para mejorar la trabajabilidad del cemento.
- b) Yeso (Sulfato de Calcio):**
 - Se añade en pequeñas cantidades (alrededor del 3% al 5%) al Clinker durante la molienda final. Su función principal es regular el tiempo de fraguado del cemento, evitando que el C_3A provoque un endurecimiento demasiado rápido (fraguado flash) y proporcionando tiempo suficiente para trabajar con la mezcla antes de que comience a endurecer.
- c) Aditivos:**
 - **Aditivos Minerales:** Incluyen materiales como la ceniza volante, la escoria de alto horno y la puzolana, que se pueden añadir al cemento. Estos aditivos pueden mejorar la resistencia a largo plazo, reducir el calor de hidratación, y aumentar la durabilidad del cemento frente a ataques químicos.
 - **Aditivos Químicos:** Son compuestos que se añaden durante la molienda para mejorar características del cemento, como la trabajabilidad, la resistencia al agua, o la reducción de la contracción durante el fraguado.
- d) Compuestos Secundarios:**
 - **Óxido de magnesio (MgO):** Presente en pequeñas cantidades. En niveles controlados, no afecta significativamente las propiedades del cemento, pero en exceso puede causar expansión y agrietamiento a largo plazo.
 - **Óxidos de sodio y potasio (Na_2O y K_2O):** También presentes en pequeñas cantidades, estos óxidos se conocen como álcalis y, si están presentes en niveles elevados, pueden causar reacciones perjudiciales con ciertos agregados, conocidas como reacciones álcali-agregado.
- e) Materiales Complementarios:**

- **Agua:** Aunque no es parte del cemento en sí, el agua es primordial para el cemento, activando los componentes y permitiendo que el cemento se endurezca y desarrolle su resistencia.

f) Proceso de Fabricación:

El cemento se fabrica con un proceso de combinación y pulverización de piedra caliza, arcilla y otras sustancias, que luego se someten a calcinación en un horno a temperaturas que alcanzan los 1450°C. El producto resultante, conocido como Clinker, se enfría y se muele finamente junto con yeso y otros aditivos para formar el cemento (Ferran, 2021).

Cada componente del cemento juega un papel crucial en determinar las propiedades finales del material, incluyendo su resistencia, tiempo de fraguado, durabilidad y trabajabilidad. La formulación del cemento puede ajustarse para adaptarse a diferentes necesidades en la construcción, haciendo del cemento un material versátil y esencial en la industria de la construcción.

2.2.4.2. Tipos de cementos

Los cementos se clasifican en varios tipos según sus propiedades, composición y aplicaciones específicas. A continuación, se describen los principales tipos de cemento Portland y otros cementos especiales:

❖ **Cemento portland ordinario (Tipo I):**

Uso: Es el tipo de cemento predominante en aplicaciones generales de construcción que no requieren cualidades específicas, como edificios, puentes y pavimentos.

Características: Tiene una resistencia estándar y no ofrece características adicionales como resistencia a sulfatos o baja generación de calor.

❖ **Cemento portland modificado (Tipo II):**

Uso: Su uso en la construcción requiere una resistencia moderada a los sulfatos, como estructuras en contacto con suelos o aguas ligeramente agresivas.



Características: Ofrece una mejor resistencia a los sulfatos que el tipo I y genera menos calor durante el fraguado, lo que es beneficioso en grandes estructuras.

❖ **Cemento portland de alta resistencia temprana (Tipo III):**

Uso: Para proyectos que necesiten una alta resistencia en los primeros días, como prefabricados, reparaciones rápidas y trabajos en climas fríos.

Características: Tiene una tasa de desarrollo de resistencia más rápida que otros tipos, lo que permite el desencofrado temprano y un rápido avance de las obras.

❖ **Cemento portland (Tipo IV):**

Uso: Se utiliza en grandes masas de concreto, como presas y cimientos, donde el calor excesivo durante el fraguado podría causar grietas.

Características: Genera menos calor durante el proceso de hidratación, lo que reduce el riesgo de fisuración en estructuras de gran volumen.

❖ **Cemento portland (Tipo V):**

Uso: Específicamente diseñado para estructuras expuestas a ambientes altamente agresivos con alta concentración de sulfatos, como plantas de tratamiento de aguas residuales, muelles y fundaciones en suelos salinos.

Características: Ofrece una alta resistencia a la acción destructiva de los sulfatos, lo que prolonga la vida útil de las estructuras en estos entornos.

❖ **Cemento portland puzolánico (cemento portland con puzolana):**

Uso: Se utiliza en construcciones que requieren durabilidad a largo plazo, como en obras hidráulicas y estructuras expuestas a ambientes agresivos.

Características: Contiene un porcentaje de puzolana, que es un material silíceo que reacciona con el hidróxido de calcio, mejorando la durabilidad y resistencia química.

❖ **Cemento portland con escoria:**

Uso: Utilizado en construcciones que necesitan resistencia a ataques químicos y durabilidad, como en obras marítimas, cimientos en suelos agresivos y construcciones industriales.

Características: La escoria de los altos hornos es uno de sus ingredientes; disminuye el calor de hidratación y aumenta la resistencia a los sulfatos.

❖ **Cemento portland blanco:**

Uso: Especialmente utilizado en acabados arquitectónicos, elementos decorativos y prefabricados donde el color blanco es deseado.

Características: Fabricado con materias primas seleccionadas que no contienen óxidos de hierro, responsables del color gris del cemento ordinario.

❖ **Cementos especiales:**

Cemento de aluminato de calcio: Utilizado en aplicaciones que requieren un fraguado rápido y resistencia a altas temperaturas.

Cemento expansivo: Se utiliza en situaciones donde se necesita evitar la retracción del concreto, como en estructuras de control de fisuras.

Cemento de alta resistencia a la corrosión: Desarrollado para ambientes extremadamente agresivos, como estructuras expuestas a productos químicos corrosivos.

Cada tipo de cemento está diseñado para satisfacer requisitos específicos en función del entorno y las demandas de la construcción.

2.2.4.3. Propiedades y aplicaciones del cemento portland

Sus propiedades versátiles y su capacidad para soportar alta resistencia en un amplio rango de aplicaciones (Silva, 2023). A continuación, se describen sus propiedades y aplicaciones principales:

Propiedades del cemento.

- ✓ **Resistencia a la compresión:** El cemento desarrolla alta resistencia, que es esencial para soportar cargas pesadas en estructuras de concreto. Esta propiedad se manifiesta a través de la formación de geles de silicato de calcio hidratado (C-S-H) durante la hidratación, que proporcionan la fuerza y durabilidad del concreto.



- ✓ **Tiempo de Fragua:** El fraguado del cemento puede ser controlado mediante la adición de yeso. Este tiempo es crucial para permitir el manejo y colocación del concreto antes de que comience a endurecer. Los tipos de cemento Portland, como el Tipo III, están formulados para un fraguado rápido, mientras que otros están diseñados para un fraguado más lento.
- ✓ **Durabilidad:** El cemento Portland ofrece buena durabilidad frente a la acción de agentes atmosféricos y químicos. Sin embargo, su resistencia a la acción de sulfatos y cloruros puede ser limitada, especialmente en ambientes agresivos. Para mejorar la durabilidad, se pueden emplear tipos específicos de cemento o mezclas con aditivos.
- ✓ **Desarrollo de calor:** La reacción del cemento y el agua genera calor, un factor a tener en cuenta en grandes estructuras como presas. Los cementos Portland de bajo calor de hidratación (Tipo IV) están formulados para minimizar la generación de calor, reduciendo el riesgo de fisuración térmica.
- ✓ **Trabajabilidad:** Denota la comodidad de mezclar, manipular y colocar el hormigón. El contenido de agua influye en esta propiedad. Adicionalmente, se pueden usar aditivos para mejorar la trabajabilidad.

Aplicaciones del cemento portland.

- ✓ **Pavimentos y vías:** Es ampliamente utilizado en la construcción de carreteras, calles y autopistas. Su resistencia y su durabilidad frente a cargas de tráfico y condiciones climáticas adversas lo convierten en una opción ideal para superficies de alto tráfico.
- ✓ **Estructuras de infraestructura:** El cemento se emplea en la construcción de puentes, presas, túneles y otras estructuras de gran envergadura. En estos casos, se seleccionan tipos de cemento adecuados para manejar las exigencias específicas de cada proyecto, como la resistencia a la acción el calor de hidratación.

- ✓ **Concreto premezclado:** Se utiliza en la producción de concreto premezclado, que se entrega en estado fresco a los sitios de construcción. Esto permite una construcción más rápida y eficiente, garantizando la consistencia y calidad del material.
- ✓ **Construcción de elementos prefabricados:** Se emplea en la fabricación de elementos prefabricados como bloques de concreto, paneles de pared, vigas y columnas. Estos elementos permiten una construcción más rápida y estandarizada, mejorando la eficiencia en proyectos de gran escala.
- ✓ **Concreto especializado:** En aplicaciones que requieren propiedades específicas, como la resistencia a altas temperaturas, la impermeabilidad o la reducción de peso, se pueden formular mezclas de concreto con aditivos y tipos de cemento especializados para cumplir con estos requisitos.

2.2.5. Fibra de aluminio reciclado

Las fibras de aluminio son fibras derivadas del reciclado del aluminio, un metal ligero y robusto muy utilizado en sectores como la automoción, la industria aeroespacial y la construcción. Este tipo de fibra se produce generalmente a partir de residuos de aluminio, tales como latas, láminas, y componentes desechados. El reciclaje del aluminio implica su fundición y refinación para eliminar impurezas, seguido por un proceso de extrusión o estirado que transforma el aluminio en fibras finas (Olivo & Paucar, 2022).

Estas fibras pueden variar en dimensiones y propiedades dependiendo de los procesos utilizados para su producción. Son apreciadas por su alta resistencia a la corrosión, buena conductividad térmica y eléctrica, y su capacidad para ser recicladas repetidamente sin perder sus propiedades fundamentales. La FA reciclado son materiales compuestos, donde su ligereza y durabilidad mejoran las características mecánicas del producto final, así como en la producción de textiles técnicos, aislantes térmicos, y filtros.

Además, el uso de FA en lugar de aluminio virgen contribuye significativamente a la reducción del consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero, lo que

la convierte en una alternativa más sostenible y ecológica. Su aplicación en diversas industrias está en constante expansión, promovida por las crecientes demandas de materiales más ecológicos y eficientes.

Figura 3

Fibras de aluminio



Nota: Fibras de aluminio reciclados, tomado de Itrimpianti.

2.2.5.1. Propiedades de las fibras de aluminio

Las fibras de aluminio presentan una combinación única de características que las hace valiosas en una variedad de aplicaciones industriales. A continuación, se detallan las principales propiedades de estas fibras:

1. **Baja densidad.**

El aluminio es un metal de bajo peso, con una densidad de aproximadamente 2.7 g/cm^3 , lo que significa que las fibras de aluminio son ligeras en comparación con otros metales como el acero. Esta propiedad es fundamental en industrias donde la reducción de peso es crucial, como la automotriz, aeroespacial y de transporte.

2. **Alta conductividad térmica.**

El aluminio tiene una excelente capacidad para conducir el calor, con una conductividad térmica de alrededor de $205 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Las fibras de aluminio son útiles



en aplicaciones de gestión térmica, como disipadores de calor y componentes de refrigeración en dispositivos electrónicos o maquinaria industrial.

3. Buena conductividad eléctrica.

El aluminio es un buen conductor de electricidad, con una conductividad eléctrica del 61% en comparación con el cobre. Las fibras de aluminio son comúnmente empleadas en la fabricación de cables y conductores eléctricos, donde la ligereza es un factor importante.

4. Resistencia a la corrosión.

Las fibras de aluminio son altamente resistentes a la corrosión, especialmente cuando están expuestas al aire, donde forman una fina capa de óxido de aluminio que actúa como una barrera protectora. Esta propiedad es particularmente útil en ambientes hostiles o aplicaciones donde los materiales están en contacto con agua o químicos.

5. Buena relación resistencia-peso.

A pesar de ser un metal ligero, el aluminio tiene una buena resistencia mecánica. Las fibras de aluminio pueden soportar tensiones considerables, lo que las hace adecuadas para su uso en materiales compuestos y aplicaciones estructurales donde se requiere resistencia sin añadir peso excesivo.

6. Maleabilidad.

El aluminio es un metal dúctil y maleable, lo que permite que las fibras sean procesadas fácilmente en diversas formas y tamaños sin perder sus propiedades esenciales. Las fibras de aluminio se pueden fabricar mediante extrusión, trefilado o técnicas similares para adaptarse a aplicaciones específicas.

7. Reciclabilidad.

El aluminio es 100% reciclable sin pérdida de sus propiedades físicas, lo que lo convierte en un material sostenible. Las fibras de aluminio se pueden recuperar y reutilizar, reduciendo la huella ambiental y los costos de producción.

8. Resistencia a altas temperaturas.

El aluminio es capaz de mantener sus propiedades mecánicas a temperaturas elevadas, aunque comienza a perder su resistencia significativamente cuando se somete a temperaturas superiores a 400°C. Aun así, las fibras de aluminio se emplean en aplicaciones de alta temperatura, como en la fabricación de materiales aislantes y filtros.

9. **Compatibilidad con otros materiales.**

Las fibras de aluminio pueden integrarse fácilmente en matrices de polímeros, cerámicos y otros metales para formar materiales compuestos. Estos compuestos se utilizan ampliamente en la industria automotriz, aeroespacial y de construcción para mejorar las propiedades del material base sin aumentar excesivamente el peso.

2.2.5.2. **Características de las fibras de aluminio**

Las fibras de aluminio reciclado pueden ofrecer varias ventajas y características específicas cuando se incorporan en mezclas de concreto:

- **Mejora de la resistencia a la tracción:** La inclusión de fibras de aluminio al concreto mejora su resistencia, ayudando a controlar el agrietamiento por contracción y reduciendo la formación de fisuras superficiales.
- **Reducción del peso:** El uso de fibras de aluminio puede contribuir a la reducción del peso total de la estructura, manteniendo o mejorando sus propiedades mecánicas. Esto es especialmente beneficioso en construcciones donde el peso es un factor limitante, como en puentes, edificios de gran altura, y estructuras prefabricadas.
- **Aumento de la conductividad térmica:** Las fibras de aluminio aumentan la conductividad térmica del concreto, lo que puede ser ventajoso en aplicaciones donde se requiere una dispersión rápida del calor, como en pavimentos expuestos a altas temperaturas o en pisos radiantes (Parvina, 2020).

- **Mejora de la resistencia a la corrosión:** Gracias a la alta resistencia a la corrosión del aluminio, las fibras de aluminio en el concreto pueden mejorar su durabilidad, especialmente en ambientes agresivos donde el concreto está expuesto a sales, humedad o químicos corrosivos.
- **Impacto en las propiedades mecánicas:** Aunque el aluminio es un metal más blando en comparación con otros materiales.
- **Aspectos estéticos:** Las fibras de aluminio pueden influir en el concreto, proporcionando un acabado más reflectante o metalizado. Esto puede ser deseable en aplicaciones arquitectónicas o decorativas.
- **Sostenibilidad:** Contribuye a la sostenibilidad del material, reduciendo la necesidad de nuevos recursos y disminuyendo la huella de carbono asociada a la producción del concreto.

En resumen, las fibras de aluminio reciclado pueden mejorar diversas propiedades del concreto, haciendo que sea más resistente, duradero, ligero y estéticamente atractivo, al tiempo que se promueve una construcción más sostenible.

2.2.5.3. Beneficios del uso de las fibras de aluminio

El uso de fibras de aluminio ofrece varios beneficios que mejoran las propiedades mecánicas y de rendimiento del material.

a) Mejora en la resistencia a la fisuración.

Las fibras de aluminio ayudan a reducir la aparición de fisuras en el concreto al distribuir las tensiones de manera más uniforme. Al actuar como refuerzo, las fibras limitan la propagación de grietas pequeñas, lo que reduce la necesidad de reparaciones y mejora la durabilidad del concreto a largo plazo.

b) Aumento en la resistencia a la flexión.

La incorporación de fibras de aluminio mejora estas propiedades, aumentando la capacidad del concreto para soportar tensiones externas sin romperse. Esto es

particularmente útil en estructuras que están sujetas a fuerzas de flexión, como puentes, losas y pavimentos.

c) Reducción del peso estructural.

Las fibras de aluminio, al ser un material ligero, contribuyen a reducir el peso total del concreto reforzado. Esto es especialmente importante en estructuras donde el peso es un factor crítico, como en edificaciones de gran altura, puentes o elementos prefabricados. La reducción de peso también facilita el transporte y la manipulación del concreto.

d) Mayor durabilidad y resistencia a la corrosión.

El aluminio es resistente a la corrosión, lo que es beneficioso para su uso en ambientes expuestos a agua, humedad o agentes químicos corrosivos. Al añadir fibras de aluminio, el concreto puede resistir mejor las condiciones ambientales adversas, aumentando la vida útil de las estructuras construidas.

e) Resistencia al fuego.

El aluminio tiene una resistencia considerable al fuego y altas temperaturas en comparación con otros materiales de refuerzo convencionales.

f) Control de la contracción plástica.

El concreto, durante su proceso de fraguado, tiende a experimentar contracción plástica que puede generar pequeñas fisuras superficiales. Las fibras de aluminio ayudan a controlar esta contracción plástica, disminuyendo la aparición de grietas.

g) Mejora de la resistencia al impacto y la fatiga.

La fibra de aluminio mejora la capacidad del concreto para absorber energía y resistir cargas repetitivas o dinámicas. Esto hace que el concreto reforzado con estas fibras sea más resistente al impacto, ideal para pavimentos de alto tránsito, losas industriales y estructuras sometidas a vibraciones o golpes.

h) Facilidad de incorporación y mezcla.

Las fibras de aluminio son fáciles de integrar en la mezcla en la fabricación, lo que no requiere modificaciones significativas en el equipo de producción o el proceso

de mezclado. Esto facilita la adopción de este tipo de refuerzo en proyectos de construcción, sin generar costos adicionales considerables.

i) Compatibilidad con otros refuerzos.

Las fibras de aluminio pueden combinarse con otros tipos de refuerzo, para proporcionar un sistema de refuerzo híbrido. Esto permite una optimización del rendimiento del concreto, ya que cada material puede aportar sus propiedades específicas para mejorar diferentes aspectos del concreto.

j) Sostenibilidad.

El uso de fibras de aluminio también tiene beneficios ambientales, ya que el aluminio es reciclable. La adición de fibras de aluminio reciclado en el concreto puede reducir la demanda de materias primas nuevas y contribuir a prácticas de construcción más sostenibles.

En resumen, las fibras de aluminio mejoran significativamente las propiedades mecánicas, térmicas y de durabilidad del concreto, haciéndolo más resistente, liviano y durable, lo que resulta en estructuras más eficientes y de mayor vida útil.

2.2.5.4. Ventajas de la fibra de aluminio

La inclusión de fibras de aluminio en el concreto ofrece varias ventajas que mejoran tanto las propiedades mecánicas como la funcionalidad del material:

- **Mejora de la resistencia de tracción y flexión:** La inclusión de FA al concreto refuerza la matriz del material, incrementando su resistencia a la flexión. Esto ayuda a controlar y reducir la formación de grietas, mejorando la durabilidad del concreto (Álvarez, 2023).
- **Reducción del peso:** Dado que el aluminio es un metal ligero, la incorporación de sus fibras al hormigón ayuda a disminuir el peso total del material. Esto es particularmente beneficioso en construcciones donde la ligereza es un factor crucial, como en puentes, estructuras elevadas o elementos prefabricados, facilitando además su transporte e instalación.

- **Mejora de la conductividad térmica:** Las fibras de aluminio aumentan la conductividad térmica del concreto, lo que es útil en aplicaciones donde se requiere una rápida dispersión de calor, como en pavimentos o estructuras expuestas a altas temperaturas. También puede ser beneficioso en sistemas de calefacción por losa radiante.
- **Resistencia a la corrosión:** Gracias a la alta resistencia a la corrosión del aluminio, Las fibras incluidas en el hormigón mejoran la resistencia del material, sobre todo en condiciones hostiles en las que está sometido a sustancias corrosivas como sales o productos químicos. Esto resulta en una mayor vida útil y menores costos de mantenimiento.
- **Contribuye en la sostenibilidad:** Las fibras de aluminio en el concreto promueve prácticas de construcción más sostenibles, reduciendo la demanda de nuevos materiales y la energía requerida para producir componentes de concreto. Esto se traduce en una menor huella de carbono del proyecto.
- **Versatilidad en aplicaciones decorativas:** Las fibras de aluminio pueden proporcionar un acabado estético único al concreto, añadiendo brillo o un efecto metalizado en la superficie, lo que puede ser deseable en aplicaciones arquitectónicas o decorativas.

2.2.5.5. Desventajas de la fibra de aluminio

Aunque la inclusión de fibras de aluminio presenta varias ventajas, también existen desventajas y desafíos que deben considerarse:

- **Costos elevados:** El aluminio, incluso en forma reciclada, puede ser más costoso con otro tipo de fibras, como las de acero o de polímeros. Esto puede aumentar el costo total del concreto reforzado, lo que podría ser una limitante en proyectos con presupuestos ajustados (Álvarez, 2023).
- **Reactividad alcalina:** El concreto tiene un entorno altamente alcalino debido a la presencia de hidróxidos de calcio, lo que podría causar reacciones adversas con

las fibras de aluminio. Si no se trata adecuadamente, esta reactividad puede llevar a la degradación del aluminio y afectar la durabilidad del concreto.

- **Reducción de la trabajabilidad:** La inclusión de fibras de aluminio puede afectar la trabajabilidad del concreto fresco, haciéndolo más difícil de mezclar, colocar y compactar. Esto puede requerir ajustes en la mezcla o el uso de aditivos para mantener la manejabilidad adecuada.
- **Incompatibilidad con ciertas aplicaciones:** En aplicaciones donde la no conductividad es esencial, como en estructuras que requieren aislamiento eléctrico, las fibras de aluminio podrían no ser adecuadas debido a su alta conductividad eléctrica.
- **Problemas de uniformidad:** Conseguir una dispersión homogénea de las fibras de aluminio dentro de la mezcla de hormigón puede resultar difícil. Una distribución irregular puede dar lugar a discrepancias en las características del hormigón, afectando a su rendimiento y longevidad.
- **Potencial de oxidación:** Aunque el aluminio es resistente a la corrosión, existe la posibilidad de que en ciertas condiciones, especialmente en ambientes muy alcalinos o húmedos, se formen productos de oxidación que podrían debilitar las fibras y reducir su efectividad en el refuerzo del concreto.
- **Limitaciones en la mejora de propiedades estructurales:** En comparación con fibras de acero, las fibras de aluminio, debido a su menor resistencia, pueden ofrecer mejoras limitadas en propiedades estructurales críticas como la resistencia a la compresión. Esto puede hacerlas menos efectivas en aplicaciones que requieren refuerzos sustanciales.

2.2.6. *Fibras metálicas*

Las fibras metálicas son estructuras finas y alargadas compuestas por materiales metálicos o aleaciones, y se caracterizan por su alta relación longitud-diámetro, lo que les confiere propiedades específicas que son altamente valoradas en diversas industrias.



Estas fibras pueden tener diámetros que van desde algunos micrómetros hasta varios milímetros, dependiendo de su aplicación, y su longitud varía considerablemente según el proceso de manufactura. Los metales comúnmente utilizados en su fabricación incluyen acero inoxidable, aluminio, cobre, níquel, titanio y sus aleaciones, cada uno aportando características distintivas en términos de resistencia, conductividad y durabilidad.

Existen varios métodos de producción de fibras metálicas, entre los que destacan el trefilado, el corte de láminas metálicas y la deposición química o física de vapor. El trefilado implica la reducción progresiva del diámetro de un alambre metálico mediante su paso por una serie de matrices, hasta alcanzar el grosor deseado. El corte de láminas, por su parte, permite obtener fibras a partir de metales previamente laminados, mientras que los métodos de deposición permiten crear fibras extremadamente finas, adecuadas para aplicaciones de alta precisión. Además, algunos procesos combinan técnicas como la fusión o atomización del metal, para obtener fibras de diferentes longitudes y diámetros.

Las fibras metálicas son de alta resistencia mecánica, especialmente a la tracción y a la fatiga, lo que las hace ideales para aplicaciones que requieren soportar cargas o esfuerzos repetitivos. Estas fibras también presentan una excelente conductividad térmica y eléctrica, lo que las convierte en componentes cruciales en sistemas de transferencia de calor o dispositivos eléctricos. Su resistencia a la corrosión varía según el tipo de metal, siendo el acero inoxidable y las aleaciones de níquel algunos de los más resistentes en ambientes agresivos.

En cuanto a su comportamiento térmico, las fibras metálicas son capaces de mantener su estructura y propiedades incluso a altas temperaturas, lo que las convierte en la elección preferida para sistemas expuestos a ambientes térmicos extremos, como filtros industriales de alta temperatura o sistemas de protección contra incendios. La resistencia a la oxidación puede mejorarse mediante el uso de recubrimientos o tratamientos superficiales, lo que extiende su vida útil en aplicaciones donde la exposición al oxígeno o a sustancias químicas corrosivas es constante.



Las fibras metálicas tienen una gama de aplicaciones. En la industria automotriz, por ejemplo, se utilizan en componentes de frenos, embragues y juntas, donde su resistencia al calor y al desgaste es crucial. En la industria aeroespacial, se utilizan en materiales compuestos avanzados para mejorar la resistencia estructural sin aumentar significativamente el peso. Asimismo, en el ámbito de la construcción, las fibras metálicas son usadas como refuerzos en materiales de construcción como hormigón o compuestos, mejorando su resistencia.

En el campo de la electrónica, las fibras metálicas juegan un papel importante en la fabricación de blindajes electromagnéticos y componentes conductores. También son empleadas en textiles técnicos, ofreciendo propiedades como conductividad térmica o protección contra radiación electromagnética. En el ámbito médico, las fibras de titanio y otras aleaciones biocompatibles son utilizadas en dispositivos implantables o para la regeneración de tejidos.

Por último, las fibras metálicas pueden incorporarse en sistemas de filtrado donde se requieren propiedades de resistencia a la corrosión y al calor, como en filtros de aire o líquidos para ambientes industriales. Estos filtros son particularmente valiosos en sectores como la energía, la minería y la fabricación de productos químicos, donde las condiciones operativas pueden ser extremadamente agresivas y otros materiales de filtrado convencionales podrían no soportar las exigencias.

En resumen, las fibras metálicas proporcionan una variedad de sectores industriales gracias a su versatilidad, resistencia y capacidad para cumplir con requerimientos específicos en aplicaciones que involucran altas temperaturas, esfuerzos mecánicos o condiciones químicas desafiantes. Su evolución y desarrollo continúan avanzando conforme nuevas tecnologías y materiales amplían su campo de aplicación.

Figura 4*Fibras metálicas*

Nota: Las fibras metálicas recicladas

2.2.6.1. Propiedades de las fibras metálicas

Las fibras metálicas tienen propiedades que las hacen valiosas en diversas aplicaciones industriales y tecnológicas. Estas propiedades varían dependiendo del tipo de metal utilizado, su aleación y el proceso de fabricación, pero en términos generales, las principales propiedades de las fibras metálicas incluyen:

1. resistencia mecánica.

- Alta resistencia: Especialmente las de acero inoxidable, titanio y otras aleaciones fuertes, poseen una excelente capacidad para soportar cargas sin romperse. Esta propiedad las hace útiles en aplicaciones de refuerzo estructural y en componentes que están sujetos a esfuerzos continuos.
- Resistencia a la fatiga: Debido a su estructura metálica, las fibras metálicas son esenciales en componentes sometidos a vibraciones o movimientos continuos.
- Resistencia al impacto: Cuando se mezclan con materiales como el hormigón o polímeros, las fibras metálicas actúan como refuerzos que incrementan la capacidad del material para absorber impactos y deformarse sin fracturarse.



2. Conductividad eléctrica.

Las fibras metálicas tienen una alta conductividad, lo que las convierte en una excelente opción para aplicaciones electrónicas y eléctricas. Materiales como el cobre, el aluminio y las aleaciones de plata se utilizan en componentes electrónicos, blindaje electromagnético y sistemas de conducción eléctrica.

3. Conductividad térmica.

Los metales tienen una alta capacidad de conducción térmica, por lo que las fibras metálicas son ideales para disipar calor en aplicaciones como intercambiadores de calor, componentes de sistemas de enfriamiento y textiles técnicos con funciones de regulación térmica.

4. Resistencia a la corrosión.

Dependiendo del tipo de metal o aleación, algunas fibras metálicas, como las de acero inoxidable o aleaciones de níquel, poseen una excelente resistencia a la corrosión, lo que las hace adecuadas para entornos agresivos donde la humedad, los ácidos o los productos químicos son predominantes. El uso de recubrimientos y tratamientos superficiales puede mejorar aún más esta resistencia.

5. Resistencia a altas temperaturas.

Las fibras mantienen sus propiedades mecánicas y estructurales a temperaturas muy elevadas. Esta propiedad es fundamental en aplicaciones como filtros de alta temperatura, componentes de motores de combustión interna o sistemas de protección contra incendios. Algunos metales, como el titanio y las aleaciones de níquel, destacan especialmente en condiciones térmicas extremas.

6. Resistencia al desgaste.

En aplicaciones donde las fibras están expuestas a fricción o abrasión, como en el refuerzo de hormigón o en componentes de frenos, las fibras metálicas proporcionan una resistencia considerable al desgaste. Esto las hace útiles en aplicaciones que requieren durabilidad a largo plazo.

7. Compatibilidad química.



Las fibras metálicas, dependiendo del tipo de metal, pueden ser altamente compatibles con diversos entornos químicos, lo que las hace útiles en aplicaciones como sistemas de filtración en plantas químicas o petroquímicas, donde los materiales no deben reaccionar o degradarse en presencia de sustancias agresivas.

8. Flexibilidad y formabilidad.

Aunque las fibras metálicas son altamente resistentes, muchas de ellas mantienen una cierta flexibilidad que permite su uso en aplicaciones que requieren formas complejas o la combinación con otros materiales. Esta propiedad es particularmente útil en la fabricación de textiles técnicos o en la creación de materiales compuestos.

9. Capacidad de refuerzo.

En materiales compuestos, las fibras metálicas actúan como refuerzos que mejoran significativamente las propiedades del material base. Pueden aumentar la resistencia mecánica, los materiales compuestos, como los plásticos, cerámicas y cementos.

10. Propiedades magnéticas.

Algunas fibras metálicas, como las de acero y las aleaciones de níquel, poseen propiedades magnéticas. Esto las hace útiles en aplicaciones que requieren detección magnética, manipulación electromagnética o blindaje contra interferencias electromagnéticas.

11. Durabilidad.

Las fibras metálicas, especialmente aquellas fabricadas con materiales como el acero inoxidable, presentan una vida útil prolongada debido a su resistencia al desgaste, la corrosión y las temperaturas extremas. Esta durabilidad las hace ideales para aplicaciones que requieren un desempeño sostenido a lo largo del tiempo, como en la construcción.

12. Reciclabilidad.

Las fibras metálicas son completamente reciclables, lo que las convierte en una opción ambientalmente sostenible para aplicaciones industriales. Una vez que las fibras metálicas alcanzan el final de su vida útil, pueden ser recuperadas y reutilizadas sin una pérdida significativa de sus propiedades.

En resumen, las fibras metálicas combinan una serie de propiedades que las hacen esenciales en industrias como la automotriz, aeroespacial, construcción, electrónica, textil y muchas otras. Su resistencia mecánica, conductividad, resistencia térmica y a la corrosión, y su capacidad de actuar como refuerzo estructural hacen de estas fibras una solución versátil.

2.2.6.2. Características de las fibras metálicas

Las características principales son la siguiente:

a. Diámetro Fino

Las fibras metálicas se mantienen en los más pequeños, que van desde algunos micrómetros hasta varios milímetros, de la aplicación. Esto les otorga una alta relación de aspecto (longitud/diámetro), lo que contribuye a sus mecánicas y de refuerzo.

b. Alta resistencia mecánica.

Tienen una excelente resistencia a la tracción, esta resistencia hace las adecuadas para aplicaciones que requieren cargas elevadas, como en materiales compuestos o estructuras reforzadas.

c. Flexibilidad.

A pesar de ser metálicas, muchas fibras poseen una cierta flexibilidad, lo que les permite adaptarse a diferentes formas y ser utilizadas en tejidos o como refuerzos materiales en compuestos sin perder sus propiedades mecánicas.

d. Conductividad eléctrica.

Las fibras metálicas tienen una excelente conductividad eléctrica, lo que las hace ventajosas para aplicaciones que requieren una transmisión eficaz de la corriente

eléctrica, como en los dispositivos electrónicos o el apantallamiento electromagnético.

e. Conductividad térmica.

Los metales son excelentes conductores de calor, y esta propiedad se mantiene en las fibras metálicas. Por ello, son utilizadas en aplicaciones donde es necesario disipar o transferir calor de manera efectiva, como en intercambiadores de calor o componentes electrónicos.

f. Resistencia a la corrosión.

Dependiendo del tipo de metal o aleación (como el acero inoxidable o las aleaciones de níquel), las fibras metálicas pueden ser muy resistentes a la corrosión, lo que las hace adecuadas para ambientes agresivos, como en la industria química, naval o en sistemas de filtración.

g. Resistencia a altas temperaturas.

Las fibras metálicas pueden soportar temperaturas extremadamente altas sin perder sus propiedades estructurales. Esto las hace ideales para aplicaciones en entornos con temperaturas elevadas, como en la industria automotriz, aeroespacial y de filtración industrial.

h. Baja densidad (en Aleaciones Livianas).

Algunas fibras metálicas, como las fabricadas a partir de aleaciones de aluminio o titanio, tienen una baja densidad en comparación con otros metales. Esto permite reducir el peso en estructuras que requieren alta resistencia sin incrementar significativamente la masa total.

i. Resistencia al desgaste.

Las fibras metálicas son muy resistentes al desgaste y la abrasión, lo que prolonga su vida útil en aplicaciones donde están expuestas a fricción constante, como en componentes de frenos o en materiales de refuerzo sometidos a desgaste continuo.

j. Propiedades magnéticas.



Algunas fibras metálicas, como las de acero o las aleaciones de níquel, presentan propiedades magnéticas, lo que las hace útiles en aplicaciones que requieren detección o manipulación magnética, o en sistemas de blindaje contra campos electromagnéticos.

k. Compatibilidad con materiales compuestos.

Son compatibles con una amplia variedad de matrices (como polímeros, cerámicas y otros metales), lo que las convierte en excelentes refuerzos en materiales compuestos. Aumentan la resistencia y durabilidad de estos materiales sin añadir un peso excesivo.

l. Durabilidad.

Las fibras metálicas son altamente duraderas, lo que las hace ideales para aplicaciones a largo plazo en ambientes extremos, como en estructuras sometidas a cambios de temperatura, humedad o exposición química.

m. Procesabilidad.

Las fibras metálicas pueden ser producidas mediante diversos métodos, como el trefilado, el corte de láminas, o la deposición química o física de vapor. Además, pueden ser tratadas superficialmente para mejorar ciertas propiedades como la resistencia a la oxidación o la adhesión en materiales compuestos.

n. Capacidad de refuerzo.

En aplicaciones de refuerzo, las fibras metálicas actúan como un esqueleto estructural dentro de la matriz, mejorando la capacidad de los materiales.

o. Reciclabilidad.

Al estar compuestas de metales, las fibras metálicas son reciclables, lo que les otorga una ventaja en términos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental en la gestión de materiales.

p. Estabilidad dimensional.

Mantienen su forma y tamaño bajo condiciones extremas de calor, frío o presión, lo que las convierte en una opción confiable para aplicaciones industriales en las

que es fundamental que las dimensiones no cambien con el tiempo o las condiciones operativas.

2.2.6.3. Beneficios del uso de las fibras metálicas

El uso de fibras metálicas ofrece una serie de beneficios que mejoran significativamente las características mecánicas y la durabilidad del material. Estas fibras se integran a la mezcla de concreto, actuando como refuerzos que ayudan a distribuir mejor las tensiones, aumentando así su capacidad de soportar esfuerzos.

❖ **Incremento de la resistencia al impacto.**

El uso de fibras metálicas mejora la aptitud del hormigón para dispersar la energía del impacto. Esto hace que el material sea más resistente a golpes, colisiones y otros tipos de cargas súbitas. Es ideal para áreas sometidas a tráfico pesado o donde se espera contacto con objetos pesados.

❖ **Reducción de la fisuración.**

Las fibras metálicas ayudan a regular el desarrollo y la propagación de las fracturas en el hormigón. Al distribuir las tensiones a través de la estructura, reducen la aparición de grietas durante el secado (fisuración por retracción) y a largo plazo. Además, si se forman fisuras, las fibras las mantienen unidas, lo que evita que se agranden.

❖ **Mejora de la durabilidad.**

Gracias a la reducción de fisuras y a la mejora en la resistencia, el concreto reforzado con FM tiene una mayor durabilidad. Esto reduce la necesidad de mantenimiento, lo que resulta en una vida útil más prolongada para las estructuras y menor costo de reparación.

❖ **Resistencia a cargas cíclicas y fatiga.**

El concreto reforzado con FM soporta mejor las cargas cíclicas, como las vibraciones o el tráfico constante, lo que reduce la fatiga en el material. Esto lo hace

especialmente útil en aplicaciones donde las cargas varían con el tiempo, como en puentes, carreteras o pavimentos industriales.

❖ **Desgaste y la abrasión.**

Las fibras metálicas mejoran la resistencia al desgaste y a la abrasión del hormigón, beneficiando a suelos industriales, pavimentos y otras superficies muy utilizadas. Esto prolonga la vida útil del concreto en ambientes agresivos, como instalaciones industriales o puertos.

❖ **Distribución uniforme de cargas.**

Las fibras metálicas actúan como una malla tridimensional dentro del concreto, ayudando a distribuir las tensiones de manera más uniforme. Esto contribuye a un mejor comportamiento estructural del concreto bajo diversas condiciones de carga.

❖ **Reducción o eliminación de refuerzos tradicionales.**

En algunos casos, el uso de fibras metálicas puede reducir la necesidad de emplear refuerzos tradicionales, ya que las fibras distribuyen las tensiones internamente de manera eficiente. Esto simplifica el proceso de construcción y puede reducir los costos de mano de obra y materiales.

❖ **Mejora en la resistencia al fuego.**

Las FM pueden mejorar el concreto bajo altas temperaturas, como en situaciones de incendio, ya que proporcionan refuerzo interno que ayuda a mantener la integridad estructural por más tiempo antes del colapso.

❖ **Absorción de energía.**

El hormigón reforzado con fibras metálicas tiene la capacidad superior de absorción, lo que resulta ventajoso para aplicaciones que requieren una elevada tolerancia a la deformación antes del fallo, como en edificios sismorresistentes o componentes resistentes a las explosiones.

❖ **Mejora en el comportamiento post-fisuración.**

A diferencia del concreto sin refuerzo, que pierde resistencia de manera significativa una vez que se forma una fisura, el concreto con FM mantiene una

cierta capacidad de carga y cohesión después de que se producen fisuras, lo que mejora su rendimiento general en condiciones críticas.

❖ **Seguridad estructural.**

Al mejorar la capacidad del concreto para resistir diversos tipos de fallas, las fibras metálicas contribuyen a estructuras más seguras y confiables, reduciendo el riesgo de fallos catastróficos bajo condiciones extremas.

En resumen, el uso de fibras metálicas en el concreto ofrece ventajas significativas en términos de resistencia, durabilidad y comportamiento estructural. Esto lo convierte en una solución eficiente para mejorar el desempeño de estructuras en aplicaciones donde las tensiones, impactos, desgaste y condiciones extremas son frecuentes.

2.2.6.4. Ventajas y desventajas del uso de las fibras metálicas

El uso de fibras metálicas ofrece una serie de ventajas y desventajas que deben ser consideradas dependiendo de la aplicación específica. A continuación, se detallan los principales beneficios y desafíos asociados con el uso de este tipo de refuerzo:

Ventajas del uso de fibras metálicas:

- **Mejora en la resistencia a flexión.**

Las fibras metálicas aumentan significativamente la resistencia del concreto a la tracción y la flexión, lo que es esencial en aplicaciones sometidas a cargas dinámicas y tensiones continuas.

- **Incremento en la resistencia al impacto y la abrasión.**

Las fibras metálicas pueden llegar a una resistencia de impactos, abrasión y desgaste, lo que lo hace ideal para pisos industriales, pavimentos de alto tráfico y superficies expuestas a condiciones agresivas.

- **Distribución uniforme de tensiones.**

Las fibras distribuyen de manera más uniforme las tensiones internas dentro del concreto, lo que mejora la capacidad de carga y disminuye la posibilidad de fallos localizados.

- **Mejor comportamiento post-fisuración.**

Después de la formación de fisuras, las fibras metálicas mantienen la cohesión interna del concreto, permitiendo que el material conserve una mayor capacidad de carga, a diferencia del concreto sin refuerzo.

- **Reducción de la necesidad de refuerzos tradicionales.**

En algunos casos, el uso de fibras metálicas puede reducir o incluso eliminar la necesidad de usar mallas o barras de refuerzo de acero tradicionales, simplificando la construcción y reduciendo la mano de obra y tiempo.

- **Mejora en la resistencia al fuego.**

En ciertos casos, las FM pueden mejorar las características del concreto frente a altas temperaturas, proporcionando refuerzo interno adicional durante situaciones de incendio.

Desventajas del uso de las fibras metálicas:

- **Dificultades en la colocación y manejo.**

La inclusión de fibras metálicas puede afectar la trabajabilidad del concreto, haciéndolo más difícil de manejar, verter y compactar. En algunos casos, se requiere un ajuste en la mezcla o en los procedimientos de colocación para evitar problemas durante el vertido.

- **Posibilidad de corrosión.**

Aunque las fibras metálicas pueden mejorar la durabilidad del concreto, si no están bien protegidas o encapsuladas dentro de la matriz de concreto, pueden ser susceptibles a la corrosión, especialmente en ambientes húmedos o con exposición



a sales o productos químicos. La corrosión de las fibras puede afectar el rendimiento del concreto a largo plazo.

- **Aparición de fibras en la superficie.**

En algunos casos, las fibras metálicas pueden sobresalir o aflorar en la superficie del concreto después del vertido y curado, lo que puede ser un problema estético o incluso funcional en superficies donde se necesita un acabado liso.

- **Necesidad de diseño especializado.**

El uso efectivo de fibras metálicas en el concreto requiere un diseño adecuado de la mezcla y una comprensión de su impacto en las propiedades del material. Esto puede implicar una mayor complejidad en el diseño estructural y la necesidad de ensayos adicionales para garantizar el rendimiento deseado.

- **Variabilidad en el rendimiento.**

Dependiendo del tipo, longitud y cantidad de fibras utilizadas, el rendimiento del concreto con FM puede variar. Un diseño incorrecto o la distribución inadecuada de las fibras puede llevar a una mejora subóptima de las propiedades del concreto.

- **Dificultades en el acabado superficial.**

El acabado de superficies de concreto con FM puede ser más complicado debido a la presencia de las fibras que sobresalen, lo que puede requerir técnicas de acabado adicionales o ajustes en los equipos de construcción.

- **Compatibilidad con otros materiales.**

En algunas aplicaciones, la compatibilidad de las fibras metálicas con otros aditivos o componentes del concreto puede ser limitada, afectando la cohesión o la resistencia global del material.

El uso de FM en el concreto ofrece numerosos beneficios, como una mayor resistencia, durabilidad y control de fisuras, lo que las convierte en una opción atractiva para aplicaciones de alto rendimiento. Sin embargo, también presenta desafíos relacionados con el costo, la colocación y la trabajabilidad del concreto, así como el riesgo de corrosión

si no se toman las precauciones adecuadas. La clave para maximizar los beneficios y minimizar las desventajas radica en un diseño cuidadoso de la mezcla, el uso apropiado de las fibras y una ejecución adecuada en el sitio de construcción.

2.2.7. Diseño de mezclas

El proceso es esencial en la fabricación de hormigón y mortero, incluida la determinación de las proporciones óptimas de los ingredientes componentes para obtener un material con cualidades especificadas.

El proceso de diseño de mezclas comienza con la definición de las especificaciones del proyecto, como la resistencia requerida, la exposición ambiental, y las condiciones de trabajo. A partir de estas especificaciones, se seleccionan los materiales adecuados y se determinan sus proporciones mediante una serie de cálculos y pruebas experimentales. Estos cálculos consideran factores como la densidad de los agregados, que es crucial para controlar la trabajabilidad del concreto y su resistencia final (Osorio, 2022).

La técnica del ACI es una estrategia muy utilizada para el diseño de mezclas. Ofrece una forma sistemática de determinar las proporciones de los componentes del hormigón en función de las propiedades requeridas del producto final. El procedimiento consiste en seleccionar primero la relación agua/cemento, calcular después la cantidad de cemento, elegir los tamaños y proporciones de los áridos y, por último, estimar la cantidad de agua necesaria. Posteriormente, estas proporciones se modifican para cumplir determinadas especificaciones del proyecto, como alcanzar la resistencia deseada y mejorar la resistencia a elementos como la congelación y la corrosión.

El diseño de mezclas también involucra pruebas de laboratorio para verificar que las proporciones calculadas produzcan el concreto con las propiedades deseadas. Estas pruebas pueden incluir ensayos de resistencia, trabajabilidad (medida por el asentamiento), y durabilidad en condiciones específicas de exposición. En muchos casos, es necesario realizar ajustes finos en la mezcla para optimizar su desempeño,



especialmente cuando se utilizan materiales especiales, como agregados reciclados o fibras de refuerzo.

2.2.8. *Propiedades físicas del concreto*

Sirven para evaluar su desempeño en diversas aplicaciones. Estas propiedades afectan la resistencia, durabilidad y comportamiento del concreto en condiciones de servicio (Osorio, 2022).

- a) **Densidad:** La densidad del concreto es la masa. El concreto tiene un peso de aproximadamente $2,400 \text{ kg/m}^3$ (150 lb/ft^3). Existen concretos de peso ligero y pesado que tienen densidades significativamente menores o mayores, respectivamente, en función de los agregados utilizados.
- b) **Porosidad y absorción de agua:** Es el porcentaje de vacíos en el concreto, mide la cantidad de agua que el concreto puede absorber. Menor porosidad y absorción indican un concreto más denso, menos susceptible a la penetración de agua y agentes agresivos.
- c) **Trabajabilidad (Slump):** Se evalúa mediante el ensayo (Slump test), que mide la fluidez del concreto fresco. Un mayor asentamiento indica una mezcla más fluida, facilitando su colocación y compactación.
- d) **Coefficiente de expansión térmica:** Mide cuánto se expande o contrae el concreto con los cambios de temperatura. Un bajo coeficiente de expansión es deseable para evitar problemas en estructuras expuestas a variaciones térmicas extremas.
- e) **Resistencia a la congelación y descongelación:** Evalúa la capacidad del concreto para soportar ciclos repetidos de congelación sin deteriorarse. Es importante en climas fríos y está relacionado con la calidad del concreto y la presencia de aire atrapado.
- f) **Capacidad de retención de calor:** El concreto tiene una alta capacidad para retener y almacenar calor, lo que puede ayudar a mantener temperaturas interiores estables en climas fríos y reducir costos de energía.



2.2.7.1. Asentamiento del concreto

El asentamiento, también conocido como trabajabilidad del concreto, es una propiedad crucial que describe el uso del concreto que puede ser mezclado, compactado y terminado sin segregación de sus componentes. Esta propiedad se mide comúnmente con el ensayo de asentamiento (Slump test), que evalúa el flujo y la fluidez del concreto. El asentamiento es fundamental para garantizar que el concreto se pueda manejar de manera eficiente durante la construcción y que pueda adaptarse a las formas y detalles del molde sin dejar burbujas de aire atrapadas o zonas sin llenar.

El ensayo de asentamiento consiste en llenar un cono truncado con una muestra de concreto fresco, compactar el concreto en el cono en varias capas, y luego retirar el cono verticalmente. La medida del asentamiento se toma como la diferencia entre la altura del cono y la altura del concreto asentado. El resultado se expresa en milímetros o pulgadas. Un mayor asentamiento indica una mezcla más fluida, lo que facilita la colocación y el acabado, pero también puede señalar una relación agua/cemento alta, que podría reducir la resistencia final del concreto. Por otro lado, un asentamiento bajo indica que el hormigón está seco y es difícil de manejar, lo que puede resultar en una mezcla incompleta o una colocación deficiente (Orozco, 2019).

Una buena trabajabilidad permite que el concreto se coloque y compacte eficientemente en el molde, minimizando la formación de vacíos y asegurando una distribución uniforme de los agregados y el cemento. Además, facilita la creación de acabados superficiales deseados y reduce el riesgo de segregación, donde los componentes del concreto se separan durante el manejo. En resumen, el asentamiento o trabajabilidad del concreto es primordial para la calidad del producto final, ya que afecta tanto el proceso de construcción como las propiedades finales del concreto endurecido.

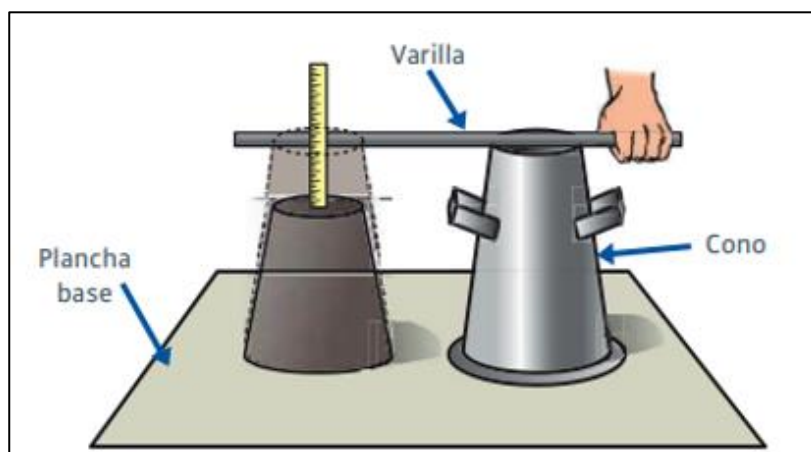
Tabla 2

Trabajabilidad del concreto

Método de Compactación	Trabajabilidad	Consistencia	Slump
Vibración normal	Poca trabajable	Estado seco	0"-2"
Vibración ligera	Trabajable	Estado plástico	3"- 4"
Chuseado	Muy trabajable	Fluida	> 5"

Nota: Slump del concreto, Adaptado de AA.

Figura 5

Prueba de Slump*Nota:* Asentamiento (Slump), tomado de Acero Arequipa.

2.2.9. Propiedades mecánicas del concreto

El hormigón está compuesto por cemento, agua, áridos (incluidos arena y grava) y, ocasionalmente, aditivos que mejoran sus características. El proceso de fraguado comienza cuando el cemento se mezcla con el agua, haciendo una reacción química conocida como hidratación, que transforma progresivamente el material en una masa sólida y duradera. Una de sus características más destacadas es la capacidad de adoptar cualquier forma o molde antes de su endurecimiento, lo que le otorga versatilidad en la creación de estructuras.

La resistencia es una propiedad mecánica crucial del hormigón, ya que influye directamente en su capacidad para soportar cargas sin sufrir aplastamiento. Esta resistencia varía dependiendo de los componentes y la relación agua/cemento, generalmente mejorando con el tiempo gracias a la hidratación continua. Para contrarrestar esta debilidad, se suele reforzar con barras de acero, creando lo que se conoce como concreto armado.

En cuanto a sus propiedades físicas, el concreto tiene una alta durabilidad, lo que significa que puede resistir la exposición a factores ambientales extremos, como cambios de temperatura, ciclos de congelación y deshielo, y la acción de sustancias químicas agresivas. Además, posee una notable capacidad térmica, permitiendo que las estructuras mantengan la temperatura interna al actuar como un regulador térmico natural. Sin embargo, la permeabilidad del concreto puede variar según su composición y afectará su resistencia al paso del agua y a la penetración de agentes nocivos, como cloruros o sulfatos, que pueden dañar la estructura.

Por otro lado, el concreto también tiene propiedades relacionadas con su comportamiento en el tiempo. Con el paso de los años, puede experimentar fenómenos como la contracción o el retraimiento, lo que implica una reducción de su volumen debido a la pérdida de agua no combinada químicamente. Esto puede causar la aparición de fisuras si no se diseñan juntas de dilatación adecuadas. A su vez, el concreto se ve afectado por la fluencia, que es la deformación lenta y progresiva bajo una carga constante. Aunque este fenómeno es lento, puede tener repercusiones a largo plazo en la estabilidad estructural.

2.2.8.1. Resistencia a compresión del concreto

La resistencia del hormigón es una propiedad mecánica fundamental que mide la capacidad para soportar presiones de compresión. La resistencia última a la compresión de una probeta de hormigón es la cantidad máxima de carga axial que puede soportar sin fracturarse. Esta resistencia suele medirse en unidades de MPa o psi. Esta característica

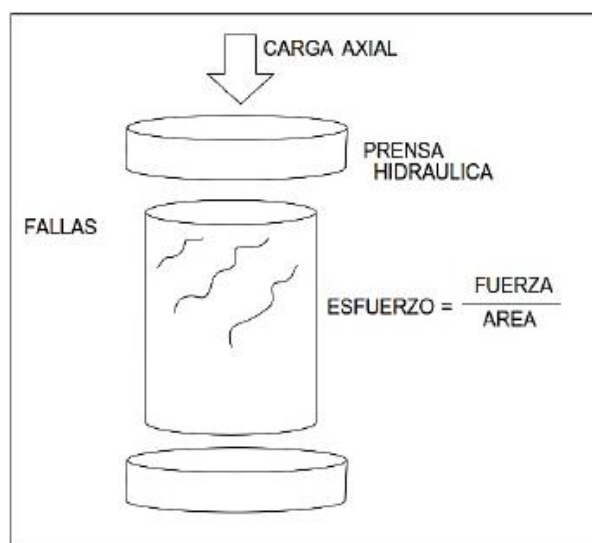
es esencial para la evaluación de estructuras de hormigón, como pilares, vigas y losas, ya que define su capacidad para soportar presiones externas sin experimentar fallos. (Osorio, 2023).

La resistencia del hormigón se evalúa realizando ensayos en cilindros o cubos de hormigón curado, a menudo tras un periodo de curado estándar de 28 días. Durante el ensayo, el hormigón se somete gradualmente a una fuerza utilizando una prensa hasta que alcanza su punto de rotura. La resistencia se calcula dividiendo la carga que puede soportar la muestra por su sección. Los resultados ofrecen una evaluación directa de la capacidad del hormigón para esfuerzos de compresión y son esenciales para garantizar que el material satisface los requisitos estructurales especificados en el diseño.

La resistencia del concreto se ve afectada por una serie de factores, como el proceso de curado, el tamaño y la calidad de los áridos, la composición de la mezcla de cemento. Una reducción de la relación agua/cemento suele traducirse en un aumento de la resistencia del hormigón, ya que una mayor proporción de cemento en la mezcla proporciona una mayor densidad y una red más fuerte de productos de hidratación. El curado adecuado es igualmente importante, ya que un curado insuficiente puede llevar a una hidratación incompleta del cemento y, por lo tanto, a una resistencia reducida.

Figura 6

Esquema del ensayo a compresión



Nota: Ensayo de resistencia a compresión.

2.2.8.2. Tipos de fallas en briquetas de concreto

Las fallas en briquetas de concreto endurecido se pueden clasificar en varios tipos según la naturaleza de la falla observada durante las pruebas de compresión. Estas fallas proporcionan información valiosa sobre la calidad y el comportamiento del concreto bajo carga. A continuación se describen los principales tipos de fallas que pueden ocurrir en briquetas de concreto endurecido:

1. Falla por compresión (Falla Axial).

Descripción: La falla por compresión es la fractura que ocurre cuando el concreto no puede soportar más la carga aplicada en la prueba de compresión. En este tipo de falla, el concreto se fractura generalmente en un patrón característico a lo largo de los planos de debilidad en la muestra (NTP, 2019).

Características: La fractura suele ser diagonal o en forma de estrella, con una separación notable a lo largo del eje de la briketa. La resistencia máxima alcanzada antes de la fractura es registrada durante el ensayo.

2. Falla por deslizamiento o cizalladura.

Descripción: En algunas ocasiones, el concreto puede fallar debido a cizallamiento en lugar de una fractura pura por compresión. Esto sucede cuando el concreto no puede resistir las fuerzas de cizalladura inducidas durante la prueba.

Características: La fractura aparece en un patrón diagonal a través del centro de la briketa, mostrando una separación a lo largo de los planos de cizalladura. Esto puede indicar problemas con la mezcla o con la uniformidad del concreto.

3. Falla por segregación.

Descripción: La segregación ocurre cuando los componentes del concreto se separan durante el mezclado, el transporte o la colocación. Esto puede dar lugar a una distribución desigual de los agregados y el cemento, causando una debilidad en el concreto endurecido.

Características: En los ensayos de compresión, la falla puede ser irregular y no seguir patrones de fractura típicos. Las áreas con alta concentración de agregados



o con cemento insuficiente pueden presentar una resistencia significativamente menor.

4. Falla por defectos internos (Vacíos, Inclusiones).

Descripción: Los defectos internos, como vacíos, burbujas de aire atrapadas o inclusiones de material extraño, pueden debilitar el concreto. Estos defectos pueden ser causados por una mezcla inadecuada o problemas durante el proceso de curado.

Características: La falla puede ser localizada alrededor de las áreas defectuosas, con fracturas que se propagan desde los vacíos o inclusiones. La resistencia medida puede ser significativamente menor debido a estos defectos.

5. Falla por exceso de humedad.

Descripción: Si el contenido de humedad en el concreto es excesivo, puede provocar problemas en la resistencia. El exceso de agua puede llevar a una mezcla con una relación agua/cemento inapropiada, reduciendo la resistencia final.

Características: La falla en estos casos puede ser más generalizada y menos uniforme, con fracturas que muestran debilidad a lo largo de toda la briqueta en lugar de en puntos específicos.

6. Falla por deficiencias en el curado.

Descripción: El curado inadecuado del concreto puede llevar a una resistencia reducida y a fallas prematuras. Un curado insuficiente puede provocar una hidratación incompleta del cemento y afectar negativamente la resistencia.

Características: Las fallas debido a problemas de curado pueden ser más generales y no presentar patrones específicos, aunque en algunos casos pueden observarse fracturas más limpias o más frágiles en comparación con el concreto bien curado.

7. Falla por problemas de mezcla.

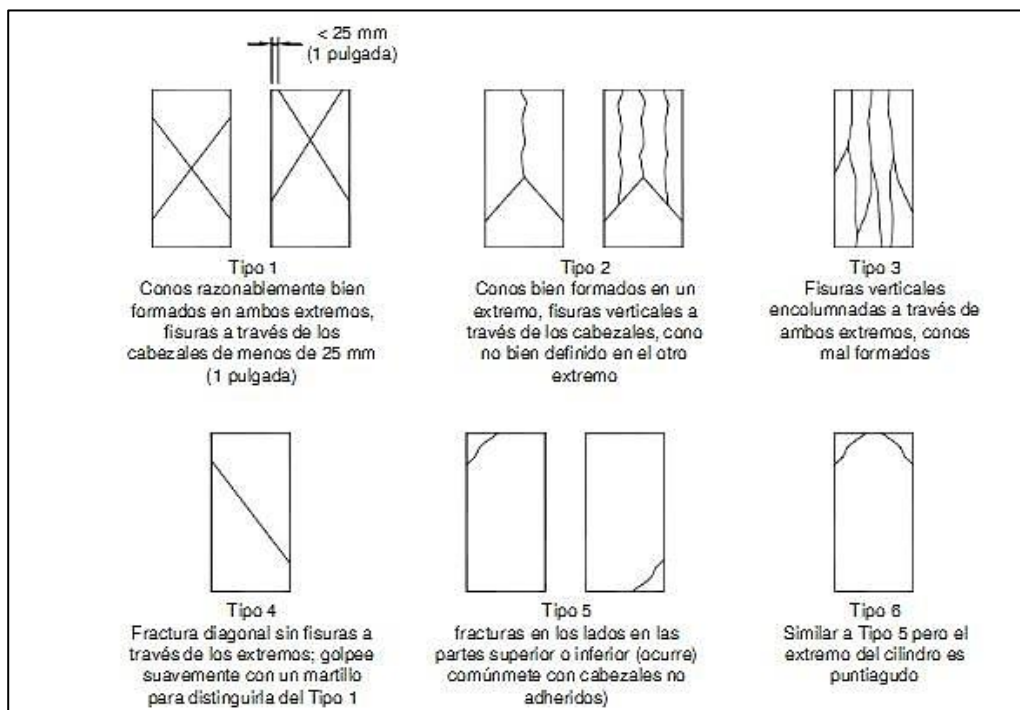
Descripción: Problemas en la mezcla, como una mala dosificación de los materiales o una mezcla inadecuada, pueden afectar la calidad del concreto y llevar a fallas durante la prueba.

Características: La falla puede ser irregular, con fracturas que muestran debilidad en varias áreas, lo que indica una mezcla inconsistente o inadecuada.

Cada tipo de falla proporciona información valiosa sobre posibles problemas en la mezcla de concreto, el proceso de colocación, o el curado, y ayuda a identificar áreas de mejora para garantizar la calidad y el desempeño del concreto en futuras aplicaciones.

Figura 7

Tipos de fallas de briquetas



Nota: Tipos de fallas que muestra un concreto, tomado de NTP (2015).

2.3. Marco Conceptual

a. Asentamiento.

El asentamiento es una métrica que mide la viscosidad o la capacidad del hormigón fresco para fluir, y se determina mediante el ensayo de asentamiento.



Esta prueba consiste en llenar un cono truncado con concreto fresco, desmoldarlo verticalmente y medir la altura que pierde el concreto al asentarse o deformarse. El valor del asentamiento se expresa en centímetros y proporciona una indicación de la trabajabilidad del concreto.

b. Diseño de mezclas.

Es el proceso de seleccionar y proporcionar los componentes del concreto para cumplir con los requisitos específicos de una obra, como la resistencia, trabajabilidad, durabilidad. Este proceso implica determinar la relación óptima entre estos componentes técnicos del proyecto como la resistencia, el asentamiento y la durabilidad en el entorno particular donde se utilizará.

c. Fibra de aluminio.

La fibra de aluminio es un material formado por delgados filamentos de aluminio. Sirve de refuerzo en muchas aplicaciones, como la producción de hormigón. La fibra de aluminio, cuando se añade al hormigón, mejora las características mecánicas específicas del material.

d. Granulometría.

Es el estudio de la distribución del tamaño de las partículas en un agregado, ya sea fino o grueso, y es un factor crucial en la calidad del concreto. Esta distribución se analiza mediante tamices que separan las partículas según su tamaño, permitiendo determinar la cantidad de material que pasa por cada tamiz. La curva granulométrica resultante proporciona información sobre la uniformidad y el rango de tamaños de las partículas, lo cual es fundamental para asegurar una mezcla de concreto con buena trabajabilidad, resistencia y durabilidad.



e. Peso unitario.

el peso unitario se refiere al peso de una mezcla de concreto fresco o endurecido dentro de un volumen determinado. Este valor es importante porque influye en la resistencia estructural, la capacidad de carga y el costo de transporte y manejo del material. El peso unitario puede variar según la proporción de la mezcla, como la cantidad de agregados, cemento y agua, así como la compactación y el contenido de aire en el concreto.

f. Resistencia a compresión.

Es una propiedad fundamental del concreto que mide la capacidad del material para soportar cargas que tienden a reducir su tamaño. Se expresa en MPa o kg/cm² y se determina mediante ensayos en los que adapta una carga progresiva sobre una muestra de concreto (generalmente un cilindro o un cubo) hasta que falla o se rompe.

g. Resistencia a flexión.

Es una medida de la capacidad del concreto para resistir fuerzas que tienden a doblarlo o curvarlo, y se refiere a la tensión máxima que un material puede soportar en su fibra externa antes de fracturarse. Se expresa en MPa o kg/cm². Este valor es especialmente importante en estructuras que están sujetas a cargas que generan esfuerzos de flexión, como pavimentos, losas, vigas y puentes.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación

El diseño engloba el plan meticuloso y metódico creado para llevar a cabo una investigación científica, con el fin de responder a las interrogantes de la investigación y así obtener unos objetivos predeterminados. (Creswell & Creswell, 2017).

Este estudio emplea un diseño **experimental**, ya que implica la manipulación de la variable independiente (fibras de aluminio reciclado y fibras metálicas) y la utilización de una muestra no aleatoria.

3.2. Método de la investigación

El método de investigación es la estrategia sistemática empleada para abordar una pregunta o problema de estudio, permitiendo el desarrollo de conocimiento científico mediante el uso de técnicas y procedimientos ordenados. (Hernandez & Baptista, 2014).

Este estudio emplea un método **científico**, ya que parte de un estudio previo que examina el uso de fibras de aluminio y metálicas en el concreto convencional. El objetivo es analizar la eficacia de estas fibras para mejorar la resistencia y las propiedades del concreto.

3.3. Nivel y tipo de la investigación

3.3.1. Nivel de la investigación

Según Sampieri 2014, el nivel **explicativo** profundiza en la relación entre variables y pretende determinar las causas de los fenómenos observados. En este tipo de investigación, el investigador busca no solo describir, sino también entender las relaciones de causalidad, lo cual es fundamental para proponer soluciones a problemas complejos.

Este estudio emplea un enfoque **explicativo**, ya que pretende caracterizar la pregunta de investigación y dilucidar la relación causal entre las variables. Específicamente, el estudio manipula las variables de fibras de aluminio y fibras metálicas para observar su impacto en la variable dependiente, que es la prueba de las propiedades del concreto.

3.3.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación se refiere a la categorización del estudio en función de su enfoque, naturaleza y el propósito de los resultados que se espera obtener, lo cual determina el diseño y los métodos empleados en el proceso. (Hernandez & Baptista, 2014).

Este estudio emplea un tipo de estudio **aplicada** para evaluar el impacto de las fibras de aluminio y las fibras metálicas en el hormigón, con el objetivo de determinar su eficacia.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Es fundamental que la población esté claramente definida y delimitada en términos de sus atributos, ya que esto influye en la validez externa de los resultados. Según (Hernandez & Baptista, 2014) en investigaciones cuantitativas, una vez determinada la población, es común que se seleccione una muestra representativa, lo que permite hacer inferencias estadísticas sin necesidad de estudiar cada miembro de la población total.

La población para este proyecto está constituida por concretos convencionales elaborados en el distrito de Ayaviri, con un diseño de 210 kg/cm² y agregados procedentes de la cantera Ayaviri.

3.4.2. Muestra

La muestra de la investigación se refiere al conjunto de elementos o individuos seleccionados de una población más amplia, que se utilizan para obtener datos y realizar análisis representativos sobre el fenómeno estudiado. Dado que investigar a toda una población suele ser inviable debido a restricciones de tiempo y recursos, la muestra permite obtener resultados que pueden generalizarse a la población de interés. Hernández et al. (2018).

La muestra para la presente investigación comprende briquetas de hormigón endurecido, que se fabrican a partir de hormigón normal mezclado con ingredientes adicionales, como la incorporación de fibras de aluminio reciclados (FA) y las fibras metálicas (FM) en función del volumen del concreto.

Tabla 3

Muestras para el ensayo de resistencia a compresión y flexión

Muestra	Descripción de la muestra	Número de probetas por ensayo			Total
		7 días	14 días	28 días	
CPC	F ['] c =210 kg/cm ²	4	4	4	12
Muestra	Con adición	3 días	7 días	14 días	
M-1	CPC + 2.5% FA	4	4	4	12
M-2	CPC + 4.5% FA	4	4	4	12
M-3	CPC + 6.5% FA	4	4	4	12



M-6	CPC + 3% FM	4	4	4	12
M-7	CPC + 5% FM	4	4	4	12
M-8	CPC + 7% FM	4	4	4	12
Total					84

Nota: Número total de testigos para el concreto convencional

La tabla 16, muestra las 72 unidades de probetas que utilizaron en el ensayo de resistencia a la compresión y a la flexión, para el concreto convencional se necesitan 12 briquetas, mientras que para el concreto patrón convencional con adiciones de FA y FM se necesitan 84 briquetas.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.5.1. Técnicas

Las técnicas de investigación son los procedimientos específicos utilizados para recolectar, analizar y procesar la información necesaria en un estudio, adaptándose al enfoque y tipo de investigación para obtener resultados válidos y confiables. (Hernandez & Baptista, 2014) explican que las técnicas pueden ser cualitativas, como las entrevistas y observaciones, o cuantitativas, como las encuestas y experimentos, dependiendo de los datos que se desean obtener y de la naturaleza del fenómeno investigado.

En este estudio se emplearon las siguientes técnicas que se utilizaron en el desarrollo de este estudio:

- Diseño de mezcla para el concreto convencional.
- Ensayo de determinación de asentamiento
- Ensayo de resistencia a compresión.
- Ensayo de resistencia a flexión.

3.5.2. Instrumentos

Según Hernández et al., (2014) Los instrumentos son herramientas clave que permiten la recolección de datos necesarios para responder a las preguntas de investigación y alcanzar los objetivos propuestos. Estos instrumentos pueden ser cualitativos, cuantitativos o mixtos, dependiendo del enfoque adoptado.

En este estudio se emplearon los siguientes instrumentos que se utilizaron en el presente estudio:

- Equipos y herramientas de laboratorio.
- Fichas de recopilación de datos en campo.
- Software.

3.6. Procedimiento de recolección de datos

Son un conjunto de pasos sistemáticos y metodológicos que se siguen para llevar a cabo un estudio de manera rigurosa y ordenada. Según (Hernandez & Baptista, 2014), los procedimientos de investigación pueden variar dependiendo del enfoque metodológico, los objetivos del estudio y la naturaleza del problema de investigación.

En esta investigación se emplearon diversas técnicas acorde a los objetivos planteados, las cuales se organizaron en tres fases: trabajo de campo, análisis en laboratorio y estudio en gabinete. A continuación, se expone de manera detallada cada una de estas fases:

3.3.1. Etapa de campo y recolección de materiales

Los procedimientos iniciales desarrollados durante la fase de campo, esenciales para este estudio, se describen a continuación:

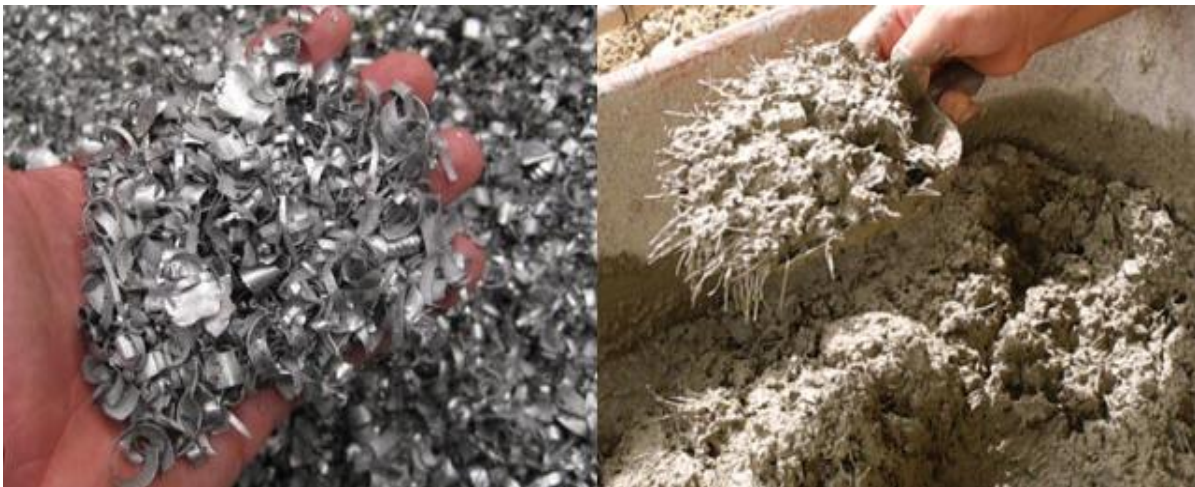
- a) Recogida de las muestras de agregados naturales:** En esta etapa del proceso, los materiales adquiridos en la cantera de Ayaviri se sometieron a una serie de pruebas rigurosas. Se garantizó meticulosamente la calidad y fiabilidad de los resultados

mediante el cumplimiento de las normas y técnicas establecidas. En primer lugar, se seleccionaron cuidadosamente los materiales de la cantera de Ayaviri. Se llevó a cabo una secuencia de evaluaciones específicas para analizar sus características y cualidades fundamentales.

- b) Recolección de la fibra de aluminio reciclada:** La fibra de aluminio reciclado es un material utilizado como aditivo en el concreto para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Se obtiene a partir del reciclaje de aluminio, un proceso que permite reutilizar este metal de forma sostenible. Las fibras de aluminio reciclado se caracterizan por su resistencia y durabilidad, lo que las hace ideales para reforzar el concreto y aumentar su capacidad de carga.

Figura 8

Fibra de aluminio



Nota: La fibra de aluminio reciclado.

- c) Obtención de las fibras metálicas:** Las fibras metálicas son filamentos compuestos por metales puros o aleaciones metálicas que se utilizan en diversas aplicaciones, como refuerzo en materiales compuestos, textiles, medios porosos y más. Estas fibras pueden ser de acero inoxidable, níquel, titanio, cobre, aluminio, entre otros metales, y presentan propiedades como baja resistencia eléctrica, alta resistencia térmica,

resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas ventajosas como alta deformación por falla, ductilidad y resistencia al fuego.

Figura 9

Fibras metálicas



Nota: Las fibras metálicas en el concreto

3.3.2. *Etapa de laboratorio*

En esta fase, se realizaron los ensayos y pruebas previstos para los agregados provenientes de la cantera de Ayaviri, enfocándose en las pruebas de control de calidad.

Los siguientes procesos fueron ejecutados:

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD:

Determina la humedad de la muestra de árido fino o grueso utilizado en la producción de hormigón, que se realiza de acuerdo con la norma ASTM C-566. Los pasos que se indican a continuación describen el proceso general para realizar este ensayo:

Equipos necesarios:

- El horno de secado está diseñado para mantener constantemente una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).



- Recipiente para secado: Generalmente de aluminio o acero inoxidable, limpio y seco.
- Equipo de pesaje: Balanza con una precisión de al menos 0.1% de la masa de la muestra.
- Cucharón: Para manipular la muestra de agregado.
- Espátula: Para remover y distribuir uniformemente el agregado en el recipiente para secado.

Procedimiento:

- Obtener una muestra representativa del agregado a ensayar.
- Mezclar y estandarizar la muestra para garantizar una dispersión homogénea de la humedad.
- Si la muestra contiene partículas de tamaño superior a 3 pulgadas, reducirlas a un tamaño manejable.
- Pesar el recipiente para secado (W1) y anotar el valor.
- Colocar una capa delgada y uniforme de la muestra en el recipiente para secado.
- Distribuir la muestra de manera uniforme en el recipiente.
- Pesar el recipiente con la muestra (W2) y anotar el valor.
- - Colocar el recipiente que contiene la muestra dentro del horno que se ha calentado a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$).
- Deshidratar la muestra en el horno hasta que alcance un peso constante (usualmente durante 24 horas), asegurándose de que no haya cambios de color en la muestra.
- Pesar el recipiente con la muestra enfriada (W3) y anotar el valor.
- Calcular el contenido de humedad utilizando la fórmula:



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

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

La distribución granulométrica de los áridos finos y gruesos se determina mediante el ensayo ASTM C-136. A continuación, se describe el procedimiento de este ensayo:

Equipos necesarios:

- Juego de tamices: Conjunto de tamices de diferentes aberturas de malla, generalmente de 4.75 mm (No. 4), 9.5 mm (3/8"), 19.0 mm (3/4"), 37.5 mm (1 1/2"), 75 mm (3"), y tamiz superior.
- Balanza: Con una precisión de al menos 0.1% de la muestra.
- Recipiente para lavado: Generalmente de aluminio o acero inoxidable, limpio y seco.
- Agitador de tamices: Dispositivo mecánico o manual para agitar los tamices.
- Cepillo: Para limpiar los tamices después del ensayo.

Procedimiento:

- Obtener una muestra representativa del agregado a ensayar.
- Enfriar la muestra a temperatura ambiente antes de realizar el ensayo.
- Colocar el tamiz superior en la parte superior del juego de tamices.
- Verter la muestra de agregado en el tamiz superior.
- Agitar manualmente o mediante un agitador de tamices durante un tiempo especificado para asegurar que el agregado pase a través del tamiz superior.
- Retirar cada tamiz del juego y pesar la masa de agregado retenida en cada uno.
- Anotar los pesos de las fracciones retenidas en cada tamiz.

Figura 10*Análisis granulométrico***✚ DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE FINEZA:**

Se determina el módulo de fineza según la norma ASTM C-125, es un método utilizado para caracterizar el tamaño de agregado fino en una muestra.

Equipos necesarios:

- Juego de tamices: Conjunto de tamices con aberturas de malla de tamaño conocido.
- Balanza: Con una precisión de al menos 0.1% de la masa de la muestra.
- Recipiente para lavado: Generalmente de aluminio o acero inoxidable, limpio y seco.
- Agitador de tamices: Dispositivo mecánico o manual para agitar los tamices.
- Cepillo: Para limpiar los tamices después del ensayo.

Procedimiento:

- Obtener una muestra representativa del agregado fino a ensayar:



- Pesarse una cantidad adecuada de muestra seca y colocarla en el tamiz superior del juego de tamices.
- Agitar manualmente o mediante un agitador de tamices durante un tiempo especificado para separar las partículas según su tamaño.
- Pesaremos después de tamizar cada muestra, de acuerdo a la serie de tamices establecida.
- Calcular el porcentaje retenido acumulado en cada tamiz.
- Calcular el porcentaje acumulado que pasa a través de cada tamiz.
- Calcular el módulo de fineza utilizando la fórmula:

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

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO:

El procedimiento para hallar el peso específico y la absorción del agregado grueso según la MTC E-206-2016 y la NPT 400.021 (Norma Técnica Peruana) es esencialmente el mismo y sigue las pautas generales establecidas por la ASTM C127 y la ASTM C128. A continuación, se detalla el procedimiento:

Procedimiento:

1. Preparación de la muestra:

- Obtener una muestra representativa del agregado grueso a ensayar.
- Asegúrese de que la muestra se enfría hasta la temperatura ambiente antes de realizar la prueba.

2. Determinación del peso específico:

- Pesarse el recipiente para secado (W_1) y anotar el valor.
- Colocar una capa delgada y uniforme de la muestra en el recipiente para secado.
- Distribuir la muestra de manera uniforme en el recipiente.
- Pesarse el recipiente con la muestra (W_2) y anotar el valor.

- Calcular el peso específico (PES) utilizando la fórmula:

$$PES = \frac{W2 - W1}{V}$$

3. Determinación de la absorción:

- Retirar la muestra del agua y secar la superficie exterior con un paño limpio y seco.
- Pesar el recipiente con la muestra saturada y anotar el valor.
- Calcular la absorción (ABS) utilizando la fórmula:

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

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO:

El procedimiento para evaluar la gravedad específica y la absorción del árido grueso, tal como se describe en MTC E-205-2016, se asemeja mucho al detallado en ASTM C127. Aquí se detalla el procedimiento combinado para determinar ambos parámetros:

Procedimiento:

- Asegúrese de que la muestra se enfría hasta la temperatura ambiente antes de realizar la prueba.
- Pesar el recipiente para secado y anotar el valor.
- Colocar una capa delgada y uniforme de la muestra en el recipiente para secado.
- Distribuir la muestra de manera uniforme en el recipiente.
- Pesar el recipiente con la muestra y anotar el valor.
- Sumergir la muestra completamente en agua a temperatura ambiente durante un tiempo determinado, a menudo 24 horas.

- Sacar la muestra del agua y secar la superficie exterior con un paño limpio y seco.
- Pesarse el recipiente con la muestra sumergida y anotar el valor.
- Calcular la gravedad específica y la absorción con la siguiente fórmula:

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

✚ DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO:

El procedimiento para determinar el peso unitario suelto del suelo según la norma MTC E-203-2016 es esencialmente similar al método descrito en la norma ASTM D698. Aquí se detalla el procedimiento general:

Procedimiento:

- Obtener una muestra representativa del suelo en estudio.
- Secar la muestra si es necesario para obtener una humedad de campo adecuada.
- Tamizar la muestra para eliminar agregados gruesos que puedan interferir con la compactación.
- Colocar una capa delgada y uniforme de suelo en el cilindro de compactación.
- Compactar la capa de suelo utilizando el equipo de compactación estándar. Se recomienda realizar un número específico de capas y pasadas de compactación, dependiendo de las especificaciones de la norma.
- Pesarse el cilindro vacío y anotar el valor.
- Colocar el cilindro compactado sobre la balanza y pesarse el conjunto.
- Calcular el peso unitario suelto con la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Unitario} = \frac{\text{Peso Unitario Húmedo}}{1 + \left(\frac{W}{100}\right)}$$

✚ DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO COMPACTADO.

Para determinar el peso unitario compactado del suelo según la norma MTC E-203-2016 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) es similar al método descrito en la norma ASTM D698. Aquí se detalla el procedimiento general:

Procedimiento:

- Secar la muestra si es necesario para obtener una humedad de campo adecuada.
- Tamizar la muestra para eliminar agregados gruesos que puedan interferir con la compactación.
- Colocar una capa delgada y uniforme de suelo en el cilindro de compactación.
- Compactar la capa de suelo utilizando el equipo de compactación estándar. Se recomienda realizar un número específico de capas y pasadas de compactación, dependiendo de las especificaciones de la norma.
- Pesar el cilindro vacío y anotar el valor.
- Colocar el cilindro compactado sobre la balanza y pesar el conjunto.
- Determine el peso unitario comprimido mediante la siguiente fórmula:

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

✚ DISEÑO DE MEZCLAS:

El proceso de diseño según la norma ACI 211 implica una serie de pasos detallados para lograr las propiedades deseadas en el concreto. Aquí se presenta un resumen general del proceso:

1. Requerimiento del diseño:



- Determinar las propiedades del concreto requeridas para la aplicación específica.
2. Selección de los materiales:
 - Seleccionar los materiales constituyentes del concreto, incluye cemento, agregados, agua, aditivos y adiciones.
 - Considerar las propiedades y disponibilidad local de los materiales.
 3. Propiedades de los materiales:
 - Obtener los datos de los materiales como resistencia del cemento, densidad de los agregados, contenido de humedad, etc.
 4. Cálculo de la relación agua-cemento:
 - Seleccionar una relación agua-cemento adecuada para las condiciones de exposición y requerimientos de resistencia del concreto.
 - Considerar factores como la resistencia, durabilidad y trabajabilidad.
 5. Cálculo de la relación agua- materiales cemento:
 - Ajustar la relación agua-material cementante para tener en cuenta la presencia de adiciones y aditivos.
 - Considerar el contenido de material cementante total en la mezcla.
 6. Proporciones de los agregados:
 - Determinar las proporciones relativas de agregados gruesos y finos para lograr la densidad y trabajabilidad deseadas.
 - Considerar la gradación de los agregados y su influencia en la resistencia y la durabilidad.
 7. Diseño de la mezcla:
 - Calcular las cantidades de cemento, agregados y agua necesarias para producir una cantidad específica de concreto.
 - Modificar las proporciones para cumplir los criterios necesarios de resistencia, trabajabilidad y durabilidad.

8. Ensayos de mezclas:

- Preparar muestras de concreto de acuerdo con las proporciones calculadas.
- Realizar ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades del concreto.
- Modifique la combinación según sea necesario en función de los resultados de la prueba.

✚ ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA:

El asentamiento de la mezcla, también conocido como asentamiento del concreto fresco, se refiere a la medida del concreto para fluir y deformarse bajo su propio peso o bajo la acción de la vibración.

Tabla 4

Asentamiento de la mezcla

Resistencia del concreto F'c (kg/cm ²)	Agua/cemento A/C	Asentamiento Slump (pulg)	Tamaño del agregado (pulg)	Dosificación en volumen C/A/P
140	0.61	4	3/4	1: 2.5 :3.5
175	0.51	3	1/2	1: 2.5 :2.5
210	0.45	3	1/2	1: 2.0 :2.0
245	0.38	3	1/2	1: 1.5 :1.5
280	0.38	3	1/2	1: 1.1 :1.5

Figura 11

Asentamiento del concreto





RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

La NTP 339.183 describe los pasos específicos para realizar el ensayo de resistencia. En seguida se presenta un resumen del procedimiento según esta norma:

Procedimiento:

- Seleccionar muestras representativas de concreto de la estructura o del lote.
- Preparar cilindros de concreto estándar de acuerdo con las dimensiones especificadas en la norma, generalmente cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.
- Colocar las muestras en un ambiente de curado adecuado según lo prescrito por la norma, por lo general, en una habitación con temperatura y humedad controladas, o en agua saturada.
- Verificar que la máquina de ensayo esté correctamente calibrada y cumpla con las especificaciones de la norma.
- Asegurar que los dispositivos de sujeción sean adecuados para sujetar los cilindros durante el ensayo.
- Colocar el cilindro de concreto en la máquina de ensayo de compresión de manera que se aplique de manera axial y uniforme.
- Aplicar una carga axial gradual y prescrita por la norma, generalmente en un rango entre 20 y 50 psi (0.14 a 0.35 MPa) por segundo.

Figura 12

Resistencia a compresión



✚ RESISTENCIA A LA FLEXIÓN:

El ensayo de resistencia, a veces denominado ensayo de flexión en tres puntos, es un método empleado para evaluar la capacidad de un material para soportar fuerzas externas cuando se somete a una disposición de flexión. Este ensayo es comúnmente utilizado para evaluar la resistencia y la rigidez de materiales como el concreto, la madera, el metal, entre otros.

Procedimiento:

- Seleccionar muestras representativas del material que se va a probar. Por ejemplo, si se trata de concreto, se pueden preparar viguetas o barras de sección rectangular.
- Calibrar el aparato de ensayo de acuerdo con las normas estándar pertinentes.

- Colocar la muestra de manera que esté soportada en dos puntos equidistantes y aplicar la carga en el centro de la muestra.
- Aplicar una carga de manera gradual y uniforme en el centro de la muestra hasta que ocurra la fractura.
- La velocidad de aplicación de la carga y el rango de carga pueden variar dependiendo del estándar específico y del material que se esté probando.
- Registrar la carga aplicada y el desplazamiento de la muestra durante el ensayo.
- La carga máxima alcanzada antes de la fractura se utiliza para determinar la resistencia a la flexión del material.

Figura 13

Resistencia a flexión



3.3.3. Etapa de gabinete

En esta etapa se llevó a cabo el análisis profundo y detallado de los resultados obtenidos en las fases de campo y laboratorio. Esta etapa fue clave, ya que permitió la interpretación minuciosa de los datos, identificando patrones, tendencias y posibles correlaciones entre las distintas variables estudiadas. El análisis no solo se centró en



corroborar los resultados obtenidos en el campo, sino también en realizar comparaciones con estudios previos y establecer proyecciones con base en los hallazgos encontrados. Como resultado de este análisis, se derivaron conclusiones y recomendaciones que serán fundamentales para la toma de decisiones en etapas posteriores del proyecto. Los procesos y resultados de esta interpretación se detallan a continuación, destacando su importancia en el éxito y desarrollo del estudio en su conjunto:

- a) **Análisis de resultados de laboratorio.** Durante esta fase, se llevaron a cabo el cálculo de los datos obtenidos en el laboratorio. Estos resultados fueron procesados utilizando programas especializados, a través de los cuales se generaron tablas y gráficos para facilitar su comprensión.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos

Los resultados de las pruebas realizadas con los áridos finos y gruesos adquiridos en la cantera de Ayaviri se presentan detalladamente en los cuadros adjuntos.

a) Ensayo de análisis granulométrico:

Tabla 5

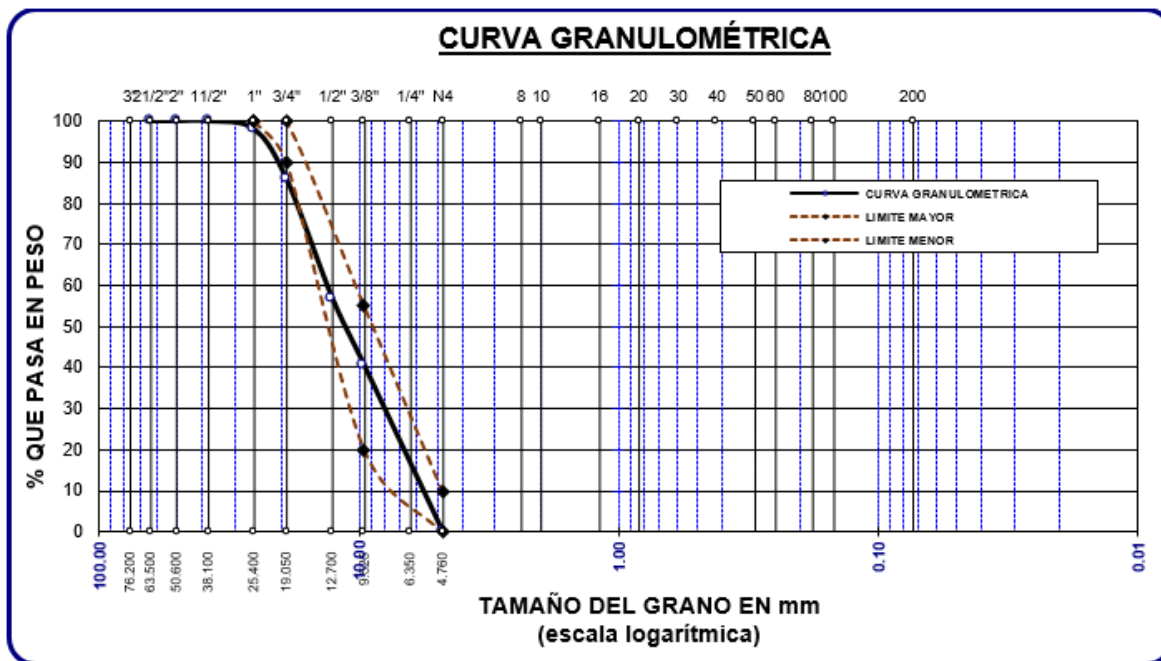
Granulometría del agregado grueso

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3"	76.200					
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	25.400	68.00	1.94	1.94	98.06	100%
3/4"	19.050	423.00	12.09	14.03	85.97	90 - 100%
1/2"	12.700	1014.00	28.97	43.00	57.00	-
3/8"	9.525	583.00	16.66	59.66	40.34	20 - 55 %
1/4"	6.350	-	-	-	-	-
No4	4.760	1402.00	40.06	99.71	0.29	0 - 10 %
Base		0.00	0.00	99.70	0.30	
Total		3500.00	100.00			
% Perdida		0.00				

Nota: Tomado de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 14

Granulometría del agregado grueso



La figura 14, presenta la gradación del material, en la que se observa una gradación uniforme que se encuentra dentro de los límites establecidos para materiales finos, salvo en el tamiz 1", donde el material pasa fuera del rango especificado.

Tabla 6

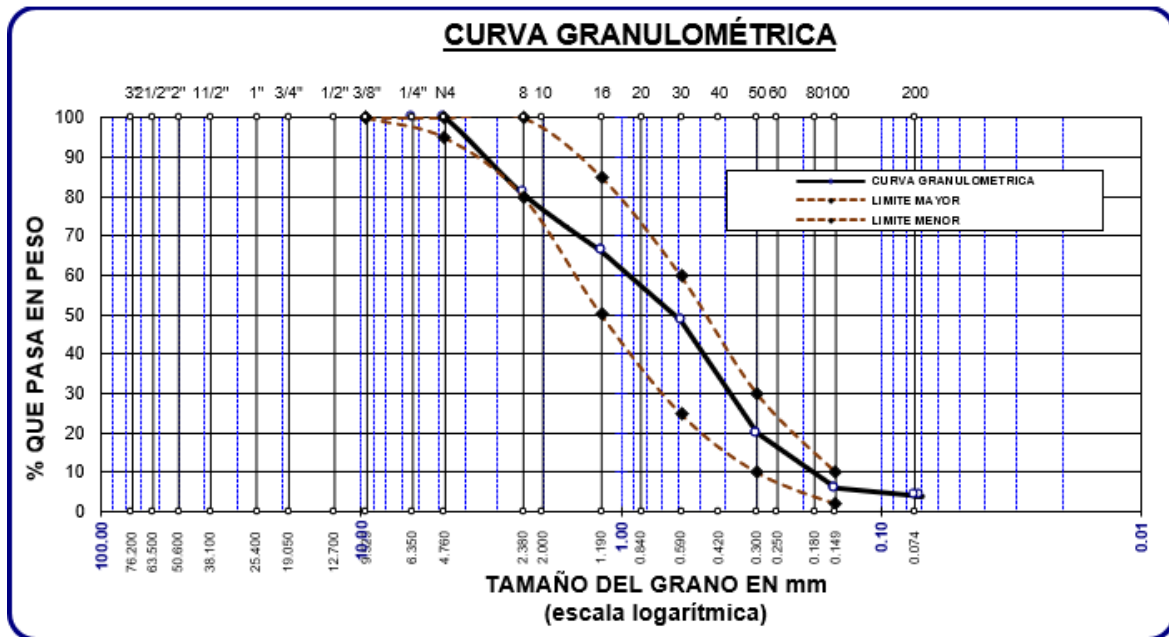
Granulometría del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100%
No8	2.380	96.52	19.30	19.30	80.70	80 - 100%
No10	2.000					
No16	1.190	72.85	14.57	33.87	66.13	50 - 85%
No20	0.840					
No30	0.590	87.74	17.55	51.42	48.58	25 - 60%
No40	0.420					
No 50	0.300	143.15	28.63	80.05	19.95	10 - 30%
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	69.91	13.98	94.03	5.97	2 - 10%
No200	0.074	10.46	2.09	96.13	3.87	
Base		19.37	3.87	100.00	0.00	
Total		500.00	100.00			
% Perdida		3.87				

Nota: Tomado de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 15

Granulometría del agregado fino



La figura 15, presenta que la gradación del agregado fino adecuadamente a los límites especificados. La distribución se encuentra dentro de los rangos establecidos, lo que indica una gradación uniforme y consistente del material.

b) Módulo de fineza:

$$MF = \frac{\sum \% AR}{100}$$

$$MF = 2.79$$

c) Contenido de humedad:

Tabla 7

Contenido de humedad de los agregados

Muestra: agregados	Agregado fino	Agregado grueso
Peso de la muestra húmeda + tarro (gr.)	305.41	440.67
Peso de la muestra seca + tarro (gr.)	292.82	428.05
Peso del tarro (gr.)	52.14	58.92
Peso de la muestra húmeda (gr.)	253.27	381.75
Peso de la muestra seco (gr.)	240.68	368.13
Peso del agua (gr.)	12.59	12.62
% humedad	5.23	3.42

Nota: Adaptado de la evaluación en laboratorio

La tabla 7, muestra los niveles de humedad presentes en los agregados naturales obtenidos de la cantera Ayaviri. En esta medición, se observó que el agregado fino alcanzó una humedad de 5.23%, de igual manera el agregado grueso con un valor de 3.42%.

d) Ensayo peso específico de agregados:

Los resultados del ensayo realizado para determinar el peso específico y la capacidad de absorción de la arena y grava provenientes de la cantera Ayaviri son presentados a continuación:

Tabla 8

Peso específico y absorción de agregados de cantera Isla

Peso específico y absorción		
	Peso específico (gr/cm³)	Absorción (%)
Arena	2.73	2.88
Grava	2.55	1.79

Nota: Adaptado de la evaluación en laboratorio

e) Ensayo de pesos unitarios:

Tabla 9

Pesos unitarios de los agregados

Pesos unitarios de los agregados		
	Suelto (gr/cm³)	Varillado (gr/cm³)
Ag. fino	1.578	1.672
Ag. grueso	1.455	1.561

Nota: Tomado de la evaluación realizada en laboratorio

La tabla 9, muestra los pesos unitarios de los agregados, tanto en su estado suelto y varillado, donde los porcentajes más altos se dan el varillado.

4.1.1. Resultados sobre la influencia de la adición de la fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el asentamiento de la mezcla fresca.

4.1.1.1. Medición del asentamiento (ASTM C-143)

El asentamiento indica la capacidad del concreto para deformarse bajo su propio peso, reflejando su trabajabilidad. Un mayor asentamiento sugiere una mezcla más fluida, mientras que un asentamiento menor indica una mezcla más seca y menos trabajable. Este parámetro es crucial para asegurar que el concreto sea adecuado para su colocación y para evitar problemas como segregación o falta de cohesión en la mezcla.

A continuación, Se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 10

Asentamiento del concreto patrón + fibra de aluminio reciclada

Descripción	Medida de asentamiento con Cono de Abrams		Consistencia	Trabajabilidad
	Asentamiento			
	In	cm		
Concreto Patrón	3.50	8.89	Plástica	Trabajable
CP + 2.5% FA	4.00	10.16	Plástica	Trabajable
CP + 4.5% FA	3.80	9.65	Plástica	Trabajable
CP + 6.5% FA	3.60	9.14	Plástica	Trabajable

Nota: Elaborado por el tesista

La Tabla 10, muestra los valores de asentamiento tanto para el CP como para las mezclas que incorporan fibras de aluminio en porcentajes de 2.5%, 4.5% y 6.5%. Los resultados obtenidos en cada caso fueron de 4.00", 3.80" y 3.60", respectivamente. Esto sugiere que el asentamiento del concreto tiende a disminuir conforme se incrementa la cantidad de fibras de aluminio, lo que indica que la mezcla adquiere mayor estabilidad al aumentar el contenido de FA.

Tabla 11*Asentamiento del concreto patrón + fibras metálicas*

Descripción	Medida de asentamiento con Cono de Abrams		Consistencia	Trabajabilidad
	Asentamiento			
	In	cm		
Concreto Patrón	3.50	8.89	Plástica	Trabajable
CP + 3% FM	4.50	11.43	Fluida	Muy trabajable
CP + 5% FM	5.50	13.97	Fluida	Muy trabajable
CP + 7% FM	5.80	14.73	Fluida	Muy trabajable

Nota: Elaborado por el tesista

La Tabla 11, presenta los asentamientos para el CP y de las mezclas con adiciones de fibras metálicas en proporciones de 3%, 5%, y 7%, obteniendo valores de 4.50", 5.50", y 5.80" respectivamente. los resultados demuestran que el asentamiento sube a medida que se aumenta la cantidad de fibras metálicas, lo que sugiere que el concreto se hace más estable con un mayor contenido de FM.

4.1.2. Resultados sobre la incorporación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a compresión del concreto

4.1.2.1. Resistencia a compresión del Concreto Patrón Convencional – 7 días

Tabla 12

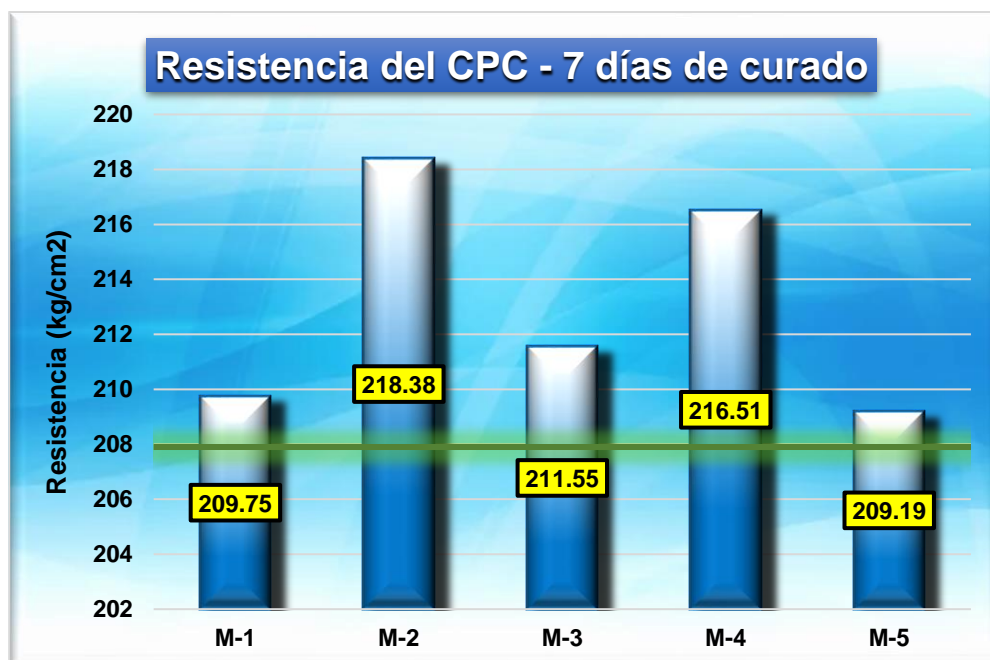
Resistencia del CPC

Resistencia a compresión CPC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	142.55		4.43
M-2	139.93		2.51
M-3	141.29	136.50	3.51
M-4	136.94		0.32
M-5	136.17		-0.24
\bar{X}	139.38	-	2.11

La tabla 12, muestra la resistencia del CPC, destacando las resistencias superan el 65% tras 7 días de curado, habiendo una variación media del 2.11%.

Figura 16

Variación del CPC – 7 días de curado



La figura 16, muestra cómo varía la resistencia del CPC, con una media de 139.38 kg/cm², superando el 65% del diseño a los 7 días de curado, cuyo valor es de 136.50 kg/cm².

4.1.2.2. Resistencia a compresión del concreto patrón convencional – 14 días

Tabla 13

Resistencia del CPC

Resistencia a compresión CPC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	188.10		0.64
M-2	193.17		3.35
M-3	191.44	186.90	2.43
M-4	186.56		-0.18
M-5	193.03		3.28
\bar{X}	190.46	-	1.90

La tabla 13, muestra cómo varía la resistencia del CPC, destacando las resistencias superan el 90% tras 14 días de curado, habiendo una variación media del 1.90%.

Figura 17

Variación del CPC – 14 días de curado



La figura 17, muestra cómo varía la resistencia del CPC, con un promedio de 190.46 kg/cm², superando el 90% del diseño a los 14 días de curado, cuyo valor es de 186.90 kg/cm².

4.1.2.3. Resistencia a compresión del concreto patrón convencional – 28 días

Tabla 14

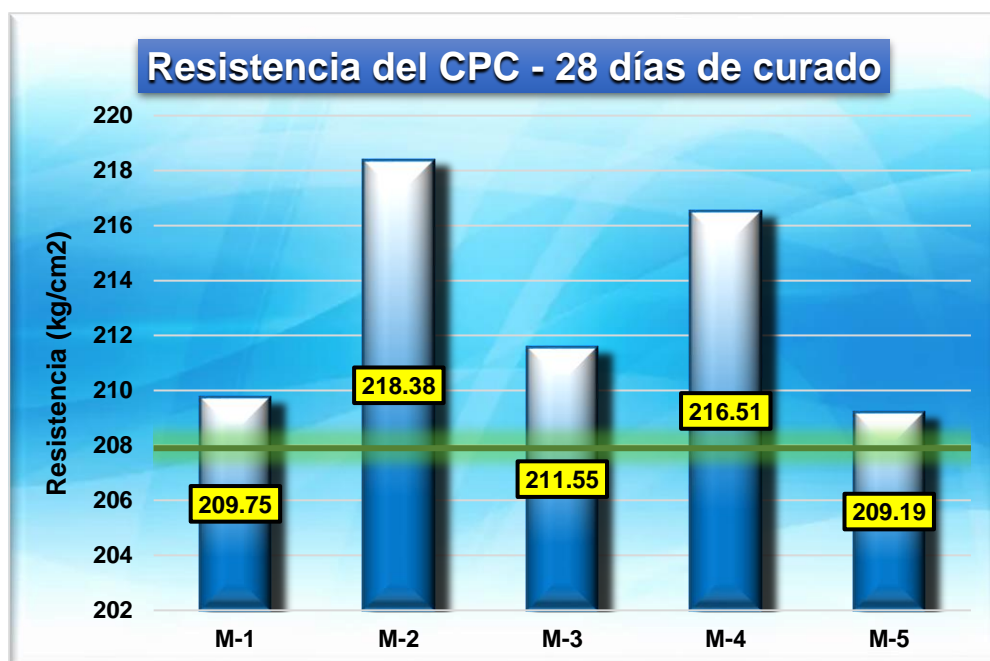
Resistencia del CPC

Resistencia a compresión CPC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	209.75		0.89
M-2	218.38		5.04
M-3	211.55	207.90	1.76
M-4	216.51		4.14
M-5	209.19		0.62
\bar{X}	213.08	-	2.49

La tabla 14, muestra cómo varía la resistencia del CPC, destacando las resistencias superan el 99% tras 28 días de curado, habiendo una variación media del 2.49%.

Figura 18

Variación del CPC – 28 días de curado



La figura 18, muestra cómo varía la resistencia del CPC, con un promedio de 213.08 kg/cm², superando el 99% del diseño a los 28 días de curado, cuyo valor es de 207.90 kg/cm².

4.1.2.4. Resistencia a compresión del CPC + 2.5% FA a 7 días

Tabla 15

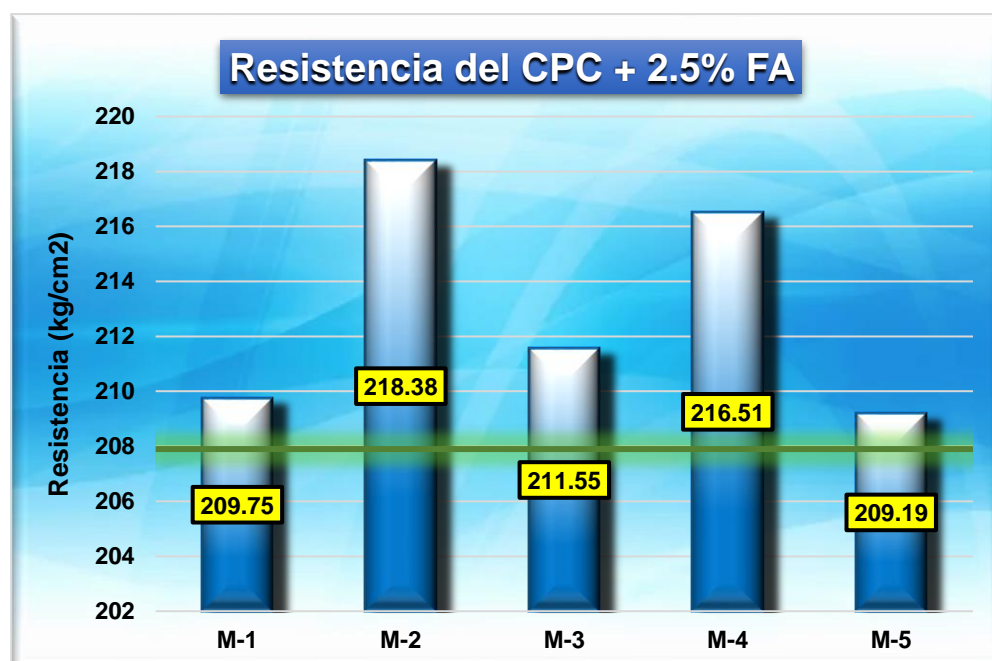
Resistencia del CPC + 2.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 2.5% FA – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	138.81		1.69
M-2	136.57		0.05
M-3	140.49	136.50	2.92
M-4	133.10		-2.49
M-5	133.87		-1.93
\bar{X}	136.57	-	0.05

La tabla 15, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 2.5% FA, alcanzó una resistencia superior al 65% tras 7 días de curado, con una variación media del 0.05%.

Figura 19

Variación del CPC + 2.5% FA a 7 días



La figura 19, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 2.5% FA, alcanzando una resistencia de 136.57 kg/cm², superando el 65% del diseño tras los 7 días.

4.1.2.5. Resistencia a compresión de CPC + 2.5% FA a 14 Días

Tabla 16

Resistencia del CPC + 2.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 2.5% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	183.74		-1.69
M-2	190.14		1.73
M-3	188.38	186.90	0.79
M-4	187.39		0.26
M-5	192.16		2.81
\bar{X}	188.36	-	0.78

La tabla 16, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 2.5% FA, alcanzó una resistencia superior al 90% tras 14 días de curado, con una variación media del 0.78%.

Figura 20

Variación del CPC + 2.5% FA a 14 días



La figura 20, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 2.5% FA, alcanzando una resistencia de 188.36 kg/cm², superando el 90% del diseño tras los 14 días.

4.1.2.6. Resistencia a compresión de CPC + 2.5% FA a 28 Días

Tabla 17

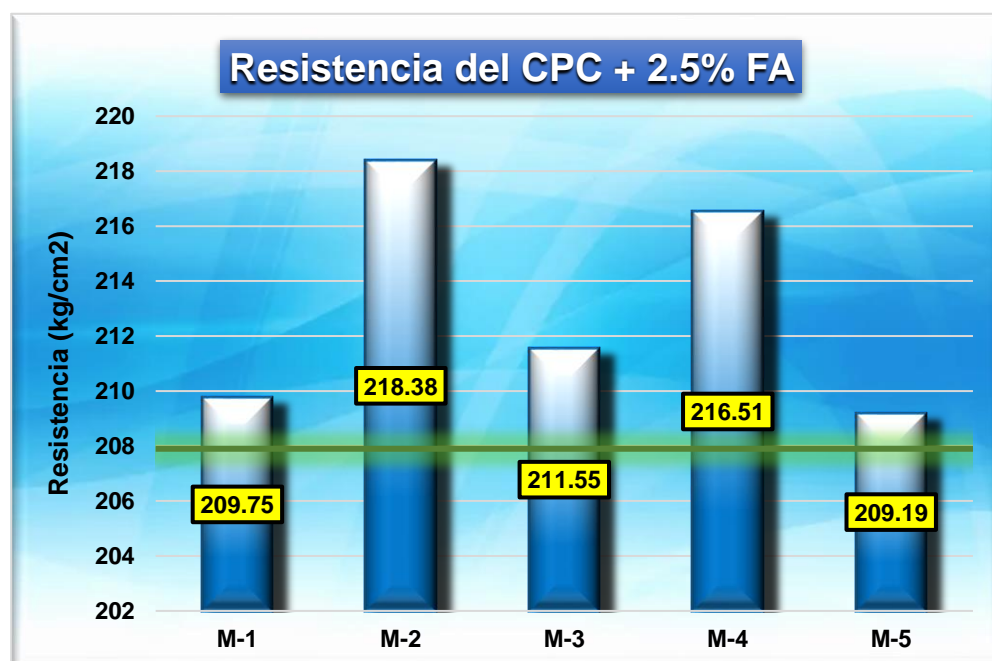
Resistencia del CPC + 2.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 2.5% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	222.78		7.16
M-2	226.20		8.80
M-3	216.32	207.90	4.05
M-4	221.12		6.36
M-5	224.23		7.85
\bar{X}	222.13	-	6.84

La tabla 17, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 2.5% FA, alcanzó una resistencia superior al 99% tras 28 días de curado, con una variación media del 6.84%.

Figura 21

Variación del CPC + 2.5% FA a 28 días



La figura 21, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 2.5% FA, alcanzando una resistencia de 222.13 kg/cm², superando el 99% del diseño tras los 28 días.

4.1.2.7. Resistencia a compresión de CPC + 4.5% FA a 7 Días

Tabla 18

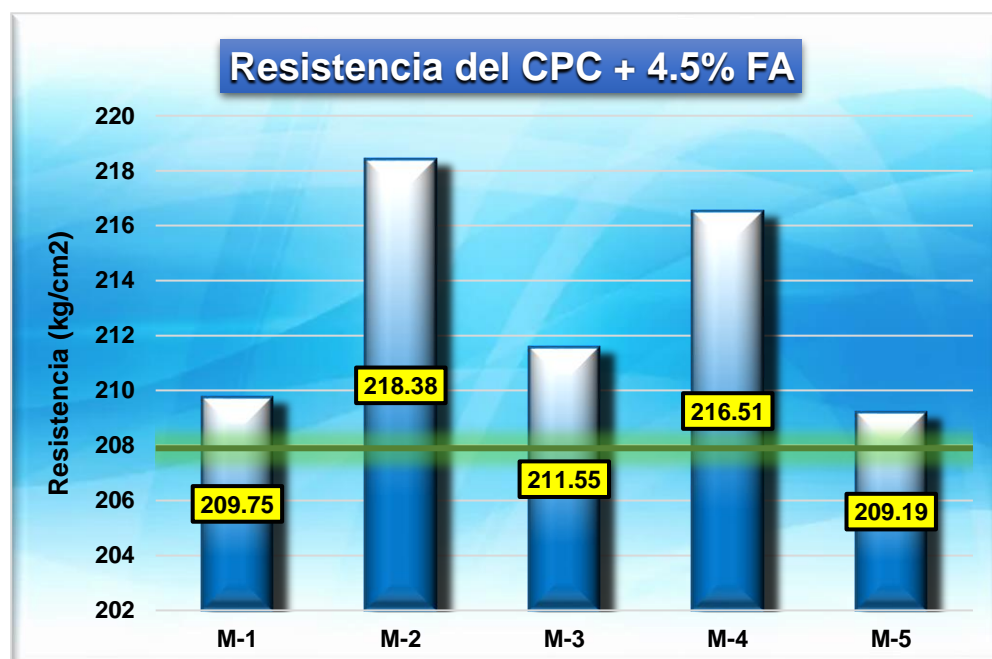
Resistencia del CPC + 4.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 4.5% FA – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	132.42		-2.99
M-2	138.24		1.27
M-3	129.62	136.50	-5.04
M-4	127.93		-6.28
M-5	134.22		-1.67
\bar{X}	132.49	-	-2.94

La tabla 18, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 4.5% FA, alcanzó una resistencia inferior al 65% tras 7 días de curado, con una variación negativa del 2.94%.

Figura 22

Variación del CPC + 4.5% FA a 7 días



La figura 22, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 4.5% FA, alcanzando una resistencia de 132.49 kg/cm², disminuyendo en referencial al 65% del diseño tras los 7 días.

4.1.2.8. Resistencia a compresión de CPC + 4.5% FA a 14 Días

Tabla 19

Resistencia del CPC + 4.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 4.5% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	185.62		-0.68
M-2	196.46		5.12
M-3	186.59	186.90	-0.17
M-4	196.01		4.87
M-5	192.93		3.23
\bar{X}	191.52	-	2.47

La tabla 19, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 4.5% FA, alcanzó una resistencia superior al 90% tras 14 días de curado, con una variación media del 2.47%.

Figura 23

Variación del CPC + 4.5% FA a 14 días



La figura 23, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 4.5% FA, alcanzando una resistencia de 191.52 kg/cm², superando el 90% del diseño tras los 14 días.

4.1.2.9. Resistencia a compresión de CPC + 4.5% FA a 28 Días

Tabla 20

Resistencia del CPC + 4.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 4.5% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	228.14		9.74
M-2	222.95		7.24
M-3	223.12	207.90	7.32
M-4	221.23		6.41
M-5	225.29		8.36
\bar{X}	224.15	-	7.81

La tabla 20, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 4.5% FA, alcanzó una resistencia superior al 4.5% tras 28 días de curado, con una variación media del 7.81%.

Figura 24

Variación de CPC + 4.5% FA a 28 días



La figura 24, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 4.5% FA, alcanzando una resistencia de 224.15 kg/cm², superando el 99% del diseño tras los 28 días.

4.1.2.10. Resistencia a compresión de CPC + 6.5% FA a 7 Días

Tabla 21

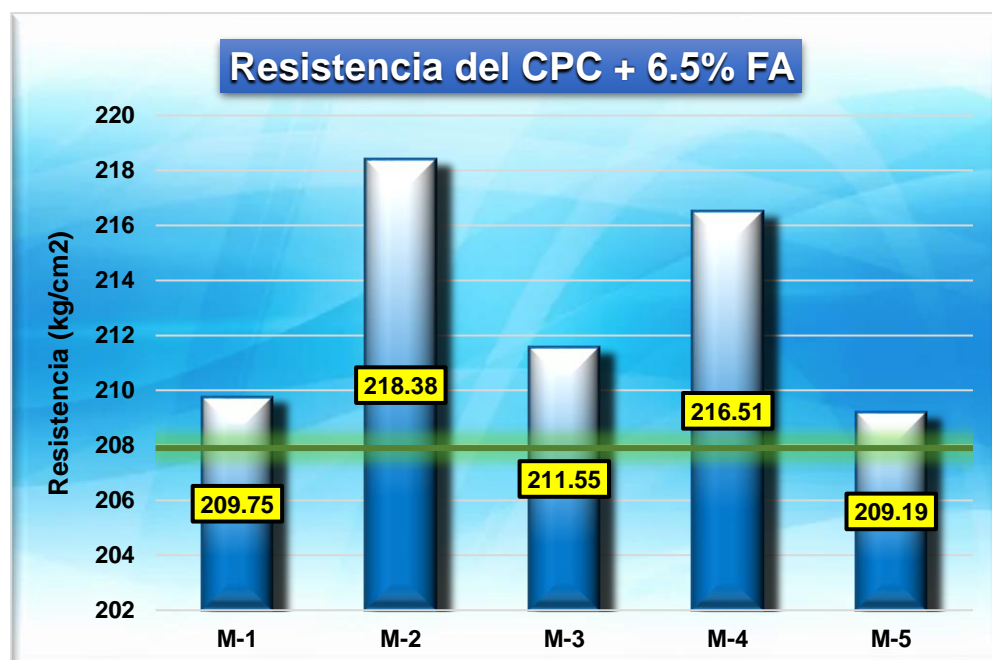
Resistencia del CPC + 6.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 6.5% FA – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	127.08		-6.90
M-2	137.72		0.89
M-3	136.16	136.50	-0.25
M-4	129.34		-5.25
M-5	137.38		0.64
\bar{X}	133.54	-	-2.17

La tabla 21, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 6.5% FA, alcanzó una resistencia inferior al 65% tras 7 días de curado, con una variación negativa del 2.17%.

Figura 25

Variación del CPC + 6.5% FA a 7 días



La figura 25, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 6.5% FA, alcanzando una resistencia de 133.54 kg/cm², disminuyendo en referencia al 65% del diseño tras los 7 días.

4.1.2.11. Resistencia a compresión de CPC + 6.5% FA a 14 Días

Tabla 22

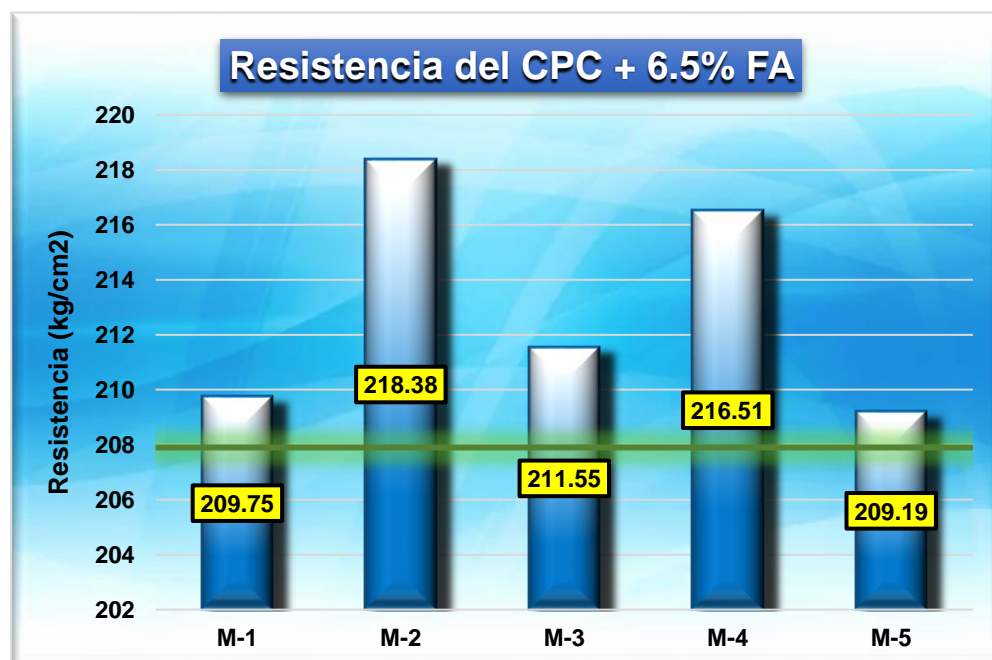
Resistencia del CPC + 6.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 6.5% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	195.87		4.80
M-2	193.65		3.61
M-3	192.29	186.90	2.88
M-4	194.51		4.07
M-5	197.75		5.81
\bar{X}	194.81	-	4.23

La tabla 22, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 6.5% FA, alcanzó una resistencia superior al 90% tras 14 días de curado, con una variación media del 4.23%.

Figura 26

Variación del CPC + 6.5% FA a 14 días



La figura 26, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 6.5% FA, alcanzando una resistencia de 194.81 kg/cm², superando el 90% del diseño tras los 14 días.

4.1.2.12. Resistencia a compresión de CPC + 6.5% FA a 28 Días

Tabla 23

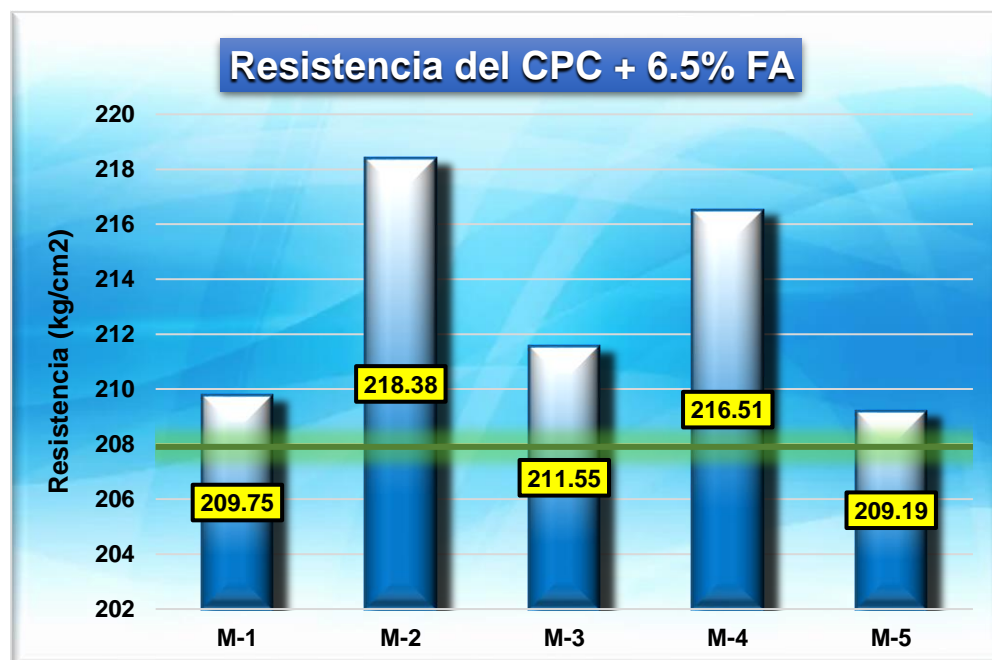
Resistencia del CPC + 6.5% FA

Resistencia a compresión CPC + 6.5% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	228.98		10.14
M-2	223.87		7.68
M-3	232.69	207.90	11.92
M-4	235.87		13.45
M-5	218.44		5.07
\bar{X}	227.97	-	9.65

La tabla 23, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 6.5% FA, alcanzó una resistencia superior al 99% tras 28 días de curado, con una variación media del 9.65%.

Figura 27

Variación del CPC + 6.5% FA a 28 días



La figura 27, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 6.5% FA, alcanzando una resistencia de 227.97 kg/cm², superando el 99% del diseño tras los 28 días.

4.1.2.13. Resistencia a compresión de CPC + 3% FM a 7 Días

Tabla 24

Resistencia del CPC + 3% FM

Resistencia a la compresión CPC + 3% FM – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	144.03		5.21
M-2	139.07		1.59
M-3	136.25	136.50	-0.47
M-4	135.39		-1.10
M-5	137.54		0.47
\bar{X}	138.46	-	1.14

La tabla 24, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 3% FM, alcanzó una resistencia superior al 65% tras 7 días de curado, con una variación media del 1.14%.

Figura 28

Variación del CPC +3% FM a 7 días



La figura 28, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 3% FM, alcanzando una resistencia de 138.46 kg/cm², superando el 65% del diseño tras los 7 días.

4.1.2.14. Resistencia a compresión de CPC + 3% FM a 14 Días

Tabla 25

Resistencia del CPC + 3% FM

Resistencia a compresión CPC + 3% FM – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	193.45		3.50
M-2	192.02		2.74
M-3	194.27	186.90	3.94
M-4	193.64		3.61
M-5	195.71		4.71
\bar{X}	193.82	-	3.70

La tabla 25, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 3% FM, alcanzó una resistencia superior al 90% tras 14 días de curado, con una variación media del 3.70%.

Figura 29

Variación del CPC + 3% FM a 14 días



La figura 29, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 3% FM, alcanzando una resistencia de 193.82 kg/cm², superando el 90% del diseño tras los 14 días.

4.1.2.15. Resistencia a compresión de CPC + 3% FM a 28 Días

Tabla 26

Resistencia del CPC + 3% FM

Resistencia a compresión CPC + 3 FM – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	220.47		6.05
M-2	217.30		4.52
M-3	215.74	207.90	3.77
M-4	213.68		2.78
M-5	209.11		0.58
\bar{X}	215.26	-	3.54

La tabla 26, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 3% FM, alcanzó una resistencia superior al 99% tras 28 días de curado, con una variación media del 1.14%.

Figura 30

Variación del CPC + 3% FM a 28 días



La figura 30, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 3% FM, alcanzando una resistencia de 215.26 kg/cm², superando el 99% del diseño tras los 28 días.

4.1.2.16. Resistencia a compresión de CPC + 5% FM a 7 Días

Tabla 27

Resistencia del CPC + 5% FM

Resistencia a compresión CPC + 5% FM – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	135.21		-0.95
M-2	146.76		7.52
M-3	138.58	136.50	1.52
M-4	145.03		6.25
M-5	141.50		3.66
\bar{X}	141.42	-	3.60

La tabla 27, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 5% FM, alcanzó una resistencia superior al 65% tras 7 días de curado, con una variación media del 3.60%.

Figura 31

Variación del CPC + 5% FM a 7 días



La figura 31, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 5% FM, alcanzando una resistencia de 141.42 kg/cm², superando el 65% del diseño tras los 7 días.

4.1.2.17. Resistencia a compresión de CPC + 5% FM a 14 Días

Tabla 28

Resistencia del CPC + 5% FM

Resistencia a compresión CPC + 5% FM – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	195.30		4.49
M-2	192.05		2.76
M-3	193.42	186.90	3.49
M-4	189.86		1.58
M-5	193.54		3.55
\bar{X}	192.83	-	3.17

La tabla 28, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 5% FM, alcanzó una resistencia superior al 90% tras 14 días de curado, con una variación media del 3.17%.

Figura 32

Variación del CPC + 5% FM a 14 días



La figura 32, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 5% FM, alcanzando una resistencia de 192.83 kg/cm², superando el 90% del diseño tras los 14 días.

4.1.2.18. Resistencia a compresión de CPC + 5% FM a 28 Días

Tabla 29

Resistencia del CPC + 5% FM

Resistencia a compresión CPC + 5% FM – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	213.35		2.62
M-2	220.52		6.07
M-3	218.19	207.90	4.95
M-4	216.19		3.99
M-5	221.16		6.38
\bar{X}	217.88	-	4.80

La tabla 29, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 5% FM, alcanzó una resistencia superior al 99% tras 28 días de curado, con una variación media del 4.80%.

Figura 33

Variación del CPC + 5% FM a 28 días



La figura 33, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 5% FM, alcanzando una resistencia de 2.17 kg/cm², superando el 99% del diseño tras los 28 días.

4.1.2.19. Resistencia a compresión de CPC + 7% FM a 7 Días

Tabla 30

Resistencia del CPC + 7% FM

Resistencia a compresión CPC + 7% FV – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	158.20		15.90
M-2	158.11		15.83
M-3	159.64	136.50	16.95
M-4	153.28		12.29
M-5	149.48		9.51
\bar{X}	155.74	-	14.10

La tabla 30, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 7% FM, alcanzó una resistencia superior al 65% tras 7 días de curado, con una variación media del 14.10%.

Figura 34

Variación del CPC + 7% FM a 7 días



La figura 34, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 7% FM, alcanzando una resistencia de 155.74 kg/cm², superando el 65% del diseño tras los 7 días.

4.1.2.20. Resistencia a compresión de CPC + 7% FM a 14 Días

Tabla 31

Resistencia del CPC + 7% FM

Resistencia a compresión CPC + 7% FM – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	199.88		6.94
M-2	207.01		10.76
M-3	203.23	186.90	8.74
M-4	208.97		11.81
M-5	203.96		9.13
\bar{X}	204.61	-	9.48

La tabla 31, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 7% FM, alcanzó una resistencia superior al 90% tras 14 días de curado, con una variación media del 9.48%.

Figura 35

Variación del CPC + 7% FM a 14 días



La figura 35, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 7% FM, alcanzando una resistencia de 204.61 kg/cm², superando el 90% del diseño tras los 14 días.

4.1.2.21. Resistencia a compresión de CPC + 7% FM a 28 Días

Tabla 32

Resistencia del CPC + 7% FM

Resistencia a compresión CPC + 7% FM – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
M-1	233.72		12.42
M-2	229.92		10.59
M-3	236.94	207.90	13.97
M-4	232.39		11.78
M-5	237.55		14.26
\bar{X}	234.11	-	12.60

La tabla 32, muestra la resistencia del CPC, con una adición de 7% FM, alcanzó una resistencia superior al 99% tras 28 días de curado, con una variación media del 12.60%.

Figura 36

Variación del CPC + 7% FM a 28 días



La figura 36, muestra cómo varía la resistencia del CPC con la inclusión de 7% FM, alcanzando una resistencia de 234.11 kg/cm², superando el 99% del diseño tras los 28 días.

4.1.3. Resultados sobre la incidencia de la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a flexión del concreto convencional

4.1.3.1. Resistencia a flexión del concreto convencional – 7 días

Tabla 33

Resistencia a la flexión de CPC a 7 días

Resistencia a la flexión del CPC			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1436.97	21.360	22.16 kg/cm ²
V - 2	1405.12	20.817	
V - 3	1521.05	22.534	
V - 4	1609.19	23.840	
V - 5	1501.07	22.238	

La tabla 33, presenta las resistencias a la flexión del CPC, destacando que todas las muestras ensayadas muestran un comportamiento uniforme con un valor promedio de resistencia a la flexión de 22.16 kg/cm².

Figura 37

Variación de la resistencia a la flexión de CPC a 7 días



La figura 37, ilustra cómo varía la resistencia a flexión del CPC en las diferentes muestras.

A los 7 días, la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 23.84 kg/cm².

4.1.3.2. Resistencia a flexión del concreto convencional – 14 días

Tabla 34

Resistencia a la flexión de CPC a 14 días

Resistencia a la flexión del CPC			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	36.853	36.50 kg/cm ²
V - 2	2526.47	37.429	
V - 3	2354.61	34.883	
V - 4	2500.45	37.044	
V - 5	2450.11	36.298	

La tabla 34, presenta las resistencias a la flexión del CPC, destacando que todas las muestras ensayadas muestran un comportamiento uniforme con un valor promedio de resistencia a la flexión de 36.50 kg/cm².

Figura 38

Variación de la resistencia a la flexión de CPC a 14 días



La figura 38, ilustra cómo varía la resistencia a flexión del CPC en las diferentes muestras.

A los 14 días, la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 37.43 kg/cm².

4.1.3.3. Resistencia a flexión del concreto convencional – 28 días

Tabla 35

Resistencia a la flexión de CPC a 28 días

Resistencia a la flexión del CPC			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	4112.31	61.127	61.65 kg/cm ²
V - 2	4275.16	63.336	
V - 3	4162.00	61.659	
V - 4	4229.31	62.656	
V - 5	4013.84	59.464	

La tabla 35, presenta las resistencias a la flexión del CPC, destacando que todas las muestras ensayadas muestran un comportamiento uniforme con un valor promedio de resistencia a la flexión de 22.16 kg/cm².

Figura 39

Variación de la resistencia a la flexión de CPC a 28 días



La figura 39, ilustra cómo varía la resistencia a flexión del CPC en las diferentes muestras.

A los 28 días, la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 63.34 kg/cm².

4.1.3.4. Resistencia a la flexión de CPC + 2.5% FA a 7 Días

Tabla 36

Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA a 7 días

Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1947.35	28.946	28.54 kg/cm ²
V - 2	1876.22	27.796	
V - 3	1842.34	27.294	
V - 4	2024.50	29.993	
V - 5	1935.74	28.678	

La tabla 36, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 2.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 28.54 kg/cm².

Figura 40

Variación de la flexión del CPC + 2.5% FA a 7 días



La figura 40, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 2.5% de FA. A los 7 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 29.99 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.5. Resistencia a la flexión de CPC + 2.5% FA a 14 Días

Tabla 37

Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA a 14 días

Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2745.66	40.812	41.73 kg/cm ²
V - 2	2851.20	42.240	
V - 3	2926.38	43.354	
V - 4	2718.35	40.272	
V - 5	2834.16	41.988	

La tabla 37, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 2.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 41.73 kg/cm².

Figura 41

Variación de la flexión del CPC + 2.5% FA a 14 días



La figura 41, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 2.5% de FA. A los 14 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 43.35 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.6. Resistencia a la flexión de CPC + 2.5% FA a 28 Días

Tabla 38

Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA a 28 días

Resistencia a la flexión del CPC + 2.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	4647.10	69.076	70.72 kg/cm ²
V - 2	4812.64	71.298	
V - 3	4765.33	70.597	
V - 4	4918.27	72.863	
V - 5	4709.61	69.772	

La tabla 38, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 2.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 70.72 kg/cm².

Figura 42

Variación de la flexión del CPC + 2.5% FA a 28 días



La figura 42, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 2.5% de FA. A los 28 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 72.86 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.7. Resistencia a la flexión de CPC + 4.5% FA a 7 Días

Tabla 39

Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA a 7 días

Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1558.74	23.170	23.05 kg/cm ²
V - 2	1534.62	22.735	
V - 3	1715.40	25.413	
V - 4	1525.21	22.596	
V - 5	1439.33	21.323	

La tabla 39, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 4.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 23.05 kg/cm².

Figura 43

Variación de la flexión del CPC + 4.5% FA a 7 días



La figura 43, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 4.5% de FA. A los 7 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 25.41 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.8. Resistencia a la flexión de CPC + 4.5% FA a 14 Días

Tabla 40

Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA a 14 días

Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2591.34	38.519	38.46 kg/cm ²
V - 2	2618.65	38.795	
V - 3	2602.59	38.557	
V - 4	2512.30	37.219	
V - 5	2647.92	39.228	

La tabla 40, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 4.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 38.46 kg/cm².

Figura 44

Variación de la flexión del CPC + 4.5% FA a 14 días



La figura 44, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 4.5% de FA. A los 14 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 39.23 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.9. Resistencia a la flexión de CPC + 4.5% FA a 28 Días

Tabla 41

Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA a 28 días

Resistencia a la flexión del CPC + 4.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	4624.30	68.737	66.95 kg/cm ²
V - 2	4437.54	65.741	
V - 3	4568.21	67.677	
V - 4	4445.56	65.860	
V - 5	4502.98	66.711	

La tabla 41, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 4.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 66.95 kg/cm².

Figura 45

Variación de la flexión del CPC + 4.5% FA a 28 días



La figura 45, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 4.5% de FA. A los 28 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 68.34 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.10. Resistencia a la flexión de CPC + 6.5% FA a 7 Días

Tabla 42

Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA a 7 días

Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1231.42	18.304	20.61 kg/cm ²
V - 2	1473.61	21.831	
V - 3	1395.94	20.681	
V - 4	1456.82	21.583	
V - 5	1394.69	20.662	

La tabla 42, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 6.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 20.61 kg/cm².

Figura 46

Variación de la flexión del CPC + 6.5% FA a 7 días



La figura 46, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 6.5% de FA. A los 7 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 21.83 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.11. Resistencia a la flexión de CPC + 6.5% FA a 14 Días

Tabla 43

Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA a 14 días

Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2029.99	30.175	30.92 kg/cm ²
V - 2	2183.34	32.346	
V - 3	2036.58	30.172	
V - 4	2215.77	32.826	
V - 5	1964.63	29.106	

La tabla 43, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 6.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 30.92 kg/cm².

Figura 47

Variación de la flexión del CPC + 6.5% FA a 14 días



La figura 47, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 6.5% de FA. A los 14 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 32.83 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.12. Resistencia a la flexión de CPC + 6.5% FA a 28 Días

Tabla 44

Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA a 28 días

Resistencia a la flexión del CPC + 6.5% FA			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	4092.78	60.837	59.10 kg/cm ²
V - 2	4067.33	60.257	
V - 3	3855.26	57.115	
V - 4	3935.71	58.307	
V - 5	3981.07	58.979	

La tabla 44, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 6.5% FA, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 59.10 kg/cm².

Figura 48

Variación de la flexión del CPC + 6.5% FA a 28 días



La figura 48, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 6.5% de FA. A los 28 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 60.84 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.13. Resistencia a la flexión de CPC + 3% FM a 7 Días

Tabla 45

Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM a 7 días

Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1681.60	24.996	27.00 kg/cm ²
V - 2	1836.40	27.206	
V - 3	1744.03	25.837	
V - 4	2005.61	29.713	
V - 5	1839.77	27.256	

La tabla 45, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 3% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 27.00 kg/cm².

Figura 49

Variación de la flexión del CPC + 3% FM a 7 días



La figura 49, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 3% de FM. A los 7 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 29.71 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.14. Resistencia a la flexión de CPC + 3% FM a 14 Días

Tabla 46

Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM a 14 días

Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2712.64	40.322	39.13 kg/cm ²
V - 2	2533.53	37.534	
V - 3	2816.99	41.733	
V - 4	2624.82	38.886	
V - 5	2508.71	37.166	

La tabla 46, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 3% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 39.13 kg/cm².

Figura 50

Variación de la flexión del CPC + 3% FM a 14 días



La figura 50, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 3% de FM. A los 14 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 41.73 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.15. Resistencia a la flexión de CPC + 3% FM a 28 Días

Tabla 47

Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM a 28 días

Resistencia a la flexión del CPC + 3% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	4359.67	64.804	66.35 kg/cm ²
V - 2	4511.36	66.835	
V - 3	4436.05	65.719	
V - 4	4507.68	66.780	
V - 5	4562.93	67.599	

La tabla 47, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 3% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 66.35 kg/cm².

Figura 51

Variación de la flexión del CPC + 3% FM a 28 días



La figura 51, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 3% de FM. A los 28 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 67.60 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.16. Resistencia a la flexión de CPC + 5% FM a 7 Días

Tabla 48

Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM a 7 días

Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	1973.21	29.331	29.63 kg/cm ²
V - 2	1856.47	27.503	
V - 3	2188.91	32.428	
V - 4	1894.02	28.060	
V - 5	2081.65	30.839	

La tabla 48, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 5% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 29.63 kg/cm².

Figura 52

Variación de la flexión del CPC + 5% FM a 7 días



La figura 52, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 5% de FM. A los 7 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 30.84 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.17. Resistencia a la flexión de CPC + 5% FM a 14 Días

Tabla 49

Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM a 14 días

Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2872.03	42.691	40.87 kg/cm ²
V - 2	2674.95	39.629	
V - 3	2596.12	38.461	
V - 4	2783.46	41.236	
V - 5	2857.31	42.331	

La tabla 49, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 5% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 40.87 kg/cm².

Figura 53

Variación de la flexión del CPC + 5% FM a 14 días



La figura 53, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 5% de FM. A los 14 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 42.69 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.18. Resistencia a la flexión de CPC + 5% FM a 28 Días

Tabla 50

Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM a 28 días

Resistencia a la flexión del CPC + 5% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	4633.06	68.867	68.80 kg/cm ²
V - 2	4585.64	67.935	
V - 3	4689.72	69.477	
V - 4	4703.15	69.676	
V - 5	4592.82	68.042	

La tabla 50, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 5% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 68.80 kg/cm².

Figura 54

Variación de la flexión del CPC + 5% FM a 28 días



La figura 54, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 5% de FM. A los 28 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 69.68 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.19. Resistencia a la flexión de CPC + 7% FM a 7 Días

Tabla 51

Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM a 7 días

Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2054.77	30.543	32.84 kg/cm ²
V - 2	2278.31	33.753	
V - 3	2185.64	32.380	
V - 4	2364.85	35.035	
V - 5	2192.37	32.480	

La tabla 51, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 7% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 32.84 kg/cm².

Figura 55

Variación de la flexión del CPC + 7% FM a 7 días



La figura 55, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 7% de FM. A los 7 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 35.04 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.20. Resistencia a la flexión de CPC + 7% FM a 14 Días

Tabla 52

Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM a 14 días

Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	3475.22	51.657	50.08 kg/cm ²
V - 2	3362.87	49.820	
V - 3	3256.48	48.244	
V - 4	3481.29	51.575	
V - 5	3314.66	49.106	

La tabla 52, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 7% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 50.08 kg/cm².

Figura 56

Variación de la flexión del CPC + 7% FM a 14 días



La figura 56, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 7% de FM. A los 14 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 51.66 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.3.21. Resistencia a la flexión de CPC + 7% FM a 28 Días

Tabla 53

Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM a 28 días

Resistencia a la flexión del CPC + 7% FM			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	4826.48	71.743	71.96 kg/cm ²
V - 2	4756.34	70.464	
V - 3	4934.88	73.109	
V - 4	4769.84	70.664	
V - 5	4981.67	73.803	

La tabla 53, ilustra las muestra evaluadas del CPC. Con una adición de 7% FM, se alcanzó un valor promedio de resistencia a la flexión de 71.96 kg/cm².

Figura 57

Variación de la flexión del CPC + 7% FM a 28 días



La figura 57, muestra cómo varía la resistencia a flexión del CPC con un 7% de FM. A los 28 días la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 73.80 kg/cm², demostrando un aumento significativo en su resistencia.

4.1.4. Comparación de resistencias a la compresión de CPC, +%FA y +%FM

a) Comparativo de las resistencias del concreto + FA a los 7 días

Tabla 54

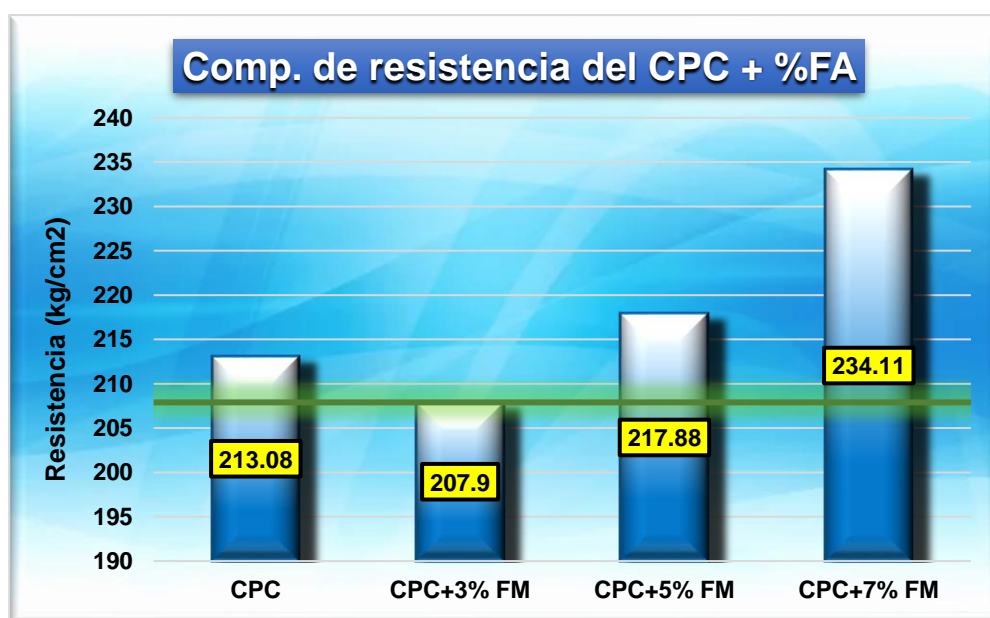
Resistencias del CPC + % FA a 7 días de curado

Comparativo de la resistencia			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPC	139.38		2.11
CPC + 2.5% FA	136.57	136.50	0.05
CPC + 4.5% FA	132.49		-2.94
CPC + 6.5% FA	133.54		-2.17

La tabla 54, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas a los 7 días de curado, demostrando un aumento gradual de la resistencia de 0.05% en comparación con el CPC.

Figura 58

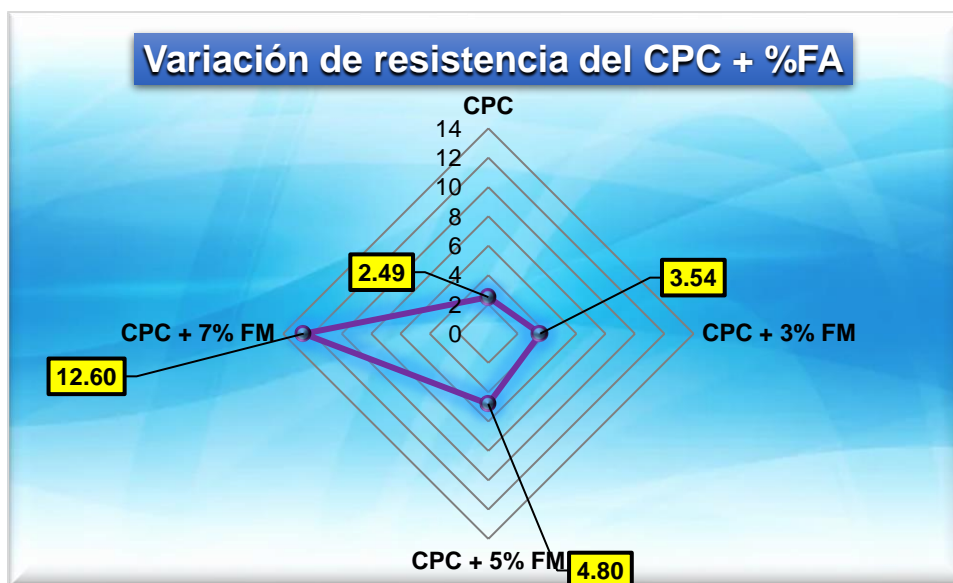
Comparativo de la resistencia del CPC + % FA a 7 días



La figura 58, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas tras 7 días de curado, donde la mayor resistencia con referencia al CPC es de 136.57 kg/cm² alcanzada con la combinación de CPC + 2.5% FA.

Figura 59

Variación de las resistencias CPC + % FA a 7 días



La figura 59, ilustra como varían las resistencias medias alcanzadas tras 7 días de curado, presentando un descenso de la resistencia en 0.05% respecto a la resistencia de diseño esperada (65%), teniendo una variación de 2.06% en cuanto al CPC.

b) Comparativo de las resistencias del concreto + FA a los 14 días

Tabla 55

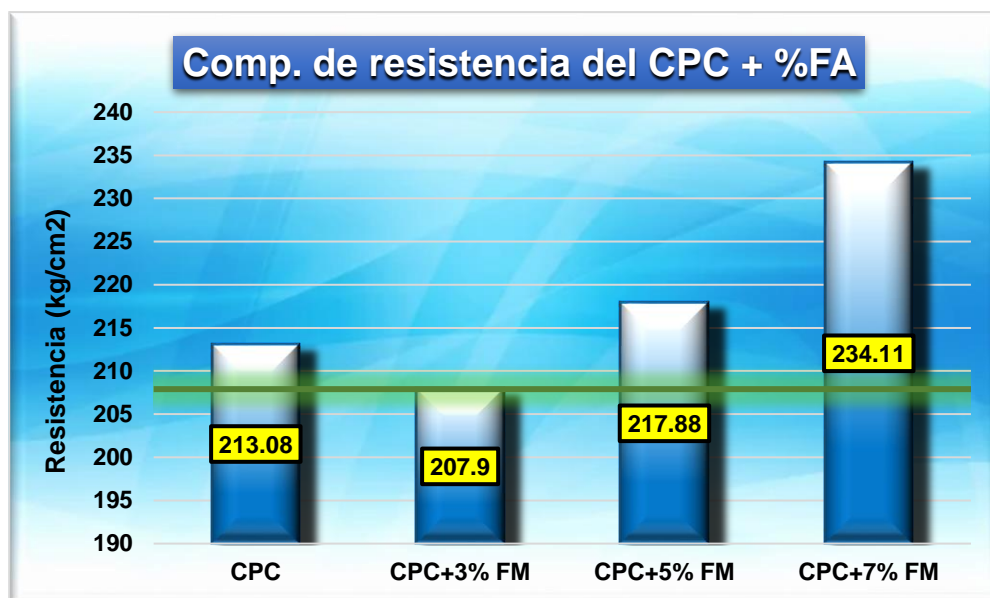
Resistencias del CPC + % FA a 14 días de curado

Muestra	Comparativo de la resistencia		
	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPC	190.46		1.90
CPC + 2.5% FA	188.36	186.90	0.78
CPC + 4.5% FA	191.52		2.47
CPC + 6.5% FA	194.81		4.23

La tabla 55, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas a los 14 días de curado, demostrando un aumento gradual de la resistencia de 4.23% en comparación con el CPC.

Figura 60

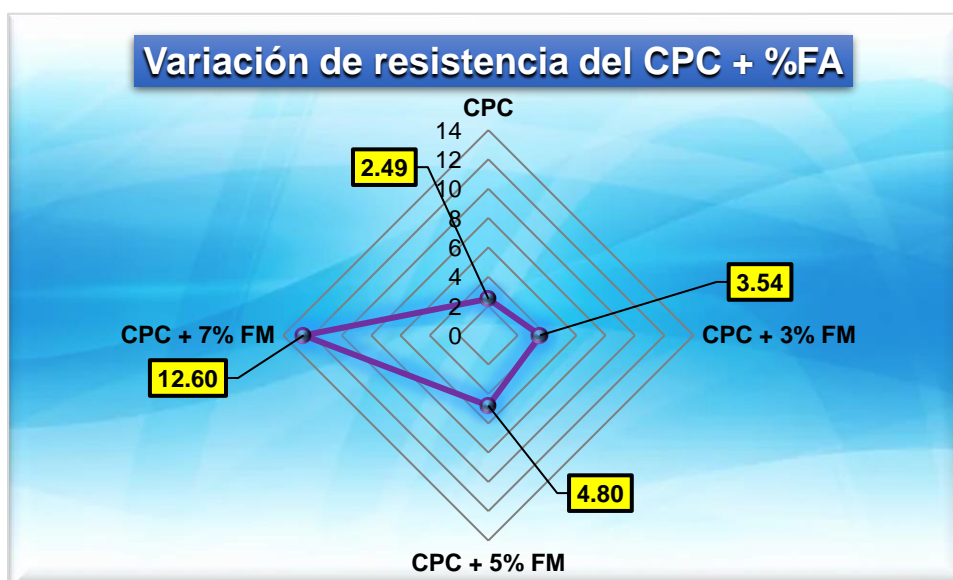
Comparativo de la resistencia del CPC + % FA a 14 días



La figura 60, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas tras 14 días de curado, donde la mayor resistencia con referencia al CPC es de 194.81 kg/cm² alcanzada con la combinación de CPC + 6.5% FA.

Figura 61

Variación de las resistencias CPC + % FA a 14 días



La figura 61, ilustra como varían las resistencias medias alcanzadas tras 14 días de curado, presentando un incremento de resistencia del 4.23% respecto a la resistencia de diseño esperada (90%), teniendo una variación de 2.33% en cuanto al CPC.

c) Comparativo de las resistencias del concreto + FA a los 28 días

Tabla 56

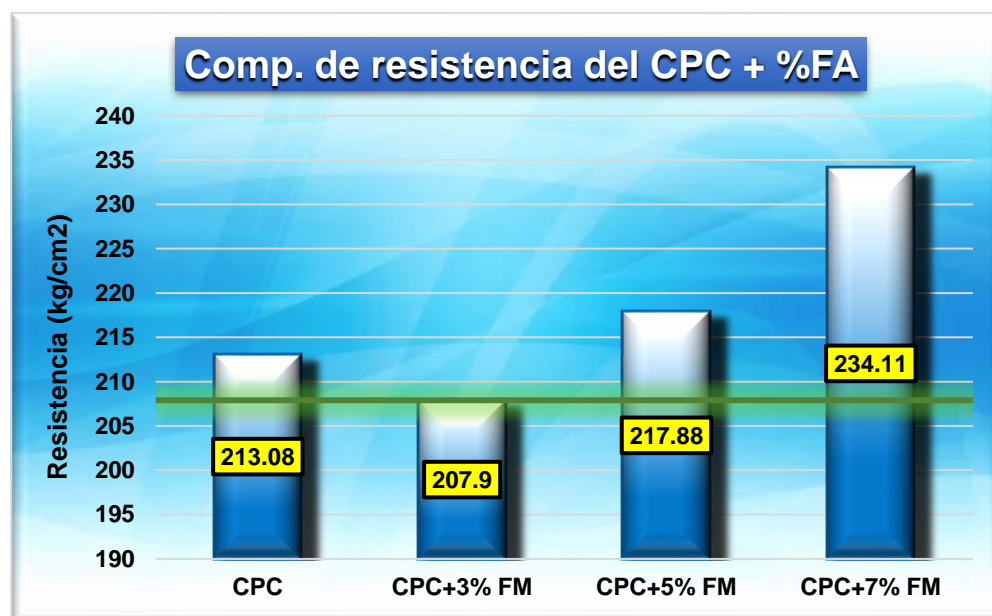
Resistencias del CPC + % FA a 28 días de curado

Comparativo de la resistencia			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPC	213.08		2.49
CPC + 2.5% FA	222.13	207.90	6.84
CPC + 4.5% FA	224.15		7.81
CPC + 6.5% FA	227.97		9.65

La tabla 56, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas a los 28 días de curado, demostrando un aumento gradual de la resistencia de 9.65% en comparación con el CPC.

Figura 62

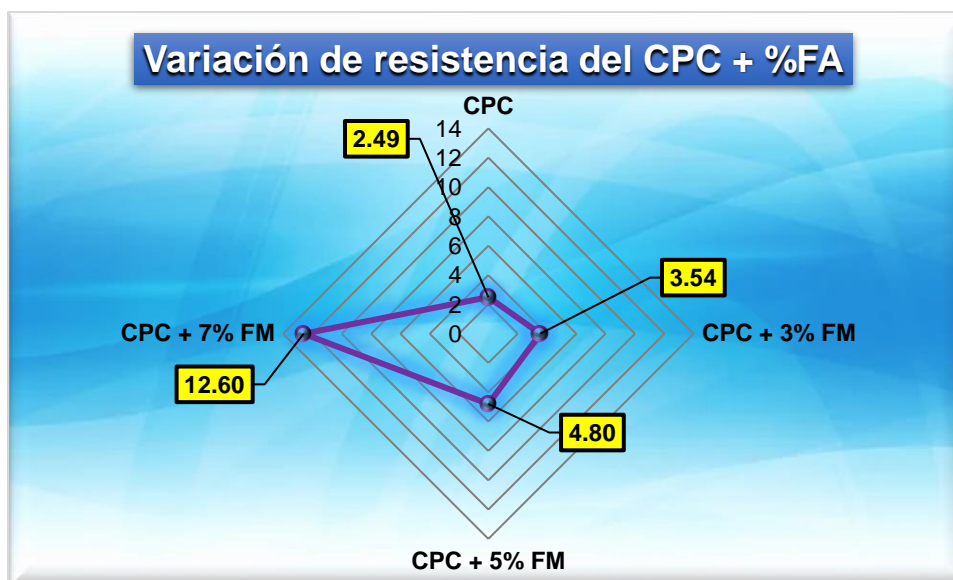
Comparación de la resistencia del CPC + % FA a 28 días



La figura 62, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas tras 28 días de curado, donde la mayor resistencia con referencia al CPC es de 227.97 kg/cm² alcanzada con la combinación de CPC + 6.5% FA.

Figura 63

Variación de las resistencias CPC + % FA a 28 días



La figura 63, ilustra como varían las resistencias medias alcanzadas tras 28 días de curado, presentando un incremento de resistencia del 9.65% respecto a la resistencia de diseño esperada (99%), teniendo una variación de 7.16% en cuanto al CPC.

d) Comparativo de la resistencia del concreto + FM a los 7 días

Tabla 57

Resistencias del CPC + % FM a 7 días de curado

Comparativo de la resistencia			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPC	139.38		2.11
CPC + 3% FM	138.46		1.14
CPC + 5% FM	136.50	136.50	3.60
CPC + 7% FM	155.74		14.10

La tabla 57, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas a los 7 días de curado, demostrando un aumento gradual de la resistencia de 14.10% en comparación con el CPC.

Figura 64

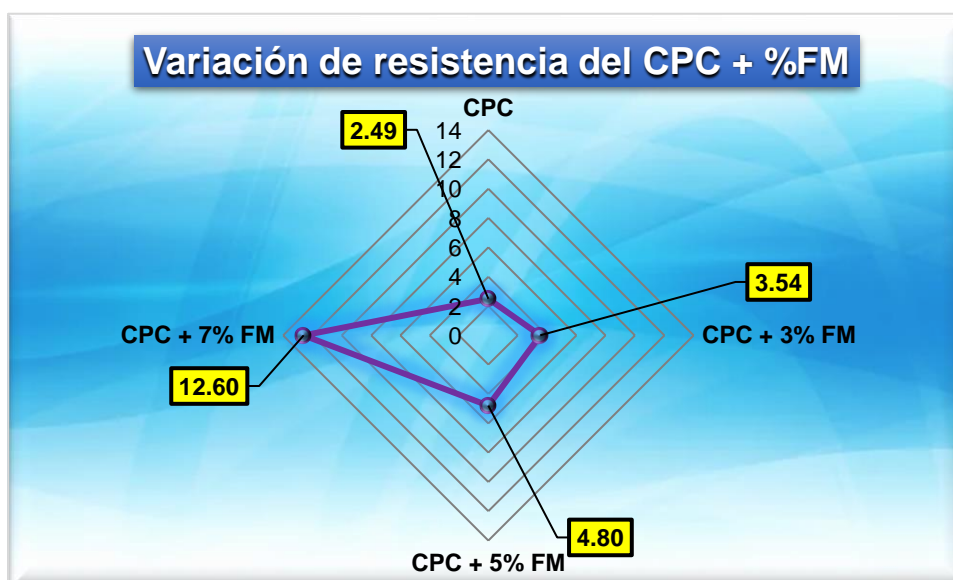
Comparativo de las resistencias del CPC + % FM a 7 días



La figura 64, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas tras 7 días de curado, donde la mayor resistencia con referencia al CPC es de 155.74 kg/cm² alcanzada con la combinación de CPC + 7% FM.

Figura 65

Variación de las resistencias CPC + % FM a 7 días



La figura 65, ilustra como varían las resistencias medias alcanzadas tras 7 días de curado, presentando un incremento de resistencia del 14.10% respecto a la resistencia de diseño esperada (65%), teniendo una variación de 11.99% en cuanto al CPC.

e) Comparativo de la resistencia del concreto + FM a los 14 días

Tabla 58

Resistencias del CPC + % FM a 14 días de curado

Comparativo de la resistencia			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPC	190.46		1.90
CPC + 3% FM	193.82	186.90	3.70
CPC + 5% FM	192.83		3.17
CPC + 7% FM	204.61		9.48

La tabla 58, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas a los 7 días de curado, demostrando un aumento gradual de la resistencia de 9.48% en comparación con el CPC.

Figura 66

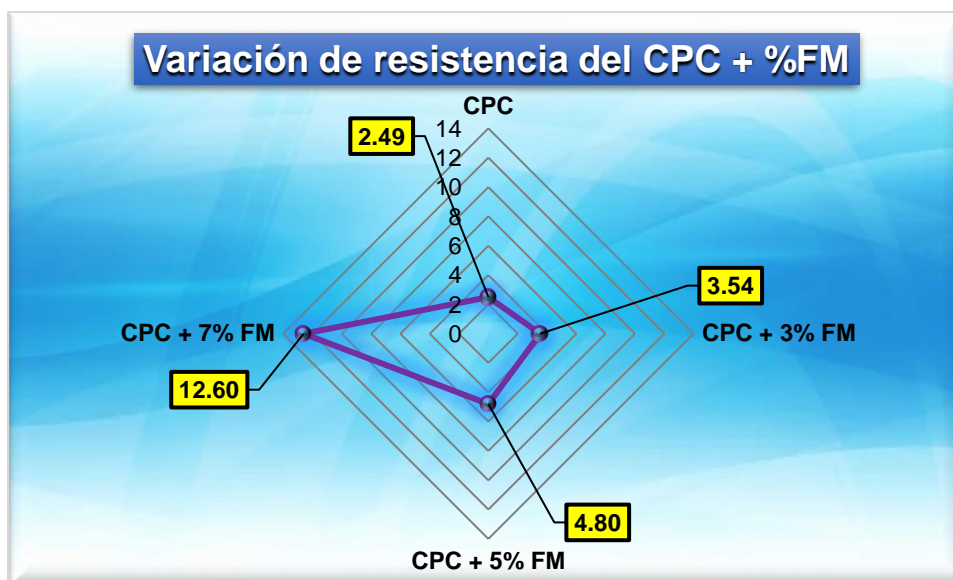
Comparativo de las resistencias del CPC + % FM a 14 días



La figura 66, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas tras 14 días de curado, donde la mayor resistencia con referencia al CPC es de 204.61 kg/cm² alcanzada con la combinación de CPC + 7% FM.

Figura 67

Variación de las resistencias CPC + % FM a 14 días



La figura 67, ilustra como varían las resistencias medias alcanzadas tras 14 días de curado, presentando un incremento de resistencia del 9.48% respecto a la resistencia de diseño esperada (90%), teniendo una variación de 7.58% en cuanto al CPC.

f) Comparativo de la resistencia del concreto + FM a los 28 días

Tabla 59

Resistencias del CPC + FM a 28 días de curado

Muestra	Comparativo de la resistencia		
	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPC	213.08		2.49
CPC + 3% FM	207.90	207.90	3.54
CPC + 5% FM	217.88		4.80
CPC + 7% FM	234.11		12.60

La tabla 59, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas a los 7 días de curado, demostrando un aumento gradual de la resistencia de 12.60% en comparación con el CPC.

Figura 68

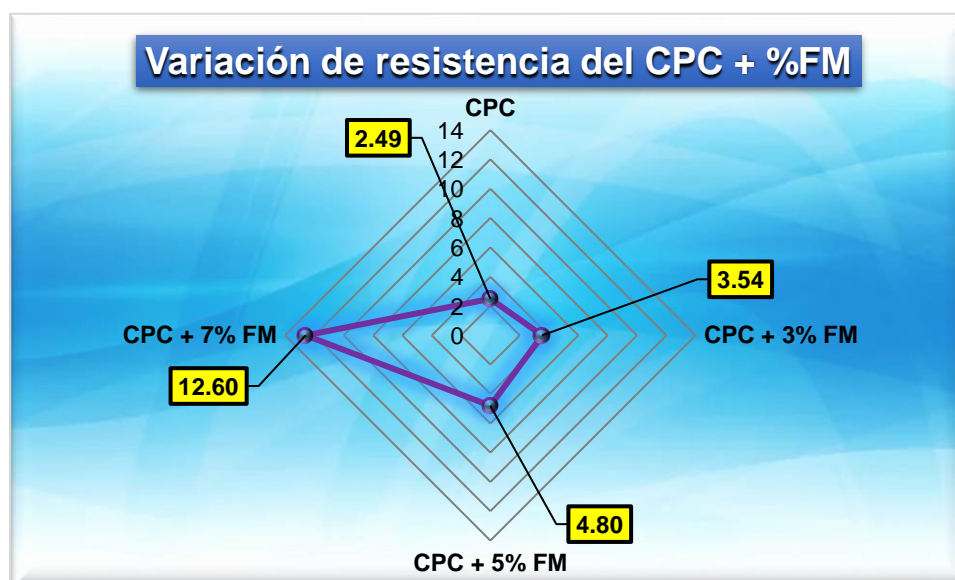
Comparativo de las resistencias del CPC + % FM a 28 días



La figura 68, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas tras 28 días de curado, donde la mayor resistencia con referencia al CPC es de 234.11 kg/cm² alcanzada con la combinación de CPC + 7% FM.

Figura 69

Variación de las resistencias CPC + % FM a 28 días



La figura 69, ilustra como varían las resistencias medias alcanzadas tras 28 días de curado, presentando un incremento de resistencia del 12.60% respecto a la resistencia de diseño esperada (99%), teniendo una variación de 10.11% en cuanto al CPC.

4.1.5. Comparación de resistencias a la flexión de CPC, +%FA y +%FM

a) Comparativo de las resistencias a flexión del concreto + FA a los 7,14,28 días

Tabla 60

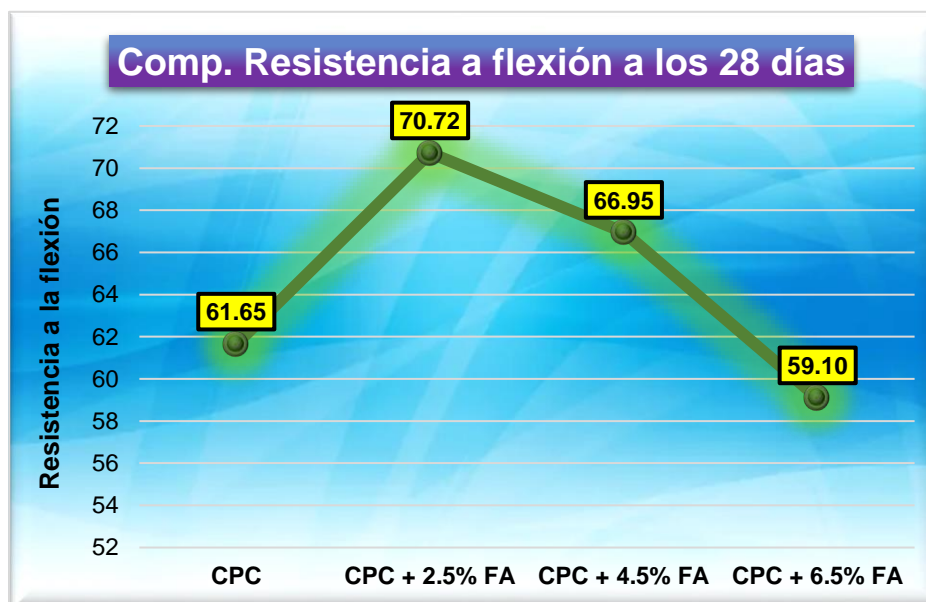
Resistencias a flexión del CPC + % FA tras los 7, 14 y 28 días de curado

Comparativo de la resistencia a flexión (kg/cm ²)			
Muestra	A los 7 días	A los 14 días	A los 28 días
CPC	22.16	36.50	61.65
CPC + 2.5% FA	28.54	41.73	70.72
CPC + 4.5% FA	23.05	38.46	66.95
CPC + 6.5% FA	20.61	30.92	59.10

La tabla 60, ilustra el comparativo de las resistencias a flexión obtenidas a los 7, 14 y 28 días de curado, demostrando una pérdida de la resistencia a los 28 días de curado en comparación con el CPC.

Figura 70

Comparativo de la resistencia a flexión del CPC + % FA tras los 28 días



La figura 70, ilustra el comparativo de las resistencias a flexión alcanzadas tras 28 días de curado, donde la mayor resistencia con referencia al CPC es de 70.72 kg/cm² alcanzada con la combinación de CPC + 2.5% FA.

b) Comparativo de las resistencias a flexión del concreto + FM a los 7,14,28 días

Tabla 61

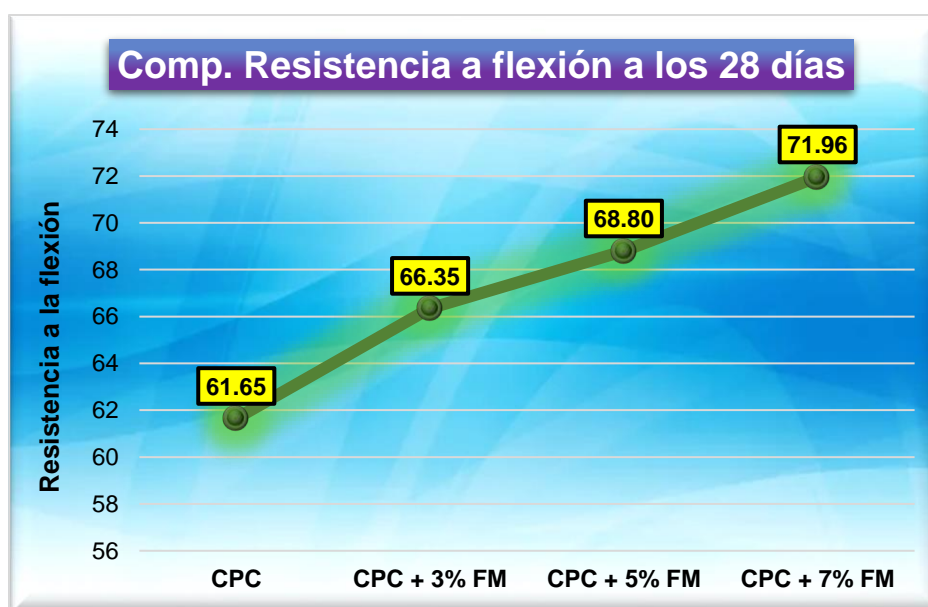
Resistencias a flexión del CPC + % FM tras los 7, 14 y 28 días de curado

Comparativo de la resistencia a flexión (kg/cm ²)			
Muestra	A los 7 días	A los 14 días	A los 28 días
CPC	22.16	36.50	61.65
CPC + 3% FM	27.00	39.13	66.35
CPC + 5% FM	29.63	40.87	68.80
CPC + 7% FM	32.84	50.08	71.96

La tabla 61, ilustra el comparativo de las resistencias a flexión alcanzadas a los 7, 14 y 28 días de curado, demostrando un aumento gradual de la resistencia a los 28 días de curado en comparación con el CPC.

Figura 71

Comparativo de la resistencia a flexión del CPC + % FM tras los 28 días



La figura 71, ilustra el comparativo de las resistencias a flexión alcanzadas tras 28 días de curado, donde la mayor resistencia con referencia al CPC es de 71.96 kg/cm² alcanzada con la combinación de CPC + 7% FM.

c) Comparativo de las resistencias a flexión del concreto + %FA y %FM a los 7, 14 y 28 días

Tabla 62

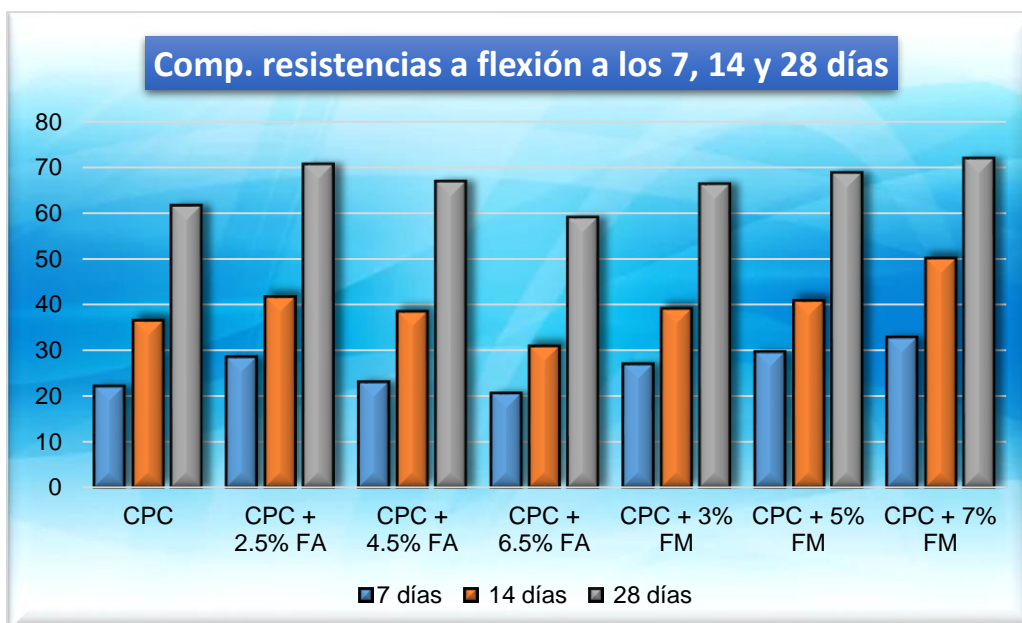
Resistencias a flexión del CPC + % FA y % FM

Comparativo de la resistencia a flexión (kg/cm ²)			
Muestra	A los 7 días	A los 14 días	A los 28 días
CPC	22.16	36.50	61.65
CPC + 2.5% FA	28.54	41.73	70.72
CPC + 4.5% FA	23.05	38.46	66.95
CPC + 6.5% FA	20.61	30.92	59.10
CPC + 3% FM	27.00	39.13	66.35
CPC + 5% FM	29.63	40.87	68.80
CPC + 7% FM	32.84	50.08	71.96

La tabla 62, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas con la adición de las FA y FM a los 7, 14 y 28 días de curado, demostrando una pérdida de la resistencia a flexión con la incorporación de FA, mientras que con la adición de FM aumento gradualmente la resistencia en comparación con el CPC.

Figura 72

Comparación de la resistencia a flexión del CPC + % FA y % FM



La figura 72, ilustra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas con la adición de las FA y FM a los 7, 14 y 28 días de curado, demostrando una pérdida de la resistencia a flexión con la incorporación de FA, mientras que con la adición de FM aumento gradualmente la resistencia en comparación con el CPC.

4.2. Discusión de Resultados

El objetivo principal de esta investigación fue comparar las propiedades del concreto convencional al incorporar FAR y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri. Los resultados demostraron que la adición de 2.5%, 4.5% y 6.5% de fibras de aluminio provoca una variación en la resistencia con una $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Estos hallazgos son consistentes con el estudio realizado por Olivo y Paucar (2023), quienes encontraron que la inclusión de 0.50%, 0.75% y 1.00% de FA también afectó la resistencia con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La similitud en las metodologías empleadas permitió validar estos resultados a partir de comparaciones con estudios anteriores. Sin embargo, un estudio más reciente de Cornejo y Jiménez (2023), que utilizó FA reciclado, no observó cambios en la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a pesar de aplicar la misma metodología. Esta discrepancia se puede atribuir al uso del aluminio reciclado como sustituto en diferentes proporciones (2%, 4% y 6%) del agregado fino, en forma de viruta. En presente investigación utilizó FA en forma de fibras, con base en el volumen del concreto, lo que permitió corroborar los resultados previos de Cornejo y Jiménez (2023).

En relación con la resistencia a la flexión, los resultados a 28 días indicaron que el concreto patrón alcanzó una resistencia de 61.65 kg/cm^2 . Con la adición de un 3% de FM, se observó un incremento a 66.35 kg/cm^2 ; con un 5% de FM, el incremento fue de 68.80 kg/cm^2 , mientras que con un 7% se logró una resistencia máxima de 71.96 kg/cm^2 , lo que representa un aumento del 16.72% respecto al concreto patrón. Según el análisis comparativo realizado por (Coronel & Risco, 2023), que evaluó la incorporación de FA en porcentajes de 1.5%, 3.0% y 6.0%, se reportaron resistencias a flexión de 38.57 kg/cm^2



para el CP y de 53.81 kg/cm², 55.93 kg/cm² y 59.25 kg/cm² para las respectivas dosificaciones de fibra. La dosificación óptima para el concreto fue del 6.0%, logrando un incremento del 59.25%. De este modo, los resultados comparativos muestran una tendencia similar a la de estudios anteriores, donde un mayor porcentaje de FM mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto patrón, evidenciando el buen comportamiento de estas fibras en términos de flexión, lo que influye positivamente en el rendimiento estructural.

CONCLUSIONES

C1. Se concluye que el asentamiento disminuye con la adición de FA, alcanzando medidas de 4.0", 3.80" y 3.60" para proporciones de 2.5%, 4.5% y 6.5%, respectivamente. En contraste, al añadir FM en proporciones de 3%, 5% y 7%, el asentamiento incrementa a 4.50", 5.50" y 5.80". Esto sugiere que la incorporación de FA reduce el asentamiento, mientras que el uso de fibras metálicas lo incrementa conforme aumenta la cantidad de materia.

C2. Se concluye que la resistencia del concreto convencional con una $f'c=210$ kg/cm², mejoró con la incorporación de fibras de aluminio, obteniendo incrementos en la resistencia de 222.13 kg/cm² con un 2.5% de adición, 224.15 kg/cm² con un 4.5% y 227.97 kg/cm² con un 6.5%. Del mismo modo, la adición de fibras metálicas mostró mejoras significativas en comparación con el estándar, alcanzando resistencias de 207.90 kg/cm² con un 3%, 217.88 kg/cm² con un 5%, y 234.11 kg/cm² con un 7%. Esto indica que, aunque ambas fibras mejoran la resistencia, las fibras metálicas tienen un mayor impacto que las de aluminio.

C3. Se concluye que la resistencia a la flexión del concreto convencional con una $f'c$ de 210 kg/cm² disminuyó al añadir fibras de aluminio, alcanzando valores de 70.72 kg/cm² con una adición del 2.5%, 66.95 kg/cm² con un 4.5%, y 59.10 kg/cm² con un 6.5%. En contraste, las vigas con fibras metálicas presentaron un notable aumento en la resistencia, alcanzando 66.35 kg/cm² con un 3%, 68.80 kg/cm² con un 5%, y 71.96 kg/cm² con un 7%. Estos resultados sugieren que las fibras de aluminio no son adecuadas para mejorar la resistencia a la flexión, mientras que las fibras metálicas proporcionan una mayor resistencia en este aspecto.



RECOMENDACIONES

R1. Se recomienda que las fibras de aluminio son más adecuadas para aplicaciones que requieren mayor rigidez, y las fibras metálicas son beneficiosas en obras que requieren facilidad de colocación y manejo de grandes volúmenes de concreto.

R2. Se recomienda el uso de fibras metálicas para estructuras que requieren alta resistencia a la compresión debido a su mayor efectividad. Por otro lado, las fibras de aluminio son más adecuadas para proyectos que buscan mejoras moderadas en la resistencia.

R3. Se recomienda evitar el uso de FA cuando se busca mejorar la resistencia a la flexión en concreto, ya que disminuyen su capacidad. Por el contrario, las fibras metálicas son más adecuadas, ya que incrementan significativamente la resistencia.



BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D. (20 de diciembre de 2023). *Fibras de carbono y aluminio*. Obtenido de <https://inoxidablesvictoria.com/blog/fibra-de-carbono-vs-aluminio/>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología Científica*. Episteme. Obtenido de <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/FidiasG.Arias.ElProyectedeInvestigacin6ta.Edicion.pdf>
- Bentur, A., & Mindess, S. (2005). *Agregados en concreto*. Prentice Hall. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/9780429180736_previewpdf.pdf
- Cornejo, K., & Jimenez, E. (2023). *Efecto del uso de fibra de aluminio reciclado en las propiedades mecánicas de un pavimento rígido - Piura 2022*. Piura - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/126193/Cornejo_CK-A-Jimenez_AEJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Coronel, Y., & Risco, J. (2023). *Adición de fibras de acero en la resistencia del concreto utilizado en la construcción de viviendas en la ciudad de Jaén*. Trujillo: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Coronel_SYL-Risco_GJR-SD.pdf
- Creswell, J., & Creswell, D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications. Obtenido de https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf
- Ferran. (21 de abril de 2021). *Becosan*. Obtenido de <https://www.becosan.com/es/cemento-portland/>
- Hernandez & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Mexico. Obtenido de <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES S.A.
- Huamán, M., Rodríguez, T., & Días, D. (2022). *Comparación de propiedades físicas y mecánicas del hormigón tradicional y el hormigón con fibras metálicas recicladas*. Venezuela: Universidad Centroccidental Liasandro Alvarado. Obtenido de <https://ve.scielo.org/pdf/gt/v23n2/2477-9539-gt-23-02-23.pdf>



- Humpiri, M. (2023). *Análisis comparativo del concreto con refuerzo de acero tradicional y fibras de acero FF1 para losas industriales del depósito de concentrados Callao, 2020*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/19463/Humpiri_Chata_Ma_relin_Yeni.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Isidro, J. (2018). *Influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades del concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la Ciudad de Puno - Perú*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano Puno. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Isidro_Chagua_Jhonson.pdf
- Jara, E. R., & Serrano, A. A. (2022). *Análisis comparativo del uso de fibras metálicas y sistemáticas en la producción de losas de concreto apoyadas sobre el terreno, Trujillo 2021*. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31708/TESIS%20JARA%20CHAMBERGO%20E%20%26%20SERRANO%20DIAZ%20A_PDF_TOTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mehta, K., & Monteiro, P. (2014). *Concreto: Microestructura, Propiedades y Materiales*. McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071797870>
- Naville. (2011). *Propiedades del concreto*. Pearson Education. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/properties_of_concrete_by_a_m_neville_pd.pdf
- NTP. (2019). *Norma E.060 Concreto armado*. Obtenido de <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Olivio, E., & Paucar, E. (2023). *La influencia de fibra de aluminio reciclado en el concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado de la cantera de Taclán, Huaraz 2022*. Huaraz - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/117352/Olivo_HEJ-Paucar_MEM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Olivio, E., & Paucar, E. (2022). *La influencia de fibra de aluminio reciclado en el concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con agregado de la cantera de Taclán, Huaraz 2022*. Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/117352/Olivo_HEJ-Paucar_MEM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Orozco (Dirección). (2019). *Asentamiento o revenimiento del concreto* [Película]. Obtenido de https://www.google.com/search?q=https%3A%2F%2Fyoutu.be%2FdRYweKPV3H0&sca_esv=e74c8da800c397a5&rlz=1C1CHBD_esPE1050PE1050&ei=kVTWZpr



- AH_TC5OUPttCRwQk&ved=0ahUKEwjazKXfvqWIAxV0IbkGHTZoJJgQ4dUDCBA
&uact=5&oq=https%3A%2F%2Fyoutu.be%2FdRYweKPV3H0&gs_lp=Egxnd3Mtd
- Osorio, J. (12 de marzo de 2022). *Diseño de mezclas de concreto*. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/disen-de-mezclas-de-concreto/>
- Osorio, J. (2023). *360 en concreto*. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion/>
- Rodriguez, D. (2019). *Dosificación del concreto*. Obtenido de <https://ingdanielrg.com/dosificacion-del-concreto/>
- Silva, O. (2023). *360 en concreto*. Obtenido de Tipos de agregados y su influencia en el diseño de mezcla del concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/tipos-de-agregados-y-su-influencia-en-mezcla-de-concreto/>
- Soler, D. (junio de 2021). *Alión*. Obtenido de <https://alion.com.co/inspeccion-de-materia-prima-agregados/>
- Triana, F. (2021). *Adición de fibras en aluminio, para construcción de concreto en Cundinamarca*. Bogotá - Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/T.IC_TrianaFabian_2021.pdf
- Vega, L. (2019). *Aporte de las fibras sintéticas y metálicas en el módulo de rotura del concreto*. Bogotá - Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32630/VegaMesaLeidyMarcela2019_Trabajodegrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yataco, P. (2022). *Evaluación de las propiedades del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ con la adición de fibras metálicas en Lima - San Martín de Porres, 2022*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/103283/Yataco_VPC-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yirda. (2023). *Definición del concreto*. Obtenido de <https://conceptdefinicion.de/concreto/>



ANEXOS



Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la variación de las propiedades del concreto convencional con aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Comparar la variación de las propiedades del concreto convencional con aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La variación de las propiedades del concreto convencional con aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el distrito de Ayaviri, será positiva.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Fibra de aluminio reciclado</i> M+2.5%FA M+4.5%FA M+6.5%FA</p> <p><i>Fibras metálicas</i> M+ 3%FM M+ 5%FM M+7%FM</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Asentamiento</i> <i>Resistencia a la compresión</i> <i>Resistencia a la flexión</i></p>	<p>Fichas de control de calidad de laboratorio</p> <p>Equipos y herramienta de laboratorio.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la influencia de la adición de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el asentamiento de la mezcla fresca de concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri?</p> <p>¿Cuál es la incidencia de la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a la flexión del concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la influencia de la adición de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en el asentamiento de la mezcla fresca de concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.</p> <p>Determinar el efecto de la incorporación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.</p> <p>Determinar la incidencia de la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas en la resistencia a la flexión del concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La influencia de la adición de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas será positiva ya que mantendrá el asentamiento de la mezcla fresca de concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.</p> <p>El efecto de la incorporación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas será positiva ya que incrementará la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.</p> <p>La incidencia de la aplicación de fibra de aluminio reciclado y fibras metálicas será positiva ya que mejorará la resistencia a la flexión del concreto convencional de $f_{cc}=210$ kg/cm² en el distrito de Ayaviri.</p>		

Anexo B. Panel Fotográfico

Fotografía N° 01: Ensayo de análisis granulométrico



Fotografía N° 02: Tamizado de la muestra



Fotografía N° 03: Tamizado de la muestra



Fotografía N° 04: Tamizado de la muestra



Fotografía N° 05: Ensayo de peso específico



Fotografía N° 06: Registro del peso seco inicial



Fotografía N° 07: Medición del diámetro de la briqueta con vernier



Fotografía N° 08: Ensayo de resistencia a compresión



Fotografía N° 09: Maquina hidráulica para la resistencia a compresión



Fotografía N° 10: Ensayo de resistencia a compresión



Fotografía N° 11: Resistencia a compresión



Fotografía N° 12: Cantidad de muestra evaluadas



Fotografía N° 13: Rotura de la briqueta





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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GÓMEZ

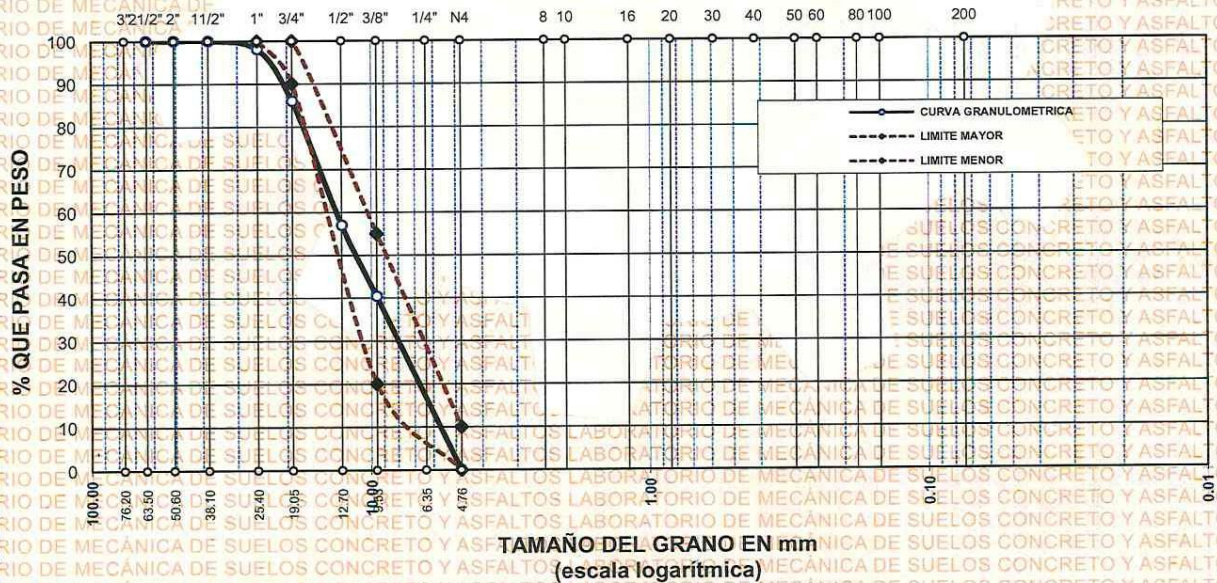
CANTERA : AYAVIRI - AGREGADO GRUESO
 : AYAVIRI - AGREGADO FINO

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

FECHA : 11 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4"
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES:
1"	25.400	68.00	1.94	1.94	98.06	100 %	
3/4"	19.050	423.00	12.09	14.03	85.97	90 - 100 %	
1/2"	12.700	1014.00	28.97	43.00	57.00		
3/8"	9.525	583.00	16.66	59.66	40.34	20 - 55 %	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1402.00	40.06	99.71	0.29	0 - 10 %	
BASE		0.00	0.00	99.7	0.3		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁRCELES VELÁSQUEZ"
 E.I.C.P. CAP. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEPATURA JULIACA
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

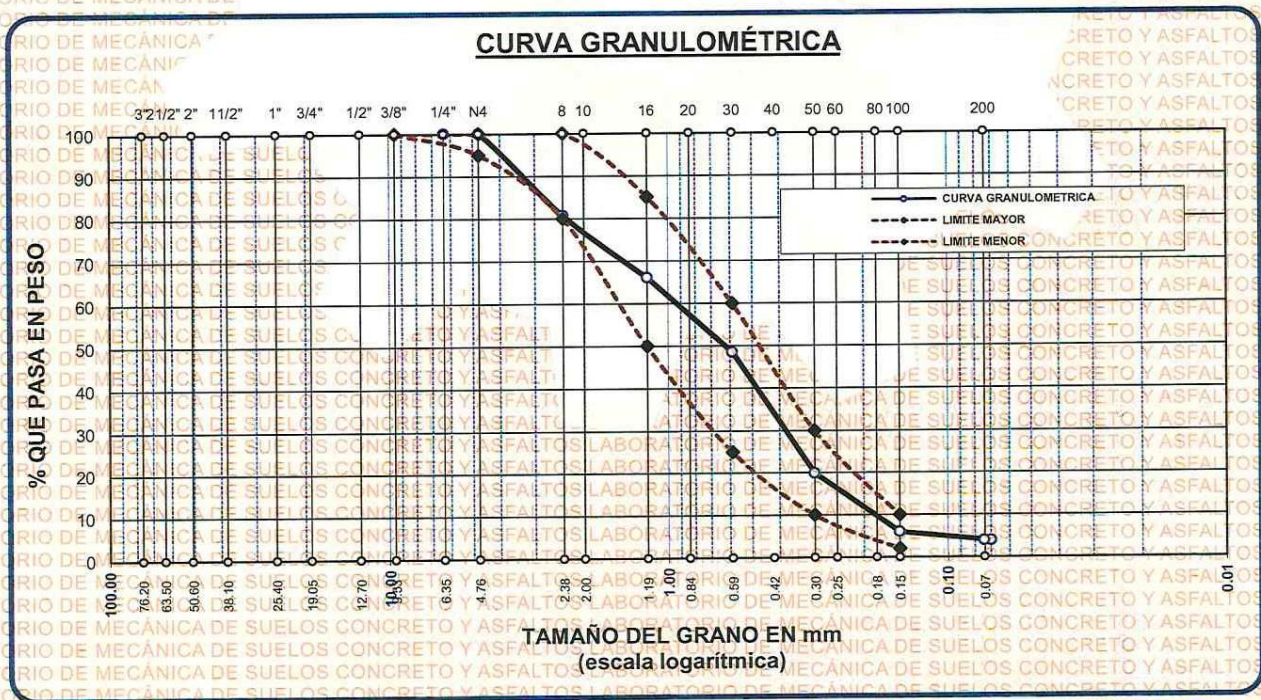
CANTERA : AYAVIRI - AGREGADO GRUESO

LUGAR : AYAVIRI - AGREGADO FINO

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

FECHA : 11 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 2.79
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	80 - 100 %	OBSERVACIONES:
No8	2.380	96.52	19.30	19.30	80.70		
No10	2.000					50 - 85 %	
No16	1.190	72.85	14.57	33.87	66.13		
No20	0.840					25 - 60 %	
No30	0.590	87.74	17.55	51.42	48.58		
No40	0.420					10 - 30 %	
No 50	0.300	143.15	28.63	80.05	19.95		
No60	0.250					2-10%	
No80	0.180						
No100	0.149	69.91	13.98	94.03	5.97		
No200	0.074	10.46	2.09	96.13	3.87		
BASE		19.37	3.87	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		3.87					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. *[Signature]*
 403267



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

CANTERA : AYAVIRI - AGREGADO GRUESO
 : AYAVIRI - AGREGADO FINO

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

FECHA : 11 DE JUNIO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	305.41
P.T.M. SEC	292.82
P.TARRO	52.14
P. AGUA	12.59
P.S.SECO	240.68
% HUMEDAD	5.23

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	440.67
P.T.M. SECA	428.05
P.TARRO	58.92
P. AGUA	12.62
P.S.SECO	369.13
% HUMEDAD	3.42

PESOS UNITARIOS

AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9284	5920	2128	1581
9287	5920	2128	1582
9262	5920	2128	1570
			1578

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9471	5920	2128	1669
9489	5920	2128	1677
9473	5920	2128	1670
			1672

AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
11807	7105	3241	1451
11823	7105	3241	1456
11835	7105	3241	1459
			1455

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
12112	7105	3241	1545
12168	7105	3241	1562
12211	7105	3241	1575
			1561

OBSERVACIONES: LOS ENSAYOS FUERON REALIZADAS POR LOS TESISISTAS EN LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CARRERA INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Amanda Yana Torres



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

CANTERA : AYAVIRI - AGREGADO GRUESO

 : AYAVIRI - AGREGADO FINO

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

FECHA : 11 DE JUNIO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm ³	2128 cm ³	2128 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9284.00 gr	9287.00 gr	9262.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3364.00 gr	3367.00 gr	3342.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.581 gr/cm ³	1.582 gr/cm ³	1.570 gr/cm ³
PROMEDIO	1.578 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm ³	2128 cm ³	2128 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9471.00 gr	9489.00 gr	9473.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3551.00 gr	3569.00 gr	3553.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.669 gr/cm ³	1.677 gr/cm ³	1.670 gr/cm ³
PROMEDIO	1.672 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

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

[Firma]
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

JULIACA - PERU



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

CANTERA : AYAVIRI - AGREGADO GRUESO

: AYAVIRI - AGREGADO FINO

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

FECHA : 11 DE JUNIO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)

PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm ³	3241 cm ³	3241 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	11807.00 gr	11823.00 gr	11835.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4702.00 gr	4718.00 gr	4730.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.451 gr/cm ³	1.456 gr/cm ³	1.459 gr/cm ³
PROMEDIO	1.455 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm ³	3241 cm ³	3241 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12112.00 gr	12168.00 gr	12211.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5007.00 gr	5063.00 gr	5106.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.545 gr/cm ³	1.562 gr/cm ³	1.575 gr/cm ³
PROMEDIO	1.561 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
E.I.C.P. - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
Nº 103257



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



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

CANTERA : AYAVIRI - AGREGADO GRUESO

: AYAVIRI - AGREGADO FINO

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

FECHA : 11 DE JUNIO DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO

N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	305.41
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	292.82
PESO DEL TARRO (gr.)	52.14
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	253.27
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	240.68
PESO DEL AGUA (gr.)	12.59
% HUMEDAD	5.23

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	440.67
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	428.05
PESO DEL TARRO (gr.)	58.92
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	381.75
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	369.13
PESO DEL AGUA (gr.)	12.62
% HUMEDAD	3.42

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Análito Yana Torres
 C.I.P. 103257



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

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO REICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

CANTERA : AYAVIRI - AGREGADO GRUESO
 AYAVIRI - AGREGADO FINO

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

FECHA : 11 DE JUNIO DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
 ACI 211.1.81

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

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

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI TIPO IP

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: **3/4"** (19.05mm)

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

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.55	2.73
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1561	1672
P.U. Suelto	1455	1578
% de Absorción	1.79	2.88
% de Humedad Natural	3.42	5.23
Modulo de Fineza	-	2.79

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal **3/4"** (19.05mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: **205 Lt/m³**
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: **2.0 %**
- Como se prevé que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.55**
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$\left(\frac{205 \text{ Lt/m}^3}{0.55} \right) = 372 \text{ Kg/m}^3$$

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JEFATURA
 Mgr. Orlando Yana Torres
 C.P. 103257

BIE : B018 - 00087001



7. De acuerdo al módulo de finza del agregado fino = 2.79 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1561 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.596 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.596) * (1561) = 930 \text{ Kg/m}^3$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Volúmen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volúmen absoluto de cemento} &= (373) / (2.85 * 1000) = 0.131 \\ \text{Volúmen absoluto de agregado grueso} &= (930) / (2.53 * 1000) = 0.368 \\ \text{Volúmen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volúmen sub total} &= 0.723 \end{aligned}$$

Volúmen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.723) = 0.277 \text{ m}^3$$

$$(0.277) * (2.73) * 1000 = 756 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$\text{Agregado grueso húmedo } (930) * (1.034188) = 962 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo } (756) * (1.0523) = 796 \text{ Kg.}$$

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

$$205 - 930 * \left(\frac{3.42 - 1.79}{100} \right) - 756 \left(\frac{5.23 - 2.88}{100} \right) = 172$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	373	1.00	373	1.00
Agua	205	0.55	172	0.46
Agreg. Grueso	930	2.50	962	2.58
Agreg. Fino	756	2.03	796	2.14
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.77 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento : 42.50 Kg
 Agregado fino húmedo : 90.75 Kg
 Agregado grueso húmedo : 109.70 Kg
 Agua efectiva : 19.62 Kg



UNIVERSIDAD NACIONAL NESTOR CERDAS VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

M.Sc. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 103257

BIE: B018-00087001



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 1.0 Bolsa de Cemento: | Redondeo |
| - 2.03 p3 de Arena | 2.0 p3 de Arena |
| - 2.66 p3 de Piedra Chancada | 2.7 p3 de Piedra Chancada |
| - 20 Lt de Agua | 20 Lt de Agua |

RECOMENDACIONES

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

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

OBSERVACIONES:

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


 UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERQUEZ VELASQUEZ
 FICP - C.A. INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Mg. Araldo Yana Torres
 CIP. 193257





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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI
SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ
LUGAR : LABORATORIO-MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CONCRETO CONVENCIONAL

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	25123	14.98	176.24	142.55	210	12/06/2024	19/06/2024	7	67.88
2	BRIQUETA DE PRUEBA	24661	14.98	176.24	139.93	210	12/06/2024	19/06/2024	7	66.63
3	BRIQUETA DE PRUEBA	25002	15.01	176.95	141.29	210	12/06/2024	19/06/2024	7	67.28
4	BRIQUETA DE PRUEBA	24135	14.98	176.24	136.94	210	12/06/2024	19/06/2024	7	65.21
5	BRIQUETA DE PRUEBA	23999	14.98	176.24	136.17	210	12/06/2024	19/06/2024	7	64.84
Promedio De Esf. Rotura					139.38					66.37

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33152	14.98	176.24	188.10	210	12/06/2024	26/06/2024	14	89.57
2	BRIQUETA DE PRUEBA	34045	14.98	176.24	193.17	210	12/06/2024	26/06/2024	14	91.99
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33876	15.01	176.95	191.44	210	12/06/2024	26/06/2024	14	91.16
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33012	15.01	176.95	186.56	210	12/06/2024	26/06/2024	14	88.84
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34021	14.98	176.24	193.03	210	12/06/2024	26/06/2024	14	91.92
Promedio De Esf. Rotura					190.46					90.70

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	37115	15.01	176.95	209.75	210	12/06/2024	10/07/2024	28	99.88
2	BRIQUETA DE PRUEBA	38642	15.01	176.95	218.38	210	12/06/2024	10/07/2024	28	103.99
3	BRIQUETA DE PRUEBA	37284	14.98	176.24	211.55	210	12/06/2024	10/07/2024	28	100.74
4	BRIQUETA DE PRUEBA	38159	14.98	176.24	216.51	210	12/06/2024	10/07/2024	28	103.10
5	BRIQUETA DE PRUEBA	37016	15.01	176.95	209.19	210	12/06/2024	10/07/2024	28	99.61
Promedio De Esf. Rotura					213.08					101.46

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

FECHA : JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON FIBRAS DE ALUMINIO RECICLADO AL 2.5%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	24562	15.01	176.95	138.81	210	12/06/2024	19/06/2024	7	66.10
2	BRIQUETA DE PRUEBA	24069	14.98	176.24	136.57	210	12/06/2024	19/06/2024	7	65.03
3	BRIQUETA DE PRUEBA	24761	14.98	176.24	140.49	210	12/06/2024	19/06/2024	7	66.90
4	BRIQUETA DE PRUEBA	23458	14.98	176.24	133.10	210	12/06/2024	19/06/2024	7	63.38
5	BRIQUETA DE PRUEBA	23689	15.01	176.95	133.87	210	12/06/2024	19/06/2024	7	63.75
Promedio De Esf. Rotura					136.57					65.03

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	32512	15.01	176.95	183.74	210	12/06/2024	26/06/2024	14	87.49
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33645	15.01	176.95	190.14	210	12/06/2024	26/06/2024	14	90.54
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33201	14.98	176.24	188.38	210	12/06/2024	26/06/2024	14	89.71
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33026	14.98	176.24	187.39	210	12/06/2024	26/06/2024	14	89.23
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34003	15.01	176.95	192.16	210	12/06/2024	26/06/2024	14	91.51
Promedio De Esf. Rotura					188.36					89.70

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	39421	15.01	176.95	222.78	210	12/06/2024	10/07/2024	28	106.09
2	BRIQUETA DE PRUEBA	39867	14.98	176.24	226.20	210	12/06/2024	10/07/2024	28	107.72
3	BRIQUETA DE PRUEBA	38125	14.98	176.24	216.32	210	12/06/2024	10/07/2024	28	103.01
4	BRIQUETA DE PRUEBA	38971	14.98	176.24	221.12	210	12/06/2024	10/07/2024	28	105.30
5	BRIQUETA DE PRUEBA	39678	15.01	176.95	224.23	210	12/06/2024	10/07/2024	28	106.78
Promedio De Esf. Rotura					222.13					105.78

OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - C.P. INGENIERÍA CIVIL

Mg. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

BIE : B018 - 00087001



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON FIBRAS DE ALUMINIO RECICLADO AL 4.5%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	23431	15.01	176.95	132.42	210	12/06/2024	19/06/2024	7	63.06
2	BRIQUETA DE PRUEBA	24364	14.98	176.24	138.24	210	12/06/2024	19/06/2024	7	65.83
3	BRIQUETA DE PRUEBA	22845	14.98	176.24	129.62	210	12/06/2024	19/06/2024	7	61.72
4	BRIQUETA DE PRUEBA	22547	14.98	176.24	127.93	210	12/06/2024	19/06/2024	7	60.92
5	BRIQUETA DE PRUEBA	23751	15.01	176.95	134.22	210	12/06/2024	19/06/2024	7	63.92
Promedio De Esf. Rotura					132.49					63.09

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	32714	14.98	176.24	185.62	210	12/06/2024	26/06/2024	14	88.39
2	BRIQUETA DE PRUEBA	34625	14.98	176.24	196.46	210	12/06/2024	26/06/2024	14	93.55
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33017	15.01	176.95	186.59	210	12/06/2024	26/06/2024	14	88.85
4	BRIQUETA DE PRUEBA	34546	14.98	176.24	196.01	210	12/06/2024	26/06/2024	14	93.34
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34002	14.98	176.24	192.93	210	12/06/2024	26/06/2024	14	91.87
Promedio De Esf. Rotura					191.52					91.20

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	40369	15.01	176.95	228.14	210	12/06/2024	10/07/2024	28	108.64
2	BRIQUETA DE PRUEBA	39451	15.01	176.95	222.95	210	12/06/2024	10/07/2024	28	106.17
3	BRIQUETA DE PRUEBA	39324	14.98	176.24	223.12	210	12/06/2024	10/07/2024	28	106.25
4	BRIQUETA DE PRUEBA	38990	14.98	176.24	221.23	210	12/06/2024	10/07/2024	28	105.35
5	BRIQUETA DE PRUEBA	39865	15.01	176.95	225.29	210	12/06/2024	10/07/2024	28	107.28
Promedio De Esf. Rotura					224.15					106.74

OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - FICP INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. INVESTIGADOR
Mg. Arnoldo Yana Torres
CIP. 103257

BIE : B018 - 00087001



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON FIBRAS DE ALUMINIO RECICLADO AL 6.5%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	22486	15.01	176.95	127.08	210	12/06/2024	19/06/2024	7	60.51
2	BRIQUETA DE PRUEBA	24272	14.98	176.24	137.72	210	12/06/2024	19/06/2024	7	65.58
3	BRIQUETA DE PRUEBA	23998	14.98	176.24	136.16	210	12/06/2024	19/06/2024	7	64.84
4	BRIQUETA DE PRUEBA	22887	15.01	176.95	129.34	210	12/06/2024	19/06/2024	7	61.59
5	BRIQUETA DE PRUEBA	24212	14.98	176.24	137.38	210	12/06/2024	19/06/2024	7	65.42
Promedio De Esf. Rotura					133.54					63.59

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	34521	14.98	176.24	195.87	210	12/06/2024	26/06/2024	14	93.27
2	BRIQUETA DE PRUEBA	34130	14.98	176.24	193.65	210	12/06/2024	26/06/2024	14	92.22
3	BRIQUETA DE PRUEBA	34026	15.01	176.95	192.29	210	12/06/2024	26/06/2024	14	91.57
4	BRIQUETA DE PRUEBA	34418	15.01	176.95	194.51	210	12/06/2024	26/06/2024	14	92.62
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34852	14.98	176.24	197.75	210	12/06/2024	26/06/2024	14	94.17
Promedio De Esf. Rotura					194.81					92.77

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	40357	14.98	176.24	228.98	210	12/06/2024	10/07/2024	28	109.04
2	BRIQUETA DE PRUEBA	39456	14.98	176.24	223.87	210	12/06/2024	10/07/2024	28	106.61
3	BRIQUETA DE PRUEBA	41230	15.02	177.19	232.69	210	12/06/2024	10/07/2024	28	110.81
4	BRIQUETA DE PRUEBA	41571	14.98	176.24	235.87	210	12/06/2024	10/07/2024	28	112.32
5	BRIQUETA DE PRUEBA	38653	15.01	176.95	218.44	210	12/06/2024	10/07/2024	28	104.02
Promedio De Esf. Rotura					227.97					108.56

OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Anaido Yana-Torres
 CIP: 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI
SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ
LUGAR: LABORATORIO-MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON FIBRAS METÁLICAS AL 3%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	25486	15.01	176.95	144.03	210	12/06/2024	19/06/2024	7	68.59
2	BRIQUETA DE PRUEBA	24510	14.98	176.24	139.07	210	12/06/2024	19/06/2024	7	66.22
3	BRIQUETA DE PRUEBA	24013	14.98	176.24	136.25	210	12/06/2024	19/06/2024	7	64.88
4	BRIQUETA DE PRUEBA	23862	14.98	176.24	135.39	210	12/06/2024	19/06/2024	7	64.47
5	BRIQUETA DE PRUEBA	24337	15.01	176.95	137.54	210	12/06/2024	19/06/2024	7	65.49
Promedio De Esf. Rotura					138.46					65.93

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	34095	14.98	176.24	193.45	210	12/06/2024	26/06/2024	14	92.12
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33842	14.98	176.24	192.02	210	12/06/2024	26/06/2024	14	91.44
3	BRIQUETA DE PRUEBA	34376	15.01	176.95	194.27	210	12/06/2024	26/06/2024	14	92.51
4	BRIQUETA DE PRUEBA	34128	14.98	176.24	193.64	210	12/06/2024	26/06/2024	14	92.21
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34492	14.98	176.24	195.71	210	12/06/2024	26/06/2024	14	93.19
Promedio De Esf. Rotura					193.82					92.29

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	39012	15.01	176.95	220.47	210	12/06/2024	10/07/2024	28	104.99
2	BRIQUETA DE PRUEBA	38451	15.01	176.95	217.30	210	12/06/2024	10/07/2024	28	103.48
3	BRIQUETA DE PRUEBA	38022	14.98	176.24	215.74	210	12/06/2024	10/07/2024	28	102.73
4	BRIQUETA DE PRUEBA	37660	14.98	176.24	213.68	210	12/06/2024	10/07/2024	28	101.75
5	BRIQUETA DE PRUEBA	37002	15.01	176.95	209.11	210	12/06/2024	10/07/2024	28	99.58
Promedio De Esf. Rotura					215.26					102.50

OBSERVACIONES:

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



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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON FIBRAS METÁLICAS AL 5%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA		ESF. ROTURA	F'c	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%	
		Kg	cm							
1	BRIQUETA DE PRUEBA	23926	15.01	176.95	135.21	210	12/06/2024	19/06/2024	7	64.39
2	BRIQUETA DE PRUEBA	25866	14.98	176.24	146.76	210	12/06/2024	19/06/2024	7	69.89
3	BRIQUETA DE PRUEBA	24424	14.98	176.24	138.58	210	12/06/2024	19/06/2024	7	65.99
4	BRIQUETA DE PRUEBA	25561	14.98	176.24	145.03	210	12/06/2024	19/06/2024	7	69.06
5	BRIQUETA DE PRUEBA	25038	15.01	176.95	141.50	210	12/06/2024	19/06/2024	7	67.38
Promedio De Esf. Rotura					141.42					

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA		ESF. ROTURA	F'c	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%	
		Kg	cm							
1	BRIQUETA DE PRUEBA	34421	14.98	176.24	195.30	210	12/06/2024	26/06/2024	14	93.00
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33848	14.98	176.24	192.05	210	12/06/2024	26/06/2024	14	91.45
3	BRIQUETA DE PRUEBA	34225	15.01	176.95	193.42	210	12/06/2024	26/06/2024	14	92.10
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33462	14.98	176.24	189.86	210	12/06/2024	26/06/2024	14	90.41
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34110	14.98	176.24	193.54	210	12/06/2024	26/06/2024	14	92.16
Promedio De Esf. Rotura					192.83	91.83				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA		ESF. ROTURA	F'c	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%	
		Kg	cm							
1	BRIQUETA DE PRUEBA	37752	15.01	176.95	213.35	210	12/06/2024	10/07/2024	28	101.59
2	BRIQUETA DE PRUEBA	39021	15.01	176.95	220.52	210	12/06/2024	10/07/2024	28	105.01
3	BRIQUETA DE PRUEBA	38455	14.98	176.24	218.19	210	12/06/2024	10/07/2024	28	103.90
4	BRIQUETA DE PRUEBA	38102	14.98	176.24	216.19	210	12/06/2024	10/07/2024	28	102.95
5	BRIQUETA DE PRUEBA	39134	15.01	176.95	221.16	210	12/06/2024	10/07/2024	28	105.31
Promedio De Esf. Rotura					217.88	103.75				

OBSERVACIONES:

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


 Mat. Arnaldo Iana Torres
 CIP: 103257

BIE: B018 - 00087001



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

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO REICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI
SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON FIBRAS METÁLICAS AL 7%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	27994	15.01	176.95	158.20	210	12/06/2024	19/06/2024	7	75.33
2	BRIQUETA DE PRUEBA	27865	14.98	176.24	158.11	210	12/06/2024	19/06/2024	7	75.29
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28136	14.98	176.24	159.64	210	12/06/2024	19/06/2024	7	76.02
4	BRIQUETA DE PRUEBA	27014	14.98	176.24	153.28	210	12/06/2024	19/06/2024	7	72.99
5	BRIQUETA DE PRUEBA	26451	15.01	176.95	149.48	210	12/06/2024	19/06/2024	7	71.18
Promedio De Esf. Rotura					155.74					74.16

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	35227	14.98	176.24	199.88	210	12/06/2024	26/06/2024	14	95.18
2	BRIQUETA DE PRUEBA	36485	14.98	176.24	207.01	210	12/06/2024	26/06/2024	14	98.58
3	BRIQUETA DE PRUEBA	35961	15.01	176.95	203.23	210	12/06/2024	26/06/2024	14	96.77
4	BRIQUETA DE PRUEBA	36829	14.98	176.24	208.97	210	12/06/2024	26/06/2024	14	99.51
5	BRIQUETA DE PRUEBA	35946	14.98	176.24	203.96	210	12/06/2024	26/06/2024	14	97.12
Promedio De Esf. Rotura					204.61					97.43

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	41357	15.01	176.95	233.72	210	12/06/2024	10/07/2024	28	111.30
2	BRIQUETA DE PRUEBA	40685	15.01	176.95	229.92	210	12/06/2024	10/07/2024	28	109.49
3	BRIQUETA DE PRUEBA	41759	14.98	176.24	236.94	210	12/06/2024	10/07/2024	28	112.83
4	BRIQUETA DE PRUEBA	40957	14.98	176.24	232.39	210	12/06/2024	10/07/2024	28	110.66
5	BRIQUETA DE PRUEBA	42035	15.01	176.95	237.55	210	12/06/2024	10/07/2024	28	113.12
Promedio De Esf. Rotura					234.11					111.48

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JEFATURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JULIACA - TROMA
Mgtr. Arnaldo Lana Torres
CIP 402257

BIE : B018 - 00087001



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI
SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA PATRON

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1436.97	21.360	22.16	210.00	7	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1405.12	20.817		210.00	7	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1521.05	22.534		210.00	7	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1609.19	23.840		210.00	7	
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1501.07	22.238		210.00	7	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2479.31	36.853	36.50	210.00	14	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2526.47	37.429		210.00	14	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2354.61	34.883		210.00	14	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2500.45	37.044		210.00	14	
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2450.11	36.298		210.00	14	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	4112.31	61.127	61.65	210.00	28	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4275.16	63.336		210.00	28	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4162.00	61.659		210.00	28	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4229.31	62.656		210.00	28	
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4013.84	59.464		210.00	28	

OBSERVACIONES:

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


 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

FECHA : JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRAS DE ALUMINIO RECICLADO AL 2.5%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1947.35	28.946	28.54	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1876.22	27.796		210.00	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1842.34	27.294		210.00	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2024.50	29.993		210.00	7
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1935.74	28.678		210.00	7

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2745.66	40.812	41.73	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2851.20	42.240		210.00	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2926.38	43.354		210.00	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2718.35	40.272		210.00	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2834.16	41.988		210.00	14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	4647.10	69.076	70.72	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4812.64	71.298		210.00	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4765.33	70.597		210.00	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4918.27	72.863		210.00	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4709.61	69.772		210.00	28

OBSERVACIONES:

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



[Firma manuscrita]
Ing. Ana del Yana Torres
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
103267

BIE : B018 - 00087001



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRAS DE ALUMINIO RECICLADO AL 4.5%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1558.74	23.170	23.05	210.00	7	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1534.62	22.735				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1715.40	25.413				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1525.21	22.596				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1439.33	21.323				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2591.34	38.519	38.46	210.00	14	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2618.65	38.795				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2602.59	38.557				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2512.30	37.219				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2647.92	39.228				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	4624.30	68.737	66.95	210.00	28	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4437.54	65.741				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4568.21	67.677				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4445.56	65.860				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4502.98	66.711				

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
 Mgr. Aracely Yana Torres
 015 103257

BIE : B018 - 00087001



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

TEMA : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI
SOLICITANTE : Bach: OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRAS DE ALUMINIO RECICLADO AL 6.5%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1231.42	18.304	20.61	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1473.61	21.831			7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1395.94	20.681			7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1456.82	21.583			7
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1394.69	20.662			7

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2029.99	30.175	30.92	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2183.34	32.346			14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2036.58	30.172			14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2215.77	32.826			14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1964.63	29.106			14

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	4092.78	60.837	59.10	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4067.33	60.257			28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3855.26	57.115			28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3935.71	58.307			28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3981.07	58.979			28

OBSERVACIONES:

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



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

Magr. Arnaldo Yana Torres
CIP 198252

BIE: B018 - 00087001



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRAS METÁLICAS AL 3%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1681.60	24.996	27.00	210.00	7	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1836.40	27.206				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1744.03	25.837				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2005.61	29.713				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1839.77	27.256				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2712.64	40.322	39.13	210.00	14	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2533.53	37.534				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2816.99	41.733				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2624.82	38.886				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2508.71	37.166				

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	4359.67	64.804	66.35	210.00	28	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4511.36	66.835				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4436.05	65.719				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4507.68	66.780				
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4562.93	67.599				

OBSERVACIONES:

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

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

Mtro. Arnoldo Luna
 615 102777



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRAS METÁLICAS AL 5%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	1973.21	29.331	29.63	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1856.47	27.503		210.00	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2188.91	32.428		210.00	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1894.02	28.060		210.00	7
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2081.65	30.839		210.00	7

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2872.03	42.691	40.87	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2674.95	39.629		210.00	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2596.12	38.461		210.00	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2783.46	41.236		210.00	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2857.31	42.331		210.00	14

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	4633.06	68.867	68.80	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4585.64	67.935		210.00	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4689.72	69.477		210.00	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4703.15	69.676		210.00	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4592.82	68.042		210.00	28

OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A.
 JEFATURA
 Mtr. Anilda Yara Torres
 2023

BIF: B018-00087001



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

SOLICITANTE: Bach. OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

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

FECHA: JUNIO - JULIO DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRAS METÁLICAS AL 7%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	F'c Kg/cm ²	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2054.77	30.543	32.84	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2278.31	33.753		210.00	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2185.64	32.380		210.00	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2364.85	35.035		210.00	7
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2192.37	32.480		210.00	7

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	F'c Kg/cm ²	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	3475.22	51.657	50.08	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3362.87	49.820		210.00	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3256.48	48.244		210.00	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3481.29	51.575		210.00	14
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3314.66	49.106		210.00	14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	F'c Kg/cm ²	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	4826.48	71.743	71.96	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4756.34	70.464		210.00	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4934.88	73.109		210.00	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4769.84	70.664		210.00	28
5	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4981.67	73.803		210.00	28

OBSERVACIONES:

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



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

Mtro. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103250

BIE : B018 - 00087001



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 09-10-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: OSWALDO AROCUTIPA GOMEZ

Dirección: Jr. ECHENIQUE 344 CESAR VALLEJO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74777508

Teléfono: 939 617 896 email: oswaldoarocutipa17@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CONVENCIONAL

CON APLICACIÓN DE FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO Y FIBRAS

METÁLICAS EN EL DISTRITO DE AYAVIRI

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONCRETO CONVENCIONAL, FIBRA DE ALUMINIO RECICLADO, FIBRAS METÁLICAS, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

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

1

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

09-10-2024

Fecha