



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND  
SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE  
INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE**

**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**

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND  
SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE  
INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:   
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO**

:   
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

**ASESOR DE TESIS**

:   
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 214-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 29 de mayo de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 057-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°1194-2023 de fecha 07 de mayo de 2023 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniería Civil** y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el Bachiller: **EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- \* **Presidente** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **2do Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **Asesor** : **Mgr. ARNALDO YANA TORRES**

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.** - **APROBAR** Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: **EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : viernes 31 de mayo de 2024
- \* **HORA** : 10:30
- \* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

**ARTICULO SEGUNDO.** - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c. Arch. 2024  
Interesado  
Escuela Profesional

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



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 85531





"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1194-2023-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 07 de noviembre de 2023

**VISTOS:**

El **INFORME N° 700-2023-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Civil, **INFORME N° 123-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 645-2022-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **15 de julio de 2022** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **16 de octubre de 2023** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Mgr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **2do Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 137-2023, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgr. ARNALDO YANA TORRES.**

**ARTICULO TERCERO.-** La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación 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

Mgr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 85531

cc.  
archivo 2023  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 645-2022-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 15 de julio de 2022

**VISTOS:**

El **INFORME N° 0244-2022-D-UI-FICP.UANCV.** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 074-2022-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 065-2022-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **05 de julio de 2022**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Mgr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. LEONEL SUASACA PELINCO**
- \* **2do Miembro** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA**, correspondiente a la línea de investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, 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 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgr. ARNALDO YANA TORRES**

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Mgr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

Mgr. HERNAN ARTURO PINTO COAQUIRA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 86937

cc.  
archivo 2022  
interesado (a)



## EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

20%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

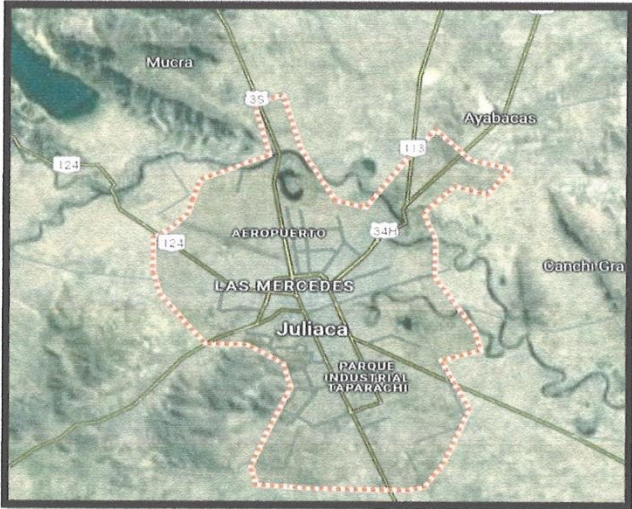
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	14%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	8%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
5	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1%



### Metadatos Complementarios

<b>Título de la Tesis</b>	
EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDA A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Eder Michael Paccori Benavente
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74206000
URL de ORCID	<a href="http://orcid.org/0009-0005-9747-1806">http://orcid.org/0009-0005-9747-1806</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="http://orcid.org/0000-0002-6740-5024">http://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa



Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	0241658
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción - P 17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin Financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú          Departamento: Puno          Provincia: San Román          Distrito: Juliaca          Coordenadas UTM Juliaca          Juliaca este : 378858          Juliaca norte : 8283261</p>  <p><a href="#">Juliaca - Google Maps</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2022 – Mayo 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería civil  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a>          Ingeniería de la construcción  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>          Ingeniería estructural y municipal  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04</a></p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 DIRECTOR  
 Dr. Efraín Carrillo Sosa  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE, identificado con DNI Nro. 74206000, en mi condición de egresado de:

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

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

“ EVALUACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA ”

Asesorado por: Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

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 16 de Agosto del 2024

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante



Huella



## DEDICATORIA

Dedico mi tesis a Dios. Él me dio la perseverancia para alcanzar mi meta.

A continuación, dedicada para mis padres, esta tesis también es para ellos. Son personas desinteresadas que siempre me animan. Han influido en mi vida y me han impulsado a avanzar en el mundo profesional. Su fe y su apoyo significan mucho para mí.

**E.M.P.B.**



## AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecido con la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Más aún con la Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Me han dado la formación y la guía para hacer realidad mi sueño. Mi sueño es ser un profesional en activo.

Mi asesor, el Dr. Arnaldo Yana Torres, también merece mi agradecimiento. Me ayudó en mi camino de tesis. Me ofreció un apoyo y una guía constantes a lo largo del camino.

**E.M.P.B.**



## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA

1.1 Exposición 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 Justificación de la investigación.....	3
1.3.1 Justificación técnica .....	3
1.3.2 Justificación económica.....	4
1.3.3 Justificación social.....	6
1.4 Objetivos .....	7
1.4.1 Objetivo general .....	7
1.4.2 Objetivos específicos .....	7
1.5 Hipótesis.....	8
1.5.1 Hipótesis general.....	8
1.5.2 Hipótesis específicas.....	8



1.6 Variables e indicadores.....9

**CAPÍTULO II**

**MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes de la investigación..... 10

2.2 Marco teórico..... 15

    2.2.1 Mecanismo de hidratación..... 15

    2.2.2 Agregados y clasificación ..... 17

    2.2.3 El agua y el curado en el concreto ..... 25

    2.2.4 Propiedades del concreto..... 29

    2.2.5 Fraguado y endurecimiento del concreto..... 36

    2.2.6 Durabilidad del concreto..... 40

    2.2.7 Factores que afectan la durabilidad del concreto..... 41

    2.2.8 Reacciones químicas en los agregados ..... 49

    2.2.9 Aditivos en el concreto ..... 53

    2.2.10 Clasificación de aditivos ..... 53

    2.2.11 Diseño de mezclas ..... 59

    2.2.12 Nociones de diseño estructural a fuego..... 60

    2.2.13 Escenarios de fuego..... 60

    2.2.14 Fuego de diseño..... 61

    2.2.15 Análisis mecánico..... 62

    2.2.16 Combinación de acciones ..... 63

    2.2.17 Acciones térmicas para el análisis de temperatura..... 63

    2.2.18 Requerimiento para estructuras de hormigón sometidas a fuego ..... 63

    2.2.19 Efecto de altas temperaturas en el hormigón ..... 64

    2.2.20 Mecanismos de daños en el hormigón sometido a altas temperaturas..... 64

    2.2.21 Porosidad y pérdida de peso del hormigón sometido a fuego..... 65

2.3 Marco conceptual ..... 66



2.3.1	Incendio .....	66
2.3.2	Combustión o fuego .....	66
2.3.3	Resistencia al fuego .....	66
2.3.4	Estabilidad al fuego .....	67
2.3.5	Estanqueidad a la llama .....	67
2.3.6	Fuego normalizado.....	67
2.3.7	Comportamiento del concreto armado frente a la acción del fuego .....	67
2.3.8	Comportamiento del concreto pre y postensado frente al fuego .....	68
2.3.9	Aditivo .....	68
2.3.10	Alcalinidad.....	68
2.3.11	Coacción transversal.....	68
2.3.12	Concreto armado.....	68
2.3.13	Durabilidad .....	68
2.3.14	Eflorescencia.....	68
2.3.15	Fisuras .....	69
2.3.16	Mortero de cemento .....	69
2.3.17	Oquedades o cangrejeras .....	69
2.3.18	Resistencia mecánica del concreto .....	69
2.3.19	Resistencia de los agregados.....	69
2.3.20	Resistencia de la pasta de cemento .....	70
2.3.21	Adherencia pasta-agregado .....	70
2.3.22	Comportamiento integral .....	70

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1	Método de investigación .....	72
3.2	Diseño de investigación .....	72
3.2.1	Enfoque cuantitativo.....	72



3.2.2	Nivel explicativo.....	73
3.2.3	Investigación tecnológica .....	73
3.3	Población y muestra .....	73
3.4	Instrumentos de recolección de datos.....	74
3.4.1	Para indicadores de la variable independiente .....	74
3.4.2	Para indicadores de la variable dependiente .....	75
3.5	Estilo de la redacción académica.....	75

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Características de los agregados para el concreto convencional de la cantera “isla” de Juliaca .....	76
4.2	Producción de un concreto convencional con agregados naturales de la cantera “isla” de Juliaca.....	77
4.3	Producción de un concreto convencional adicionado con fibras de acero “wirand” .85	
4.3.1	Características y especificaciones de las fibras de acero “wirand”.....	85
4.3.2	Análisis y control de resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero “wirand” .....	89
4.3.3	Análisis y control de resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero “Wirand”.....	91
4.3.4	Análisis comparativo de resistencia en compresión del concreto convencional y concreto convencional adicionado con fibras de acero “Wirand” .....	93
4.4	Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional a temperaturas de incendio .....	94
4.4.1	Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C .....	95
4.4.2	Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional a	



temperaturas de incendio de 300°C a 450°C .....	97
4.4.3 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional a temperaturas de incendio de 450°C a 600°C .....	98
4.5 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con fibras de acero "wirand" a temperaturas de incendio.....	100
4.5.1 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "Wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C.....	100
4.5.2 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "wirand" a temperaturas de incendio de 300°C a 450°C.....	102
4.5.3 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "wirand" a temperaturas de incendio de 450°C a 600°C.....	103
4.5.4 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C.....	104
4.5.5 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "Wirand" a temperaturas de incendio de 300°C A 450°C.....	107
4.5.6 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "wirand" a temperaturas de incendio de 450°C A 600°C.....	108
4.6 Empleo de concreto convencional con fibras de acero "wirand" en obras civiles .	110
4.7 Estudio de la correlación de la resistencia en "compresión y flexión del concreto convencional y concreto convencional adicionados con fibras de acero" "wirand" en viguetas .....	114
4.7.1 Estudio de la correlación de la resistencia en compresión y flexión del	



concreto convencional en viguetas.....	115
4.7.2 Estudio de la correlación de la resistencia en compresión y flexión del concreto convencional en viguetas con adición de 300 gr. de fibra de acero "Wirand" .....	116
4.7.3 Estudio de la correlación de "la resistencia en compresión y flexión del concreto convencional en viguetas con adición de 600 gr." de fibra de acero "Wirand" .....	118
CONCLUSIONES .....	120
RECOMENDACIONES.....	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
A N E X O S.....	126



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1** Efecto del contenido de sílice reactiva en el agregado sobre la expansión del concreto debida a la reacción alcali – agregado .....51

**Figura 2** Efecto del tamaño de la sílice reactiva constituyente del agregado en la expansión álcali – agregado .....51

**Figura 3** “Sección transversal, se muestra la dimensión, a” .....64

**Figura 4** “Pérdida de peso del concreto sometido a diferentes temperaturas” .....65

**Figura 5** (a) “Grafico de porosidad en función de la temperatura y” (b) .....66

**Figura 6** Volumen absoluto del cemento .....87



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Mecanismos de deterioro del concreto .....	41
<b>Tabla 2.</b> Efecto de sustancias químicas en el concreto .....	46
<b>Tabla 3.</b> Minerales, rocas y materiales sintéticos que pueden ser potencialmente reactivos con los álcalis del cemento .....	52
<b>Tabla 4.</b> Características físicas de agregados para el concreto convencional cantera: isla - Juliaca .....	76
<b>Tabla 5</b> Características resistentes de agregados para el concreto convencional cantera: "isla" - Juliaca.....	77
<b>Tabla 6.</b> Resultados de verificación de la resistencia en compresión del concreto convencional a la edad de 28 días.....	84
<b>Tabla 7.</b> Resultados de verificación de la resistencia en compresión del concreto convencional a la edad de 28 días con adición de 125 gr. de fibras de acero "WIRAND" 90	
<b>Tabla 8.</b> Resultados de verificación de la resistencia en compresión del concreto convencional a la edad de 28 días con adición de 250 gr. de fibras de acero "wirand" ....	92
<b>Tabla 9.</b> Resultados de resistencia en compresión del concreto convencional y concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" .....	93
<b>Tabla 10.</b> Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional expuesto a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C.....	96
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional expuesto a temperaturas de incendio de 300°C a 450°C.....	97
<b>Tabla 12.</b> Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional expuesto a temperaturas de incendio de 450°C a 600°C.....	99
<b>Tabla 13</b> Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "Wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C .....	101
<b>Tabla 14</b> Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado	



con 125 gr. de fibras de acero "wirand" expuesto a atemperaturas de incendio de 300°c a 450°c ..... 102

**Tabla 15.** Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "wirand" expuesto a atemperaturas de incendio de 450°c a 600°c ..... 103

**Tabla 16.** Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "Wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 150°c a 300°c ..... 106

**Tabla 17.** Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "wirand" expuesto a atemperaturas de incendio de 300°C a 450°C..... 107

**Tabla 18.** Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "wirand" expuesto a atemperaturas de incendio de 450°C a 600°C..... 109

**Tabla 19.** Resultados de la correlación de la resistencia en compresión y flexión de un concreto convencional en viguetas de 0.15 x 0.15 x 0.50 mt. .... 115

**Tabla 20.** Resultados de la correlación de la resistencia en compresión y flexión de un concreto convencional adicionado con 300 gr. de fibras de acero "Wirand" en viguetas DE 0.15 X 0.15 X 0.50 MT ..... 117

**Tabla 21.** Resultados de la correlación de la resistencia en compresión y flexión de un concreto convencional adicionado con 600 gr. de fibras de acero "wirand" en viguetas de 0.15 x 0.15 x 0.50 mt. .... 118



## RESUMEN

La producción de hormigón estándar combinado con fibras de acero "Wirand" con la intención de utilizarlo en vigas y losas es el objetivo principal de este proyecto de investigación. La conclusión del estudio consistirá en probar la resistencia del hormigón a la compresión y a la flexión exponiéndolo a temperaturas similares a las que se encuentran en los incendios. Al cabo de 28 días, el hormigón convencional con una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> alcanzó una media de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, lo que supone un 105,60% de la resistencia de diseño. El hormigón convencional con 125 g de fibras de acero "Wirand" por briqueta alcanzó una media de 237,37 kg/cm<sup>2</sup>, es decir, el 107,03% de la resistencia de diseño. El hormigón convencional con fibras de acero "Wirand" alcanzó 248,15, es decir, el 111,90% de la resistencia de diseño. Tras una investigación sobre la resistencia del material, se descubrió que la inclusión de fibras de acero "Wirand" da lugar a un aumento de la protección contra la presión.

Según los resultados, la resistencia disminuía a un ritmo acelerado a medida que la temperatura aumentaba de 150 grados Celsius a 300 grados Celsius, un 44,41% de 300 grados Celsius a 450 grados Celsius, y un 44,51% de 450 grados Celsius a 600 grados Celsius. Además, la resistencia disminuyó a un ritmo acelerado de 450 grados Celsius a 600 grados Celsius. Lo siguiente ocurre en el hormigón convencional cuando se le añaden 125 gramos de fibras de acero envueltas en briquetas "Wirand": Lo que ocurre cuando se combina una cantidad típica de hormigón con 250 gramos de fibras de acero incluidas en briquetas "Wirand" es que se producen los siguientes resultados: Tras realizar una investigación sobre el comportamiento a compresión del hormigón convencional en vigas de 0,15 x 0,15 x 0,15 x 0,50 metros en hormigón convencional y hormigón convencional que ha sido reforzado con fibras de acero "Wirand", se han descubierto los siguientes resultados: Entre las temperaturas de 150 y 300 grados Celsius, se produce un deterioro de la resistencia a la tracción del 6,0, 15,0 y 33,00%, respectivamente.



Se ha descubierto que la resistencia a la flexión del hormigón estándar mejora en un 31,01% cuando se compara con la resistencia a la compresión de 600 gramos de fibras de acero "Wirand". Esto se descubrió comparando las resistencias a la compresión de los dos materiales. Cuando se combinan 600 gramos de fibras de acero "Wirand" con hormigón normal, la combinación resultante tiene una resistencia a la compresión de 221,74 kg/cm<sup>2</sup>, lo que se traduce en una resistencia a la flexión un 31,01% superior a su resistencia a la compresión y un 37,02% superior a su resistencia a la compresión. Además, la mezcla tiene una resistencia a la compresión un 37,02% superior a su resistencia a la compresión. Se sabe que las fibras de acero aumentan la resistencia a la compresión de un material, pero se sabe que las fibras de acero "Wirand" aumentan tanto la resistencia a la compresión como la resistencia a la flexión del material. A temperaturas más altas, se destruye la integridad estructural del hormigón que arde a gran velocidad.

**Palabras clave:** Resistencia, Fibras, Temperatura, Compresión, Flexión.



## ABSTRACT

The production of standard concrete combined with "Wirand" steel fibers with the intention of using it in beams and slabs is the main objective of this research project. The conclusion of the study will be to test the compressive and flexural strength of the concrete by exposing it to temperatures similar to those encountered in fires. After 28 days, the conventional concrete with a design strength of 210 kg/cm<sup>2</sup> achieved an average of 221.77 kg/cm<sup>2</sup>, which is 105.60% of the design strength. Conventional concrete with 125 g of "Wirand" steel fibers per briquette achieved an average of 237.37 kg/cm<sup>2</sup>, or 107.03% of the design strength. Conventional concrete with "Wirand" steel fibers achieved 248.15, i.e. 111.90% of the design strength. Following an investigation into the strength of the material, it was found that the inclusion of "Wirand" steel fibers results in an increase in pressure protection.

According to the results, the resistance decreased at an accelerated rate as the temperature increased from 150 degrees Celsius to 300 degrees Celsius, 44.41% from 300 degrees Celsius to 450 degrees Celsius, and 44.51% from 450 degrees Celsius to 600 degrees Celsius. In addition, strength decreased at an accelerated rate from 450 degrees Celsius to 600 degrees Celsius. The following occurs in conventional concrete when 125 grams of steel fibers wrapped in "Wirand" briquettes are added: What happens when a typical amount of concrete is combined with 250 grams of steel fibers enclosed in "Wirand" briquettes is that the following results occur: After conducting an investigation of the compressive behavior of conventional concrete in 0.15 x 0.15 x 0.15 x 0.15 x 0.15 x 0.50 meter beams in conventional concrete and conventional concrete that has been reinforced with "Wirand" steel fibers, the following results have been discovered: Between temperatures of 150 and 300 degrees Celsius, there is a deterioration in tensile strength of 6.0, 15.0 and 33.00%, respectively.



The flexural strength of standard concrete has been found to improve by 31.01% when compared to the compressive strength of 600 grams of "Wirand" steel fibers. This was discovered by comparing the compressive strengths of the two materials. When 600 grams of "Wirand" steel fibers are combined with normal concrete, the resulting combination has a compressive strength of 221.74 kg/cm<sup>2</sup>, which translates into a flexural strength 31.01% higher than its compressive strength and 37.02% higher than its compressive strength. In addition, the mixture has a compressive strength 37.02% higher than its compressive strength. Steel fibers are known to increase the compressive strength of a material, but "Wirand" steel fibers are known to increase both the compressive strength and flexural strength of the material. At higher temperatures, the structural integrity of the concrete burning at high speed is destroyed.

**Keywords:** Strength, Fibers, Temperature, Compression, Flexure.



## INTRODUCCIÓN

Conocer los elementos clave del comportamiento mecánico del hormigón hidráulico es crucial a la hora de evaluarlo como un magnífico material de construcción. En primer lugar, el hormigón estándar es adecuado para esfuerzos sometidos a fuerzas de compresión.

En segundo lugar, el concreto que fue usado en la elaboración en losas de pavimento esta propenso a fracturarse, aunque esto puede desarrollarse con éxito añadiendo aditivos como fibras de acero "Wirand", cuando se utilizan de acuerdo con los métodos recomendados, según los resultados de la observación del presente estudio de las temperaturas de incendio a las que se expone frecuentemente el hormigón, la resistencia del hormigón se pierde más rápidamente a temperaturas más altas lo que lo vuelve vulnerable a cualquier tipo de carga, ya que el concreto que ha estado sometido a altas temperaturas sufre modificaciones en sus propiedades mecánicas lo que hace que los elementos que hayan sufrido exposición a elevadas temperaturas tales como incendios son elementos vulnerables que no tendrán un adecuado comportamiento estructural.

Aunque el hormigón puede soportar temperaturas de más de 200 grados centígrados en llamas, calor intenso (60 grados centígrados durante horas), frío extremo (-20 grados centígrados en la región de Puno), es vital comprender cómo afectan estas circunstancias a la resistencia a la compresión del hormigón.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1 Exposición de la situación problemática

La producción de concreto en la localidad de Juliaca se viene realizando con procedimientos tradicionales, en gran medida el comportamiento imprudente de los empresarios involucrados, la ausencia de controles de calidad y la falta de conocimientos técnicos, entre otros aspectos relacionados a la producción de concreto, estos no llegan a alcanzar las sollicitaciones de resistencia mecánica para las que están diseñadas no encontrándose dentro del parámetro mínimo requerido por las normas técnicas. El concreto consiste en lo siguiente: Producir hormigón que pueda responder a esfuerzos de compresión y flexión, por ejemplo, requiere el uso de nuevas tecnologías en algunas situaciones. A este respecto, cabe señalar que los pavimentos de hormigón hidráulico rígido en Juliaca corren constantemente el riesgo de agrietarse rápidamente. Como resultado, numerosos productores de fibra de acero han estado desarrollando fibras de acero con diversas calidades para disminuir la fisuración del hormigón, especialmente cuando se expone a presiones de compresión y flexión. A la luz de la información presentada anteriormente, el presente estudio analiza un método cualitativo de separación de los componentes del hormigón. Para lograr este objetivo, se tienen en cuenta las normas especificadas por el fabricante de fibras de acero conocido como



"Wirand", se forman hormigones lisos y aditivados, se investiga el comportamiento de los hormigones en condiciones normales y, por último, se calientan los hormigones a temperaturas equivalentes a las de un incendio. Los resultados se analizarán sin sesgos para determinar los beneficios y los niveles de rendimiento asociados a ellos. Se podrán elegir las actividades a realizar en el futuro para generar hormigones hidráulicos en nuestro entorno, y esta elección se basará en los objetivos que se tengan en cuenta.

## 1.2 Planteamiento del problema

### 1.2.1 *Problema general*

¿Cómo reacciona la resistencia a la compresión y a la flexión el hormigón estándar reforzado con fibras de acero "Wirand" cuando se somete a temperaturas de fuego en la localidad de Juliaca?

### 1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Cómo será el proceso de construcción con hormigón convencional combinado con fibras de acero "Wirand" empleado en losas y vigas de hormigón?
2. ¿Qué efecto tiene cuando se construyen losas y vigas con hormigón y hormigón reforzado con fibra de acero "Wirand" en la resistencia a la compresión del concreto?
3. ¿Cómo se comportan el hormigón convencional reforzado con fibras de acero "Wirand" y el hormigón convencional en términos de resistencia a la compresión a distintas temperaturas de incendio?
4. ¿Cómo se comporta el concreto adicionado con fibras de acero "Wirand" en términos de resistencia a la flexión cuando se utiliza para construir vigas de hormigón?



## 1.3 Justificación de la investigación

### 1.3.1 Justificación técnica

En un sentido general, la resistencia mecánica potencial del hormigón viene determinada por el vínculo que se establece entre la pasta de cemento y los áridos, además de por las propiedades específicas que posee cada material individual. Esto es cierto incluso si cada material tiene sus propias cualidades únicas. Es esencial tener en cuenta el grado de densificación que se ha logrado en la mezcla de hormigón, ya que la cantidad de huecos en el hormigón que se ha dejado endurecer tiene un impacto significativo en la resistencia mecánica del hormigón. Por la misma razón, es absolutamente necesario tener en cuenta el grado de densificación que se ha logrado en la mezcla de hormigón. Al desarrollar la mezcla con las disposiciones que se van a implementar, es imperativo que se tomen en consideración los tres primeros criterios. (2015) Castillo y Pancca, N. Castillo y N. Pancca, N. Castillo y N.

Aunque el hormigón pueda sobrevivir a altas temperaturas (más de 200 grados centígrados en las llamas), a fuertes calores (60 grados centígrados durante horas) y a fríos extremos (-20 grados centígrados en la región de Puno), sigue siendo beneficioso conocer cómo influyen estas circunstancias en la resistencia mecánica del hormigón.

La cantidad de cambios que pueden producirse en el hormigón y sus componentes viene determinada principalmente por la temperatura alcanzada, el tiempo de exposición del hormigón y los componentes que lo componen. Como consecuencia directa de ello, el porcentaje de sílice en las rocas se traduce en un aumento de su coeficiente de dilatación térmica. Dado que cada incendio es un proceso único en el que intervienen una serie de variables, es necesario realizar estos estudios simulando primero un incendio real. Estas variables incluyen el tipo de materiales combustibles, su disposición espacial, la ventilación, las posibles barreras o compartimentación, la naturaleza del equipo de extinción y su disposición, así como la velocidad y eficacia de los bomberos. Por lo tanto, para representar con precisión los requisitos teóricos reales, las evaluaciones o



inspecciones de seguridad contra incendios de las estructuras de hormigón o sus componentes deben realizarse en modelos muy pequeños. Esto es necesario para garantizar la precisión de las evaluaciones e inspecciones.

### **1.3.2 Justificación económica**

En general, se admite que el mejor método para describir la resistencia mecánica del hormigón es hacer referencia a la resistencia a la compresión del material. Esto se debe al hecho de que la resistencia a la compresión del hormigón es una representación de la situación de carga en la que el hormigón armado demuestra la mejor capacidad para soportar tensiones. Por lo tanto, esta propiedad del concreto reforzado es la que se utiliza en la mayoría de los componentes que conforman la estructura. Loayza Cahua y Coila Ticona en el año 2015.

Una de las ventajas de utilizar hormigón endurecido es que su resistencia a la compresión puede determinarse con el menor esfuerzo y el mayor grado de precisión. Y ello a pesar de que no está tan bien definida como cabría esperar, teniendo en cuenta la variedad de factores y condiciones del entorno que intervienen en su cómputo. La resistencia a la compresión es una ventaja. Por tanto, es preciso regular los métodos y circunstancias utilizados para determinarla. Comprender las variaciones en las características de un incendio, que se producen en las situaciones en que se producen, puede ayudar a determinar si las estructuras de hormigón pueden utilizarse indefinidamente sin derrumbarse, lo que podría dar lugar a sucesos trágicos.

Casos reales y datos de todo el mundo proporcionan abundantes pruebas de las cualidades ignífugas del hormigón, razón por la cual los constructores, las aseguradoras y los especificadores prefieren el hormigón a otros materiales de construcción para residencias, edificios comerciales y túneles. Incluso en estas condiciones, el hormigón puede especificarse y construirse para mantener la estabilidad. Independientemente de las consideraciones de seguridad que se hagan al elegir un material de construcción, el



hormigón se comporta mejor en un incendio que otros materiales de construcción de uso generalizado. Ofrece vías de escape protegidas contra incendios, no aumenta la carga de fuego y detiene la propagación del fuego a otros lugares. En edificios y estructuras, el hormigón ofrece niveles asombrosos de seguridad y protección contra incendios: Plataforma Europea del Hormigón 2018.

- El hormigón es muy resistente al fuego, ralentiza su propagación, no arde y no aumenta el peso causado por un incendio.
- Protege eficazmente al ofrecer a las habitantes vías de escape seguras durante las crisis y salvaguardar a los bomberos.
- Reduce la probabilidad de contaminación ambiental al disminuir la intensidad del fuego.
- Ofrece una protección contra incendios integrada, por lo que a menudo no son necesarias otras medidas de seguridad.
- El hormigón es apropiado para almacenes muy cargados porque puede sobrevivir a condiciones de elevadas temperaturas como son los incendios severos.
- La resistencia al fuego del hormigón facilita la extinción de las llamas y reduce las probabilidades de que un edificio se derrumbe.
- Debido a la facilidad de restauración del hormigón, las actividades pueden reanudarse más rápidamente después de un incidente.
- El agua utilizada para apagar un incendio no parece haberla dañado. Plataforma Europea del Hormigón (2007).

Los edificios de hormigón ofrecen una gran resistencia, protección vital a largo plazo y la posibilidad de ser reparados con una inspección previa, lo que hace que sean ideales económicamente para su uso contra señales de incendio.



### 1.3.3 *Justificación social*

El rendimiento del hormigón endurecido como material de construcción se ha correlacionado tradicionalmente con su resistencia mecánica, y esta correlación se ha vinculado a tres factores principales:

- La resistencia mecánica de una estructura suele tener un impacto directo en su capacidad para soportar cargas.
- Es la cualidad del hormigón endurecido más fácil de reconocer.
- Los resultados de sus análisis pueden utilizarse como índice de información para otras calidades del hormigón.

Puede ser beneficioso tomar medidas para preservar la vida de quienes residen en estructuras dañadas por el fuego si se tiene en cuenta la cuestión del hormigón "de alta temperatura" y si las características del hormigón se alteran como consecuencia de tales sucesos. En las zonas aisladas de las ciudades, donde las llamas se propagan con frecuencia a numerosas viviendas, se sabe que los edificios de hormigón no son del todo seguros. En este artículo se tratarán los elementos de diseño más importantes para evitar muertes humanas en el caso de un incendio que pudiera iniciarse en estructuras de hormigón a la luz de los requisitos mencionados. Cuando se produce un incendio en un edificio, la seguridad de éste viene determinada en parte por el entorno social en el que se encuentra. Durante mucho tiempo, la gente creyó que el fuego era un suceso desastroso que siempre causaría la ruina. Sin embargo, a medida que ha crecido la importancia del entorno construido debido a factores como la densidad de usuarios, la altura de los edificios, los costes de instalación, etc., también han aumentado el riesgo y la preocupación por las consecuencias. Para evitar que los incendios hieran a personas e inflijan daños económicos desproporcionados, la legislación vigente en las naciones desarrolladas ofrece estrategias para prevenirlos manteniendo su carácter accidental. Los edificios se diseñarán y construirán de forma que:



- Durante un periodo de tiempo definido, se preserva la capacidad de resistencia de la construcción.
- Hay una región relativamente pequeña en el edificio donde el humo y las llamas podrían iniciarse y propagarse.
- El fuego tiene un potencial limitado para propagarse a las estructuras circundantes.
- Los residentes tienen la opción de huir del edificio o asegurarse un apoyo alternativo.
- Se tiene en cuenta la seguridad del personal de rescate.

Es posible cumplir estos requisitos mediante diversos enfoques, entre los que se incluyen medidas de protección activa, que suelen apagar el fuego, y medidas de protección pasiva, que modifican la resistencia al fuego del edificio y restringen la propagación del incendio. Tanto las técnicas de protección activa como las de protección pasiva son ejemplos.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 *Objetivo general*

Evaluar el nivel de resistencia mecánica exhibido por el concreto reforzado con fibras de acero "Wirand" luego de ser expuesto a temperaturas de incendio en la ciudad de Juliaca.

### 1.4.2 *Objetivos específicos*

1. Desarrollar la producción de dos tipos distintos de concreto convencional: uno utilizando únicamente concreto tradicional, y otro que combina hormigón convencional con fibras de acero "Wirand" para la construcción de losas y vigas.



2. Comparar la resistencia a la compresión del hormigón convencional y el hormigón reforzado con fibras de acero "Wirand" para la construcción de losas y vigas.
3. Analizar la diferencia de resistencia a la compresión entre el hormigón convencional y el hormigón que ha sido reforzado con fibras de acero "Wirand" bajo diferentes temperaturas provocadas por el fuego.
4. Analizar los efectos de la adición de fibra de acero "Wirand" en la resistencia a la flexión del hormigón convencional utilizado para la construcción de vigas.

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 Hipótesis general

Cuando se expone a temperaturas de fuego, el hormigón convencional que ha sido reforzado con fibras de acero "Wirand" supera al hormigón convencional que no ha sido reforzado en términos de resistencia a la compresión y a la flexión.

### 1.5.2 Hipótesis específicas

1. Las fibras de acero añadidas al hormigón ordinario tienen exactamente el mismo diseño; la única distinción es que deben cumplirse las especificaciones del fabricante.
2. En términos de resistencia a la compresión, el hormigón normal que ha sido reforzado con fibras de acero "Wirand" supera al hormigón normal; como consecuencia, las fibras de acero ayudan a controlar las fracturas y grietas en el hormigón.
3. Cuando se expone al calor de un incendio, el hormigón convencional pierde una cantidad significativa de su resistencia a la compresión.
4. Las resistencias a la compresión y a la flexión del hormigón convencional mezclado con fibras de acero "Wirand" muestran una buena correlación. Por otra



parte, la resistencia a flexión de las vigas formadas por hormigón convencional mezclado con fibras de acero "Wirand" es mayor que la resistencia a flexión de las vigas formadas por hormigón convencional mezclado con otros tipos de fibras de acero.

## 1.6 Variables e indicadores

**Variable independiente** : Producción de concreto con la adición de fibras acero Wirand

### Indicadores:

- Muestras de hormigón.
- Fibras de acero "Wirand".
- Mezcla de concreto.
- Incorporación de fibras de acero "Wirand" a un diseño de mezcla.

**Variable dependiente** : Resistencia mecánica del concreto expuesta al fuego

### Indicadores:

- Resistencia mecánica
- Resistencia mecánica reforzado con fibras de acero "Wirand".
- Concreto sometido a temperaturas de incendio.
- Comparación de las propiedades del hormigón convencional y del hormigón reforzado con fibras de acero "Wirand".



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

Según los resultados de la investigación de R. Quispe titulada "Estudio de la influencia del módulo fino de los áridos en la resistencia del hormigón" (2012), que fue publicada por la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez, se observó lo siguiente.

- Cuando se mezclan áridos utilizando la técnica del módulo de finura, las proporciones de áridos finos y gruesos cambian en función de la resistencia deseada del producto final. Esto se debe a que la técnica del módulo de finura mide el tamaño relativo de las partículas de los áridos. Esta variación se ve afectada en gran medida no sólo por la cantidad total de cemento presente en la mezcla, sino también por la proporción de agua y cemento presente en la mezcla.
- El índice de la superficie específica de un árido puede calcularse utilizando el módulo de finura del árido. También es posible determinarlo si se utiliza la pasta como módulo de finura.
- Una ecuación que relacione los dos módulos y determine la técnica de finura tanto para el árido fino como para el grueso establece la cantidad adecuada de cada uno en términos de porcentaje.



- La cantidad de árido fino con un módulo de finura especificado se calcula utilizando este método de diseño en proporción al volumen absoluto total de árido necesario para alcanzar un determinado módulo de finura en la mezcla de áridos en función de la riqueza (p. 169). Gracias a ello, el proyectista puede obtener directamente las resistencias a compresión necesarias del hormigón.

En su investigación titulada "Análisis de Métodos de Diseño de Mezclas de Concreto con Cemento Portland IP y su Optimización para la Ciudad de Juliaca", culminada en 2011 y publicada por la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, los autores Huacani y Melendrez llegaron a las siguientes conclusiones:

- El material de construcción más utilizado y adaptable es el hormigón, que se produce mezclando cemento Portland con arena y grava. Sin embargo, su diseño puede llevarse a cabo teniendo en cuenta también un gran número de otras variables. El método aportado por Walker parece ser la alternativa más adecuada porque tiene en cuenta las peculiaridades climáticas de la ciudad de Juliaca.
- Según el comunicado de prensa, "teniendo en cuenta el enfoque ACI", cuenta con un sencillo proceso de diseño de mezclas y tiene en cuenta en su contenido datos como la relación agua/cemento, el contenido de aire atrapado, el asentamiento y el tamaño nominal máximo, entre otros. Además, tiene un tamaño nominal máximo. Además, presenta un método sencillo para el diseño de mezclas y tiene en cuenta datos de este tipo. Se pretendía que tuviera una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, pero sólo ha alcanzado el 70 por ciento de ese valor, lo cual es insuficiente si se compara con los otros procedimientos que se utilizan en Juliaca.
- En cuanto al enfoque del módulo de finura del árido, sostenemos que posee el potencial de ser una alternativa de diseño de mezcla de reserva para el hormigón de cemento portland y que esta posibilidad está dentro de la propia técnica. Esto se debe principalmente al hecho de que la relación entre el árido fino y el grueso



varía en función de la resistencia del hormigón, siendo la variación principalmente impulsada por el módulo de finura del árido. Esta es la razón principal de este fenómeno.

- Como consecuencia del experimento realizado con este método, el material alcanzó el 83% de la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, como se indica en la página 122.

Estudiante de grado en la Universidad Politécnica de Guaroa (2014), Guaroa En la región de Cataluña, se llevó a cabo un proyecto de investigación con el título de trabajo "Modelo numérico y comportamiento al fuego de pórticos planos de hormigón". A continuación, se detallan sus descubrimientos, que aportaron como parte de sus resultados:

- "Se ha desarrollado un modelo numérico para evaluar pórticos de hormigón armado sometidos a un incendio". En la mayoría de las aplicaciones se utiliza el análisis de elementos finitos, los principios constitutivos descritos en la norma EN 1992 1-2 y la distribución de temperatura que resulta de resolver la ecuación de conductividad térmica. Las siguientes inferencias son posibles como resultado de la consideración de este modelo: Por ejemplo, la relación constitutiva de la norma EN 1992 1-2 postula que la rama aguas arriba, Anderberg, tendrá una distribución no lineal, mientras que la rama aguas abajo, el modelo numérico, tendría una distribución lineal. Esto es así, aunque las dos ramas se originen en el mismo punto.
- La conexión constitutiva entre tensión y deformación para el acero de refuerzo es trilineal, y ambos modelos se basan en la temperatura. Inferir a partir de los códigos cómo reacciona un componente y cómo se relaciona con los demás permite evaluar la funcionalidad de los sistemas de pórticos. El modelo ha permitido a los investigadores analizar la interacción entre vigas y pilares de pórticos, el impacto que este fenómeno tiene en la estabilidad de las estructuras



arriostradas y no arriostradas, así como el cambio en la rigidez relativa provocado por la pérdida de resistencia de una pieza.

- Para llevar a cabo la investigación estructural de los pórticos, fue necesario utilizar el análisis de elementos finitos. Este análisis hizo hincapié en la flexión de vigas delgadas de acuerdo con las reglas de Euler-Bernoulli. Debido a su estructura basada en matrices y a la sencilla representación gráfica de los datos, se eligió la plataforma de aplicación Matlab. Se utilizó el análisis de malla para determinar cómo respondían los modelos al fuego y, cuando los efectos internos estaban muy próximos a los exteriores, se buscó la convergencia mediante la técnica iterativa Newton-Raphson.
- "El capítulo 6 presenta casos de validación que comparan los resultados del modelo con los del modelo Firecol, respaldado por datos experimentales. Los resultados fueron fiables tanto a nivel seccional como atómico.
- Cuando el modelo se evaluó como un segmento, se investigaron las distribuciones de temperatura de ambos enfoques para compararlas. Este análisis incluyó las isotermas generadas por el software SAFIR, así como las ecuaciones publicadas en el anexo 2 de la norma europea. La comparación aportó algunos descubrimientos reveladores. La comparación dio lugar a algunos descubrimientos reveladores.
- Cuando ves cosas como la curvatura cambia con el calor del clima, los dos métodos mostraron un comportamiento notablemente comparable entre sí. Se demostró mediante ejemplos de aplicación que el modelo podía utilizarse para producir predicciones sobre cómo reaccionarían al fuego las estructuras de hormigón armado en una serie de escenarios. Estas predicciones incluían cómo se comportarían las estructuras ante el fuego.
- En las secciones correspondientes a los casos de aplicación, se investigó el



comportamiento típico de los complejos al aumentar la temperatura en los dos elementos horizontales del pórtico, los elementos de viga se alargaron, lo que provocó el desplazamiento lateral de los elementos de columna que estaban unidos a ellos.

A continuación, se presenta un extracto de los hallazgos que fueron obtenidos por M. Sailer (2007) mientras realizaba una investigación para su tesis en la Universidad de Chile, titulada "Descripción y análisis de grandes incendios para proponer criterios de diseño."

- Creemos que este estudio fue útil para establecer recomendaciones para investigaciones posteriores porque examinó casos reales de incendios ocurridos en edificios comerciales e instalaciones de almacenamiento. - Esto se debe al examen de incidentes de incendios reales que tuvieron lugar.
- Creemos que estos estudios deberían centrarse en el comportamiento global de la estructura y sus componentes como unidad constructiva. Utilizando los obstáculos adecuados para restringir la aireación y detener la propagación, un incendio puede controlarse eficazmente.
- En resumen, podemos decir que un incendio es un incidente en el que se relacionan varios factores, y que cuanto más éxito tienen las soluciones aplicadas, más se tienen en cuenta las medidas de prevención y más se prioriza la mitigación y la protección de la propiedad sobre la seguridad humana en caso de incendio.



## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Mecanismo de hidratación

Los siguientes estados, elegidos al azar para dividir las etapas del proceso de hidratación, han servido para describir cómo cuando el agua entra en contacto con el cemento, puede producirse una reacción química. La temperatura, el tiempo y la cantidad de cemento y agua pueden influir en esto. Se pueden crear sustancias complejas, como distintos tipos de hidróxidos e hidratos de calcio: La conclusión se desprende de la investigación que Galicia Pérez y Velásquez Curo realizaron en 2016.

#### 1. PLÁSTICO

Una pasta moldeable se produce combinando agua y cemento en polvo en un recipiente mezclador. Como resultado del proceso de hidratación, la resistencia estructural de los productos hidratados aumentará. El agua y el cemento se mezclan para crear un proceso llamado hidratación. Este proceso produce menos agua y más cemento, y es por eso que obtenemos este resultado final. Debido a que los silicatos y el PA C4 interactúan de diversas maneras, cada grano de cemento se rompe en millones de partículas más pequeñas como resultado de estas interacciones. 2016 marcó el año en que Galicia Pérez y Curo Velásquez ataron el nudo.

Una fase que se conoce como fase latente o de reposo comienza cuando el yeso empieza a actuar como freno del ritmo al que se producen las reacciones. Esta fase, durante la cual se detienen las actividades y que puede durar entre cuarenta y ciento veinte minutos en función de la temperatura del ambiente y de la partícula de cemento, se alarga. Da lugar a la formación de hidróxido de calcio, cuya presencia contribuye sustancialmente al aumento de la alcalinidad de la pasta.

#### 2. FRAGUADO INICIAL

En función de qué esté hecha la mezcla de hormigón, la juzgamos por lo bien que

puede mantener su forma, durante el cual se aceleran los procesos químicos, el material se endurece y pierde flexibilidad. Cuando se genera el calor asociado a la hidratación, como resultado de los procesos químicos explicados, el proceso exotérmico es claramente visible". (2016) Galicia Pérez & Velásquez Curo.

A medida que los silicatos se hidratan, la estructura porosa del gel de silicato de calcio hidratado se vuelve más rígida y su viscosidad coloidal se encuentra en un punto medio entre sólido y líquido. A lo largo de ese periodo de tres horas tienen lugar diversos procesos químicos que aumentan gradualmente la estabilidad del gel de CHS. Galicia Pérez y Curo Velásquez (2016).

### **3. FRAGUADO FINAL**

Se crea hacia el final de la fase inicial de fraguado y destaca por su excepcional dureza y resistencia a las deformaciones. El ensamblaje final de sus piezas componentes endurecidas da lugar a la estructura de gel. Galicia Pérez y Curo Velásquez (2016).

### **4. ENDURECIMIENTO**

Allí, a partir de la configuración final, las propiedades de resistencia se mantienen y mejoran a lo largo del tiempo. La hidratación permanente de los silicatos cálcicos es el proceso clave, que nunca debe detenerse. Los efectos de la mezcla de cemento son más notables durante el fraguado final de la pasta. El endurecimiento es factible porque los sólidos de hidratación son muy poco solubles, incluso en agua. (2016) Galicia Pérez & Curo Velásquez.

Existen dos fenómenos de fraguado distintos. El primero se denomina "falso fraguado" y ocurre en algunos cementos cuando se calientan el clinker y el yeso, deshidratando parcialmente el producto acabado. Como resultado, la cristalización y un aparente endurecimiento tienen lugar dentro de los primeros dos minutos de mezclar el agua y el cemento juntos. Velásquez Curo y Galicia Pérez (2016)

comprobaron que, una vez incorporada la combinación, es posible recuperar la plasticidad sin necesidad de calentar el material.

Cuando no se utiliza suficiente yeso en el proceso de fabricación, se produce un segundo suceso conocido como "fraguado violento". Se produce un endurecimiento instantáneo, un rápido crecimiento del calor de hidratación y una pérdida de elasticidad duradera. Hoy en día, es extremadamente improbable que esto ocurra debido a la tecnología contemporánea.

### **2.2.2 Agregados y clasificación**

"La estructura del hormigón, diseñada para resistir el desgaste, se crea cuando las partículas inertes se unen a la pasta de cemento". Constituyen más del 75 por ciento del volumen total, lo que las convierte en un componente esencial para determinar la calidad general del producto. (2015) Nicholas Pancca y Alexandra Castillo.

A pesar de que no influyen directamente en las reacciones químicas que dan lugar a la formación del aglomerado o pasta de cemento, siguen teniendo un impacto significativo en el producto final y, en algunos casos, son tan importantes como el cemento a la hora de conseguir ciertas propiedades que se desean, como la resistencia, la conductividad, la durabilidad, etcétera. Por ello, la palabra "inerte" puede significar más de una cosa para diferentes personas. A pesar de que no tienen una influencia inmediata en las reacciones químicas que dan lugar a la formación del aglomerado o de la pasta de cemento, influyen de manera significativa en el producto final. La arena, el granito, el basalto, el cuarzo o las mezclas de estos minerales se encuentran frecuentemente bajo el hormigón, y las propiedades físicas y químicas de los minerales subyacentes tienen un efecto sobre prácticamente todos los componentes que forman el hormigón. Bajo el hormigón se encuentran con frecuencia arena, granito, basalto, cuarzo o mezclas de estos minerales. Para que el hormigón tenga una estructura estable y, al mismo tiempo, una trabajabilidad suficiente, las partículas deben dispersarse volumétricamente. Según la investigación científica, es esencial que las partículas se ensamblen de una manera



casi ideal, con la pasta de cemento actuando así como el pegamento mantiene las cosas firmes, pequeños trozos llenan los espacios entre las cosas más grandes. (2015) Nicholas Pancca y Alexandra Castillo.

## 1. CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO

Las categorías de las que vamos a hablar en este artículo "responden a la práctica habitual en la tecnología del hormigón", a pesar de que no son las únicas ni las más completas. Año de publicación: 2015; autores: N. Pancca y A. Castillo.

### a) Por su procedencia

Estas se pueden agrupar:

- **Agregados naturales**

Los agregados naturales para el concreto son materiales pétreos que se encuentran en la naturaleza y que no han sido sometidos a procesos de trituración o clasificación previa. Estos materiales pueden incluir arena, grava, piedra y otros tipos de rocas que cumplen con ciertas especificaciones técnicas en términos de tamaño y forma para garantizar la calidad y resistencia del concreto producido. Debido a sus características físicas y mecánicas, disponibilidad y facilidad de extracción en algunas partes del mundo, los áridos naturales son una opción frecuentemente utilizada en la industria de la construcción.

- **Agregados Artificiales**

Los agregados artificiales para el concreto son materiales pétreos que no se encuentran en la naturaleza, sino que son producidos por la trituración y clasificación de materiales pétreos previamente extraídos de canteras o procesados a partir de residuos de construcción. Estos materiales pueden incluir arena, grava, piedra y otros tipos de rocas que cumplen con ciertas especificaciones técnicas en términos de tamaño y forma para garantizar la



calidad y resistencia del concreto producido. Los agregados artificiales son una alternativa comúnmente utilizada en la construcción debido a su disponibilidad. Debido a la posibilidad de influir en sus características mecánicas y físicas mediante la elección del método de producción y los materiales de los componentes.

## **b) Por su gradación**

El término "gradación" se refiere a la distribución de los tamaños de las partículas de los áridos dentro de un rango determinado cuando se habla del proceso de clasificación de los áridos para el hormigón. Este rango se conoce como "rango de gradación". Este proceso permite seleccionar los tamaños de partículas adecuados para lograr la densidad, resistencia y trabajabilidad requeridas en el concreto. La gradación de los agregados se especifica mediante una curva granulométrica que muestra la distribución porcentual del peso de los agregados retenidos en cada tamiz, lo que permite seleccionar el rango de tamaños de partículas adecuado para las necesidades específicas del proyecto.

## **c) Por su densidad**

Cuando nos referimos a la densidad de los áridos del hormigón, estamos hablando del peso de los áridos por unidad de volumen o del peso de los áridos por unidad de masa. Las tres clasificaciones de áridos ligeros, normales y pesados vienen determinadas por la densidad del material. Los áridos ligeros y pesados tienen densidades más bajas y más altas que los áridos normales, respectivamente. La fabricación del hormigón debe tener en cuenta la densidad de los áridos, ya que afecta a la durabilidad, resistencia y trabajabilidad del material. Los requisitos específicos del proyecto determinarán la mejor densidad de árido a utilizar.



## 2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

### 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Los caracteres estéticos, dimensionales y mecánicas de los componentes pétreos utilizados en la creación del hormigón se denominan características físicas de los áridos. La forma, el tamaño, la textura, la porosidad, la densidad, la resistencia y la durabilidad de los áridos son algunas de estas características. Para garantizar la calidad y resistencia del hormigón producido, es crucial seleccionar adecuadamente los áridos en función de sus cualidades físicas, ya que estos atributos afectan a la trabajabilidad, asentamiento, resistencia y estabilidad dimensional del material.

### 2. CARACTERÍSTICAS RESISTENTES

Están constituidos por características que les otorgan la capacidad de soportar elementos de tensión o presiones provocadas por causas externas.

En gran medida, lo son:

#### a) Resistencia

Las cualidades de resistencia de los áridos se refieren a la capacidad de los componentes pétreos utilizados para construir hormigón de soportar cargas manteniendo su integridad mecánica y estructural. La capacidad portante del árido puede verse afectada por diversas cualidades, como su tenacidad, resistencia a la abrasión, resistencia a la compresión y dureza. Para garantizar la calidad y longevidad del hormigón producido, es crucial elegir adecuadamente los áridos en función de sus características de resistencia, ya que estas cualidades repercuten en la tenacidad a la fractura, la deformación y las propiedades del hormigón endurecido.



## **b) Tenacidad**

La capacidad de los componentes pétreos utilizados para fabricar hormigón de absorber energía antes de fracturarse o romperse se denomina característica de tenacidad de los áridos. La tenacidad es la capacidad de los áridos de tolerar el impacto y la abrasión sin romperse ni fracturarse. Para mantener la calidad y longevidad del hormigón producido, es crucial seleccionar adecuadamente los áridos en función de su tenacidad. Este atributo afecta a la resistencia al desgaste y a la durabilidad del material en circunstancias de uso y exposición elevadas.

## **c) Dureza**

La resistencia de los componentes pétreos utilizados para fabricar hormigón al desgaste superficial, las abrasiones y los arañazos se denomina dureza característica de los áridos. La resistencia de los áridos al desgaste y la erosión se mide por su dureza. Dado que esta característica afecta a la resistencia del material a la erosión y el desgaste en circunstancias duras de uso y exposición, es crucial elegir adecuadamente los áridos en función de su dureza para garantizar la calidad y durabilidad del hormigón producido.

## **3. PROPIEDADES TÉRMICAS**

La capacidad de los materiales pétreos utilizados en la creación del hormigón tanto para absorber como para transmitir calor se denomina características térmicas de los áridos. Los términos conductividad térmica, capacidad calorífica y coeficiente de expansión térmica se utilizan para referirse a aspectos de las propiedades térmicas de los áridos. Los valores térmicos se miden en grados Celsius. Para una selección adecuada de agregados según sus propiedades térmicas es esencial para garantizar la calidad y durabilidad



del concreto producido, especialmente en estructuras que estarán expuestas a cambios de temperatura extremos o que estarán sujetas a procesos de calentamiento y enfriamiento, debido a que estas propiedades influyen en la resistencia térmica y la capacidad para soportar cargas bajo estas condiciones.

### a) **Coefficiente de expansión**

Una característica física conocida como coeficiente de dilatación de los áridos la cantidad de piedra que se utiliza para fabricar hormigón puede variar en función de la temperatura. Para cuantificar esta propiedad se utiliza el coeficiente de expansión térmica, que especifica cuánto se expandirá o contraerá un material en respuesta a los cambios de temperatura. La correcta selección de los áridos en función de su coeficiente de dilatación es esencial para garantizar la calidad y durabilidad del hormigón producido. Esta característica influye en la resistencia térmica y en la capacidad de soportar cargas a altas temperaturas.

### b) **Calor específico**

La cantidad de energía que debe invertirse para elevar la temperatura de una unidad de masa de material pétreo que ya se encuentra a un determinado grado se denomina calor específico de los áridos. Se trata de una característica térmica esencial que determina cómo responde el material a los cambios de temperatura, así como su capacidad para mantener el calor en su interior. Dado que este atributo afecta a la resistencia térmica y a la capacidad de soportar cargas en circunstancias de temperaturas severas, es crucial elegir adecuadamente los áridos en función de su capacidad calorífica para garantizar la calidad y longevidad del hormigón producido.

### c) Conductividad Térmica

La capacidad de los componentes pétreos utilizados para fabricar hormigón para transportar calor se denomina propiedad de conductividad térmica de los áridos.  $W/mK$  (vatios por metro por kelvin), La cantidad de calor que puede pasar a través de una sustancia en un tiempo determinado se denomina "conductividad térmica" de esa sustancia, y se mide con la palabra "conductividad térmica" Para garantizar la calidad y longevidad del hormigón producido, es crucial seleccionar adecuadamente los áridos en función de su conductividad térmica. Esta característica afecta a la resistencia térmica y a la capacidad de soportar cargas en circunstancias de alta temperatura.

### d) Difusividad

Sirve como ejemplo de la rapidez con la que una masa puede experimentar fluctuaciones de temperatura. En términos matemáticos, está representado por el cociente que se obtiene multiplicando la conductividad por el calor específico total y la densidad. En otras palabras, es el producto de esos tres números. En 2015 participaron N. Pancca y A. Castillo.

## 4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Es importante señalar que cualquier agresión química debe adoptar la forma de una solución para tener alguna posibilidad de efecto, ya que los áridos, Los materiales excepcionalmente resistentes a los ataques químicos también se denominan materiales inertes. Cuando determinados áridos y los álcalis del cemento reaccionan para formar compuestos expansivos, se produce este tipo de agresión química contra los áridos, que es la más significativa en términos de cómo afecta a la durabilidad del hormigón. (2015) A. Castillo y N. Pancca.



## 5. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y MORFOLÓGICAS

El tamaño, la forma y la rugosidad de la superficie de las partículas de los áridos influyen considerablemente en el producto final, que es el hormigón. Uno de ellos puede funcionar mejor que el otro. Puede depender de factores como su tamaño, su forma, la rugosidad de su superficie y el espacio que haya entre ellos. Esto que puede funcionar mejor se llama "efecto de anclaje mecánico". Por otro lado, dependiendo del tamaño, forma, rugosidad superficial y acomodación entre ellos, uno puede proporcionar un efecto de anclaje mecánico. (2015) es el año en que este trabajo fue escrito por A. Castillo y N. Pancca.

### a) Forma

Los áridos se caracterizan por tener formas geométricas amorfas debido a que están formados por una gama aleatoria de caras angulares y redondeadas. Esto confiere a los agregados su característica definitoria. Un método para determinar el grado de redondez o angulosidad de las partículas consiste en comparar el radio medio de curvatura de los bordes de las partículas con el radio del círculo más grande que pueda inscribirse. Esto se denomina radio medio de curvatura de los bordes de las partículas. Año de publicación: 2015; autores: N. Pancca y A. Castillo.

### b) Textura

Esto indica si la superficie del árido es lisa o rugosa. La razón por la que esta característica se relaciona con la absorción es que los áridos muy rugosos absorben más agua que los lisos y también disminuyen la flexibilidad del hormigón debido a una mayor fricción de las partículas que impide que la masa fluya fácilmente. (2015) N. Pancca y A. Castillo.



## 6. EL MÓDULO DE FINEZA

Hace varios años se desarrolló el módulo de finura, cuando los investigadores buscaban descripciones numéricas de la distribución volumétrica de las partículas de áridos.

## 7. LA SUPERFICIE ESPECÍFICA

Es necesario proporcionar descripciones más numéricas de las granulometrías de los áridos para tener una comprensión completa de la plétora de vínculos y atributos que existen entre los áridos y la pasta de cemento. Es vital proporcionar esta descripción, aunque no ofrezca mucha practicidad en cuanto a su aplicación. Se describe como toda la superficie del árido, expresada en peso o volumen absoluto. Con frecuencia se cree que todas las partículas son esféricas por razones de cálculo y comodidad, lo que ya añade una inexactitud. Debido a la falta de apoyo experimental, el módulo de finura tampoco suele emplearse en otros contextos distintos de la investigación. (2015) N. Pancca y A. Castillo.

### 2.2.3 *El agua y el curado en el concreto*

#### 2.2.3.1 El agua para el concreto

Como ya se ha dicho, la presencia de agua como componente es necesaria tanto para la hidratación del cemento como para el posterior desarrollo de sus propiedades. Esto se debe a que el agua es un componente vital. Como consecuencia de ello, es esencial que cumpla una serie de condiciones para que pueda llevar a cabo su función en el brebaje químico sin dar lugar a problemas adicionales. Además, cuando observamos cómo se hidrata el cemento, podemos ver cómo el agua adicional inyectada durante el curado ayuda al cemento a hidratarse aún más. Esta agua también debe cumplir ciertos requisitos para poder utilizarse en el hormigón. Esta prueba examinará ambos elementos sin entrar en



detalles específicos como el impacto de las fluctuaciones de la presión de poros o el impacto de circunstancias extremas de temperatura que conducen a comportamientos particulares del agua en el hormigón (2015). Bedoya y Cabrera, Y.

### **2.2.3.2 El agua de mezcla**

Muchas veces se añade a la mezcla de hormigón más agua de la necesaria para que el cemento se hidrate correctamente, con el fin de que la mezcla sea más trabajable. El principal problema que plantea la mezcla de agua es la presencia de impurezas en cantidades suficientes. Dado que todo lo que es seguro para el consumo humano también lo es para el hormigón, un criterio empírico que ayuda a establecer si el agua es aceptable o no para su uso en la creación de hormigón es si se puede determinar si el agua es segura para el consumo humano (2015). Esto ayuda a establecer si el agua es adecuada o no para su uso en la creación de hormigón. Una contribución de H. Bedoya y otra de Y. Cabrera.

En este contexto, es esencial diferenciar entre agua potable y agua apta para el consumo humano, ya que los requisitos que se imponen son a menudo mucho más estrictos de lo que realmente se exige. La diferenciación se realiza en función de los criterios nominales que establecen las organizaciones que supervisan su producción y uso. Es esencial tener en cuenta que sólo una pequeña parte del agua potable en el Perú satisface realmente las normas, en particular con respecto a los niveles de sulfato y carbonato. Aunque no deberíamos tener criterios excesivamente elevados en cuanto a la limpieza del agua, sigue siendo segura para el consumo humano y para su uso en la producción de hormigón. Según, un cambio en las proporciones volumétricas es uno de los resultados indeseables que pueden derivarse de la interacción del agua y los contaminantes. También existe la posibilidad de que se retrase el proceso de endurecimiento, de que el hormigón pierda parte de su resistencia, de que se manche, de que se formen eflorescencias



y de que contribuya a la corrosión del acero. Y. Cabrera y Bedoya son los autores de este trabajo.

La mezcla y el curado del agua es una actividad muy importante, y de acuerdo con la norma nacional ITINTEC 339.088, que es una norma nacional, sí especifica reglas para hacerlo. Además de esto, los requisitos son muy particulares en su naturaleza. Cabe destacar que ni ACI ni ASTM siguen esta norma. Si bien los requisitos de la norma mencionada son sumamente estrictos, en nuestra experiencia, no suelen ser muy difíciles de cumplir. Como anécdota, cabe mencionar que estos fluidos suelen tener mucho menos sulfato que el agua potable cercana. Aunque no es muy significativo para el hormigón, ésta es la razón por la que los visitantes extranjeros acostumbrados a niveles más bajos de sulfato suelen desarrollar problemas gastrointestinales. Debido a que la disolución de estos líquidos en concentraciones inferiores a 35.000 ppm el material puede endurecerse más rápido debido a esto, pero también puede perder resistencia con el tiempo, el uso de estos líquidos sólo se recomienda en hormigones lisos, donde los efectos descritos anteriormente no son significativos, aunque podrían producirse eflorescencias y manchas. Los cloruros no están permitidos en estas condiciones porque favorecen el deterioro del hormigón armado reforzado con acero (2015). Cabrera, Yolanda, y Bedoya, H.

### **2.2.3.3 El agua para curado**

El Comité 318 del ACI y la norma 339.088 del ITINTEC crearon una norma para determinar si un agua determinada es apta o no para su uso en el hormigón. Consiste en fabricar cubos de mortero que se ajusten a las normas de la ASTM C-109 utilizando agua que puede o no ser potable y contrastarlos con equivalentes fabricados con agua potable. Si probamos los cubos durante siete y veintiocho días, estamos comprobando su resistencia. Los cubos que probamos contienen agua. Si estos cubos no son menos del noventa por ciento tan fuertes como



nuestros cubos de control, el agua funciona. Podemos usarla en nuestra mezcla de hormigón. Sin embargo, si probamos los cubos sin agua y son débiles, no usamos el agua. Si son menos del noventa por ciento tan fuertes como los cubos de control, el agua no es adecuada para la fabricación de hormigón. El agua de mar es un gran ejemplo debido a su alta concentración de sal, que con frecuencia permite la producción de hormigón sin el uso de materiales de refuerzo (2015). H. Bedoya e Y. Cabrera aportaron una contribución cada uno.

Por otra parte, es práctica habitual utilizar agua de la misma fuente tanto para el amasado como para el curado del hormigón. El agua que se utiliza para el curado debería, en la mayoría de las situaciones, cumplir los mismos criterios que el agua que se utiliza para la mezcla. Si observamos lo que hemos aprendido antes sobre cómo el cemento se convierte en una pasta y se seca, el agua adicional utilizada para ayudarlo a endurecerse constituye solo una pequeña parte de toda el agua utilizada. Esto se debe a que el agua adicional que puede hidratar el hormigón a partir del curado procede del proceso de curado. El agua adicional que puede hidratar el hormigón a partir del curado procede del propio proceso de curado, lo que explica este hecho. Como consecuencia de ello, es probable que la normativa que regula el uso del agua de curado sea mucho menos restrictiva que la que regula el uso del agua combinada (2015). Esto se debe a que el agua de curado suele utilizarse durante largos periodos de tiempo, lo que explica por qué tiene este efecto. Bedoya e Y. Cabrera, ambos miembros de Y.

- a. Si podemos demostrar que la cantidad de agua mezclada no supera los límites establecidos, no hay problema. Esta mezcla incluye otras fuentes de agua, no solo las añadidas. Si es así, las normas permiten que el agua de lavado pase incluso si tiene demasiados cloruros y sulfatos.
- b. Si se puede demostrar que la concentración proyectada en el agua de mezcla agregada no supera las limitaciones establecidas, entonces la norma no permite que el agua de mezcla

agregada supere los límites.

- b. En los proyectos en los que el cloruro de calcio está permitido como acelerante, el propietario puede optar por no aplicar los límites de cloruro. (2015) Cabrera, Y., y Bedoya, H.

Otro factor que hay que tener en cuenta es el hecho de que el agua de curado solo entra en contacto con el hormigón durante un periodo de tiempo muy reducido, ya que la mayoría de las normas solo exigen un máximo de 14 días para el curado con agua. Cabrera, Y., y Bedoya, H. (2015).

"Una precaución con respecto al curado con agua in situ por el método tradicional del molino de arroz, es decir, la creación de cuencas de agua mediante la colocación de arena o tierra en los bordes del elemento horizontal", escriben los autores, "es asegurarse de que estos materiales no estén significativamente contaminados con sales agresivas, como cloruros o sulfatos". Estas sales entrarían en disolución y podrían causar efectos locales perjudiciales si, por descuido, permanecen demasiado tiempo en contacto con el hormigón. " Los autores explican que "tanto H. Bedoya como Y. Cabrera han contribuido a la realización de este estudio.

Mientras no haya una cantidad excesiva de partículas en suspensión, el agua de la mezcladora o el agua utilizada para lavar la mezcladora puede utilizarse normalmente en el proceso de curado. A veces, el cemento puede formar una costra en las superficies curadas si hay una cantidad excesiva de restos de partículas. Esto es especialmente cierto si el agua procede del lavado de maquinaria en la que se crearon mezclas ricas en cemento y se utilizó una cantidad mínima de agua en este trabajo (2015). Cabrera, Y., y Bedoya, H.

#### **2.2.4 Propiedades del concreto**

##### **2.2.4.1 Propiedades del concreto fresco**



## 1. Trabajabilidad

La trabajabilidad, o capacidad del hormigón fresco para moverse y colocarse de forma relativamente sencilla, es una de las cualidades más esenciales que deben estar presentes antes, durante y después del proceso de construcción. La trabajabilidad del hormigón se ve afectada por diversos factores, como la cantidad de agua en la mezcla, la forma y el tamaño de las partículas, la cantidad de aire en la mezcla, la dosificación de aditivos y otras cualidades. Para que el hormigón se coloque correctamente, sin segregación excesiva, y tenga la resistencia y durabilidad necesarias para su uso en la construcción, debe ser posible gestionar el proceso de consolidación.

Los trabajadores de la construcción, supervisores y diseñadores de mezcla de concreto deben tener el conocimiento adecuado de la relación existente entre las propiedades del concreto fresco y su trabajabilidad, para poder asegurar que el material puede ser manejado de manera segura y eficiente. Para garantizar que la mezcla pueda colocarse, compactarse y acabarse sin problemas, es crucial que el hormigón tenga una buena trabajabilidad. Además de evitar la segregación del material, una buena trabajabilidad del hormigón fresco garantiza que el hormigón final tenga la resistencia y durabilidad necesarias para su aplicación en la construcción.

### a) Estabilidad

"Es el desplazamiento o movimiento en el hormigón que se produce de forma natural, sin la ayuda de fuerzas externas. Se evalúa mediante procedimientos reconocidos y se mide por exudación y segregación, lo que permite comparar las características de varios diseños con el claro requisito de encontrar los valores mínimos". (2015). Cabrera, Y., y Bedoya, H.

### b) Compactabilidad



Se trata de un instrumento que se utiliza para determinar la facilidad con la que puede compactarse el hormigón fresco, y su objetivo es hacerlo. El llamado "factor de compactación", que es una medida de la cantidad de mano de obra necesaria para una compactación completa, puede calcularse de varias maneras. Hay algunos enfoques diferentes para calcular el "factor de compactación". Se determina comparando la densidad del hormigón compactado con la densidad suelta del hormigón de ensayo (2015). Cabrera y Bedoya, Y.

### c) Movilidad

Las aplicaciones en obras exteriores pueden sustituir fácilmente al hormigón debido a su simplicidad. Se evalúa mediante la resistencia al cizallamiento interno, la cohesión y la viscosidad. La resistencia al cizallamiento interno es lo que provoca la viscosidad y la cohesión, que son las fuerzas de unión entre la pasta de cemento y los áridos (2015). Esta fuerza, que permite la rotación y el movimiento de las partículas de áridos dentro de la pasta, es la que confiere a la pasta su resistencia al cizallamiento. no solo Cabrera, sino también Bedoya, Y.

## 2. Segregación

El árido grueso permanece suspendido y sumergido en la matriz debido a la viscosidad de la pasta, que cuando se combina con la densidad de la pasta que contiene partículas finas, suele ser sólo un 20% inferior a la de los áridos gruesos (para áridos normales). Dado que los componentes individuales del hormigón tienen densidades diferentes, las partículas más pesadas tienen una propensión natural a caer. Cabrera, Y., y Bedoya, H. (2015).

La separación de los trozos más grandes de la mezcla es lo que llamamos segregación. Puede deberse a varias cosas. La mezcla puede estar aguada, no



tener suficiente pasta, tener trozos desiguales o ser muy diminutos. Esta suposición puede refutarse fácilmente tomando dos muestras de hormigón fresco de diferentes ubicaciones y comparando el contenido de gruesos por lavado, que no debería variar en más de un 6% (2015). Aunque a veces se asume que los hormigones con un aspecto típico y un porcentaje de peso de piedra del 55 % indican segregación, esta suposición puede refutarse fácilmente tomando dos muestras de hormigón fresco de diferentes ubicaciones. En otras palabras, la segregación no está necesariamente presente en hormigones con una apariencia típica y un porcentaje de peso de piedra del 55%. H. Bedoya e Y. Cabrera respectivamente.

### 3. Exudación

Característica por la que parte del agua utilizada para mezclar el hormigón sube a la superficie tras separarse de la masa. Los sólidos suelen hundirse en la masa plástica y provocar la sedimentación. En lugar de estar influido por las variaciones de viscosidad y densidad, el fenómeno se rige por las leyes físicas del flujo de líquidos a través de un sistema capilar. (2015). H. Bedoya, así como Y. Cabrera.

"La finura del cemento y la cantidad de finos en los áridos influyen", y "cuanto más fino se muele el cemento y mayor es la fracción de material con un tamaño de malla inferior a 100", son dos frases que describen la relación entre la cantidad de agua de mezcla retenida y la cantidad de exudación que se produce. Puesto que la exudación es inherente al hormigón debido a la naturaleza de su estructura, el reto clave es analizarla y gestionarla en términos de cualquier posible impacto perjudicial (2015). Cabrera, Y., y Bedoya, H.

### 4. CONTRACCIÓN

Su frecuente generación de dificultades de agrietamiento es una de sus



características más importantes. Como hemos visto anteriormente, la reacción química que disminuye la cantidad de agua en la pasta de cemento es la que provoca el fenómeno conocido como retracción intrínseca. Se trata de un fenómeno en el que la pasta de cemento se contrae de forma irreversible. Sin embargo, si la combinación permite que se produzca la pérdida de agua, surge espontáneamente una segunda forma de contracción en la pasta de cemento. Esta retracción por secado (2015) es la que contribuye a la mayoría de los problemas de fisuración. Bedoya y Cabrera, Y.

## **2.2.4.2 Propiedades del concreto endurecido**

### **1. ELASTICIDAD**

Según ha escrito el autor, "en un sentido más general, se refiere a la tendencia del hormigón a flexionarse con el tiempo cuando está sometido a esfuerzos". Dado que no muestra un comportamiento lineal en ninguna parte del diagrama carga vs. deformación que genera cuando se somete a esfuerzo, el hormigón no puede considerarse un material elástico en el sentido tradicional de la palabra. Por lo general, utilizamos una línea que toca el comienzo de la imagen o una que atraviesa el diagrama desde su comienzo hasta un punto específico. Esto nos ayuda a medir la elasticidad del hormigón cuando no se mueve. Este módulo de elasticidad suele expresarse como porcentaje de la tensión de rotura. Ambas líneas comienzan en la misma posición, que puede considerarse el punto de partida del diagrama (2015). Y. Cabrera y H. Bedoya Bedoya han contribuido a este estudio.



## 2. Resistencia

Debido a las propiedades adhesivas de la pasta de cemento, es resistente al peso de los objetos y a la fuerza ejercida sobre ella. La pasta de cemento reacciona adecuadamente tanto a la compresión como a la tracción. La concentración de la pasta de cemento, que suele expresarse como la relación entre el peso del cemento y el peso del agua, es el componente más crítico que determina el resultado de este aspecto. Además de otros parámetros adicionales, como el tipo y las características de resistencia del cemento utilizado en el hormigón y el tamaño de las partículas que componen su estructura, influyen en él las mismas variables, como la temperatura y el tiempo, que influyen en las propiedades de la pasta relacionadas con su resistencia. Por ejemplo, el tipo y las características de resistencia del cemento utilizado en el hormigón. (2015). Y. Cabrera y H. Bedoya respectivamente.

## 3. Extensibilidad

El hormigón puede ser flexible sin desarrollar grietas si se dan las condiciones adecuadas. Esta palabra se refiere a la mayor cantidad de tensión unitaria que puede aplicarse al hormigón antes de que empiece a romperse. Se basa en la elasticidad del hormigón y de la "fluencia plástica", que es la deformación constante en tiempo de carga del hormigón. (2015). Bedoya, H., y Cabrera, Y.

"A pesar de ser dos procesos ostensiblemente distintos, la retracción y el flujo plástico tienen la peculiar propiedad de ser en cierto modo recuperables. La microfisuración empieza a producirse aproximadamente al 60% de la tensión límite, que ya es 0,0012 de deformación unitaria, y la fisuración evidente empieza a producirse a 0,003 de deformación unitaria. Esto se basa en el supuesto de que todas las condiciones son normales. (2015). Los autores, Cabrera y Bedoya, Y.



## 2.2.4.3 Control de la calidad del concreto producido

Además de poner los edificios a disposición de la inspección, hoy en día se tiende a crear ciertos componentes con potencial de sustitución futura, o incluso anticipada, al cabo de cierto tiempo. Los apoyos de candeleros y los tendones de pretensado que se colocan en el exterior de los puentes son ejemplos habituales. Para mantener la longevidad del hormigón, que también debe renovarse al cabo de un tiempo, se sugieren pinturas o revestimientos plásticos. (2015). Bedoya, H., y Cabrera, Y.

"Creo que estos conceptos no deberían rechazarse universalmente; por ejemplo, Debería poder reparar las barandillas y molduras de un puente salpicado sin tener que construir toda una estructura nueva. Otros dos casos que se me ocurren son pintar y enlucir una casa. También es necesario hacer una advertencia contra la tentación de llevar esto demasiado lejos. Ante todo, una estructura o un edificio tiene que estar hecho para durar. En esto se diferencian de una máquina. (...).

"Aunque la viga cajón monocelular para puentes de autopista de seis carriles se inventó en Alemania, desde entonces se ha prohibido su uso en favor de vigas cajón individuales sobre pilotes diferentes. Esta configuración permite reconstruir o reparar una mitad del puente mientras el tráfico sigue circulando con normalidad por la otra mitad. Otro ejemplo es la insistencia de los ferrocarriles en reparar de un día para otro las vigas de los nuevos trenes de alta velocidad, lo cual es inaceptable tanto en términos de resistencia como de belleza. Habrá que remendarlas y arreglarlas a la vez (2015). Cabrera, Y. y Bedoya, H.



#### 2.2.4.4 Uso del concreto producido

Pocos estilos arquitectónicos suscitan indagación y simpatía, lo que constituye una terrible esquizofrenia en arquitectura. Los restantes se consideran objetos útiles y modernos. Organizamos concursos de diseño, celebramos debates públicos y gastamos mucho dinero en las primeras estructuras administrativas significativas, museos, etc., e incluso en algunos jardines de infancia o residencias privadas. Las llamadas estructuras funcionales o utilitarias, como fábricas de segunda mano, oficinas, centros comerciales, etc., sólo tienen que ser asequibles y cumplir su función.

#### 2.2.5 Fraguado y endurecimiento del concreto

Desde el momento en que se crea el hormigón hasta que finalmente se deposita y compacta en el interior del edificio, a menudo se describen detalladamente una serie de transiciones a través de diversos estados. Como resultado, existen tres etapas fundamentales en este proceso evolutivo, cada una de las cuales se correlaciona con un estado distinto del hormigón. (2015). Bedoya, H., y Cabrera, Y.

- a. Según la consistencia con la que se fabrica, el hormigón se presenta como una combinación algo blanda y moldeable durante el tiempo que precede a su fraguado.
- b. La fase de fraguado, que se caracteriza por el espesamiento constante de la mezcla hasta que alcanza la consistencia de una masa sólida que no puede moverse sin aumentar mucho su resistencia mecánica.
- c. La fase posterior al fraguado, o etapa de endurecimiento, durante la cual el hormigón desarrolla su resistencia mecánica y otras cualidades inherentes que lo diferencian de otros materiales de construcción destinados al mismo fin. (2015). Y. Cabrera y H. Bedoya.

Dado que estas transiciones de estado son el resultado de un único proceso



conocido como hidratación del cemento, que con frecuencia se produce de forma ininterrumpida, no existen fundamentos para distinguir con exactitud los límites de las etapas que experimentan cambios de estado, especialmente entre la segunda y la tercera etapa. Esto es especialmente cierto entre la segunda y la tercera etapa. Este proceso suele continuar sin pausa. Después de la etapa inicial, se cree que el hormigón puede moldearse o remodelarse; después de la segunda etapa, el hormigón se endurece y no puede moldearse o remodelarse sin correr el riesgo de sufrir daños permanentes; después de la tercera etapa, el hormigón se manifiesta demasiado y no puede moldearse o remodelarse sin correr el riesgo de sufrir daños permanentes; y después de la cuarta etapa, se cree que el hormigón es incapaz de moldearse o remodelarse.

## 1. ACTIVIDADES EN LAS DIFERENTES ETAPAS

El momento óptimo para realizar todas las tareas relacionadas con el hormigón es cuando el hormigón está blando o latente, que es el tiempo que transcurre desde que sale de la hormigonera hasta que se coloca y finalmente se compacta en el espacio de encofrado. Esto con el fin de que pueda ser manipulado y moldeado con mayor facilidad ya que el hormigón aún no ha comenzado a mostrar los primeros indicios de rigidez. (2015) Y. Cabrera y H. Bedoya.

Sin embargo, dado que la mezcla puede seguir moldeándose mientras no se endurezca más allá de la rigidez inicial de fraguado, esta opción ofrece una ventana de tiempo adicional que puede utilizarse para tener en cuenta cualquier retraso imprevisto que pueda producirse al llevar a cabo dichas operaciones, o para volver a moldear hormigón previamente compactado, como cuando el vertido debe realizarse en una serie de capas que deben unirse. Verter enormes cantidades de hormigón en capas muy finas es la mejor manera de evitar la segregación, que se produce con frecuencia durante la construcción de presas masivas de hormigón y debe evitarse a toda costa. Esto es especialmente crucial cuando se vierten grandes cantidades de hormigón. (2015). H. Bedoya e Y.



Cabrera aportaron uno cada uno.

La cuestión que se plantea entonces es si la duración del intervalo antes de la primera puesta a punto debe ajustarse para tener en cuenta el tiempo necesario para llevar a cabo todas estas acciones. Con las herramientas de que se disponga, o si, por el contrario el calendario de estos procedimientos debe ajustarse en función de las circunstancias del proyecto y del tiempo previsto de primer fraguado de la mezcla de hormigón. El tiempo de primer fraguado debe prolongarse tanto como sea necesario si es insuficiente o demasiado corto para permitir que se realicen cómodamente las acciones previstas. Puede resultar molesto que el hormigón fragüe durante demasiado tiempo o demasiado poco, por lo que es necesario prolongar este último. (2015). Cabrera, Y., y Bedoya, H.

## **2. EN EL CURSO DEL FRAGUADO**

Por tanto, pueden ser necesarias diferentes actividades superficiales en el hormigón, junto con tiempos de espera variables antes de que puedan ejecutarse. Como resultado, aunque algunos de estos pasos podrían esperar hasta la fase de endurecimiento, otros tendrían que incluirse durante la fase de preparación. (2015). Cabrera, Y., y Bedoya, H.

La situación más sencilla a este respecto es cuando la superficie de colocación del hormigón forma parte de una capa que debe ser cubierta impermisiblemente por otra para fusionar ambas. Al tratarse en este caso de una junta de colocación, la superficie no se considera terminada, sino que sólo se aprovecha para nivelarla mediante el efecto de fluidificación creado por el vibrado, sin necesidad de operaciones adicionales.

## **3. DESPUÉS DEL FRAGUADO**

El hormigón se clasifica como una masa sólida pero frágil, o algo que podría romperse pronto, cuando alcanza la etapa bastante arbitraria conocida como



fraguado final. Aunque este proceso puede verse ralentizado por condiciones meteorológicas desfavorables y/o por un mantenimiento estructural inadecuado o apresurado, el hormigón del edificio comienza esencialmente a ganar resistencia mecánica en este momento (2015). Bedoya y Cabrera, Y.

Debido a esto, el hormigón recién fraguado, a menudo conocido como hormigón tierno o verde, suele necesitar dos tipos de cuidados fundamentales:

- 1) "Proporcionar las medidas adecuadas para que la hidratación del cemento evolucione de forma natural, es decir, de forma continua...
- 2) Garantizar que los trabajos en la estructura se realizan correctamente y en el momento adecuado, cuando el hormigón tiene la resistencia mecánica necesaria para tolerarlos. Esta última expresión, "acabado del hormigón", se refiere la mayoría de las veces a los actos relacionados con la eliminación de las cimbras y el acondicionamiento de las superficies de hormigón, sobre todo alrededor de las juntas de construcción. Sin embargo, el término anterior, "conservación y curado del hormigón", se refiere a la realización de operaciones encaminadas a conservar y curar el hormigón del edificio. Y. Cabrera y H. Bedoya, (2015).

Cuando conozcamos mejor las propiedades del hormigón y el contexto de los edificios en los que se utiliza, llegaremos sin duda a la conclusión de que hemos dedicado un esfuerzo excesivo a cuestiones subordinadas a la calidad y la economía. De nada sirve trabajar muy duro durante años si el ahorro que suponen los estribos es insignificante en comparación con los resultados de otras características de diseño. (2015). Cabrera, Y., y Bedoya, H.

Calcular la anchura de las grietas con gran precisión es inútil si el efecto de la anchura de las grietas sobre la durabilidad sólo puede determinarse a grandes rasgos. No tiene sentido refinar repetidamente un análisis si el desnivel de una



obra se debe a las cualidades de los materiales utilizados o a un fallo en el diseño geométrico de la obra.

## **2.2.6 Durabilidad del concreto**

El Instituto Americano del Cemento (ACI) define la durabilidad de la mampostería de hormigón como la capacidad de la mampostería para resistir la intemperie, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso o condición de servicio que provoque el deterioro de la mampostería. Otra definición de durabilidad es la capacidad de la mampostería para durar un largo periodo de tiempo. Otros factores que contribuyen al deterioro de la mampostería son la exposición a altas temperaturas y a altas concentraciones de partículas abrasivas. La clave de la explicación anterior es que hay muchas variables que afectan a la durabilidad, incluido el diseño de la mezcla, el entorno de exposición y las circunstancias de servicio a las que se somete. Según este punto de vista, no existe el hormigón duradero en sí mismo, ya que el hecho de que las cualidades físicas, químicas y mecánicas de un material puedan ser adecuadas en un escenario específico no garantiza que sigan siéndolo en otras situaciones.

La realidad de que no existe ninguna sustancia que sea duradera en general da credibilidad a este punto de vista. El problema de la durabilidad ofrece un obstáculo importante debido a que cada exposición y entorno de servicio, las especificaciones únicas de los materiales, el diseño de la mezcla y los aditivos son todas propias, la técnica de producción y el procedimiento de construcción. Como consecuencia de ello, las afirmaciones generales que se hacen sobre este sector de la economía no son necesariamente correctas.

## 2.2.7 Factores que afectan la durabilidad del concreto

La dureza del hormigón se ve afectada por los mismos elementos que hacen que se desmorone. Estas partes se ordenan en el siguiente cuadro:

**Tabla 1**

*Mecanismos de deterioro del concreto*

Factores que Pueden producir Deterioro prematuro	Características Del concreto	Características del medio	Manifestación de Deterioro
Heladas y deshielo	Ausencia de aire Incorporado en la pasta de cemento ó agregado poroso ó ambas en el concreto	Humedad  Heladas y deshielo	Expansión Interna
Ataque químico agresivo: a. Sulfatos b. Leaching	Excesiva cantidad de aluminatos de calcio hidratados en la pasta de cemento  Porosidad excesiva	Humedad, concentración excesiva de contenidos de sulfatos disueltos.  Humedad de pH bajo y contenido bajo de cal disuelta	Expansión interior y rajaduras. Disolución y pérdida de componentes solubles.
Abrasión	Baja resistencia a la abrasión	Abrasivo, muchas veces en cero bajo el agua	Desgaste de superficie con pérdida de materia
Corrosión del refuerzo	Metal corrosivo y frecuente presencia en el concreto de agentes que inducen a la corrosión.	Humedad cero. Humedad y agentes que inducen a la corrosión	Expansión interna y rajaduras en el concreto
Reacción Alkali -sílice	Cantidad excesiva de sílice soluble en agregados y álcalis en el cemento	Humedad cero. Humedad y álcalis	Expansión interna y rajaduras en el concreto
Otras: a. Cemento	Cantidad excesiva de CaO ó MgO no hidratados en el cemento. Falta de contenido de humedad sostenida en el periodo de curado especificado.	Humedad	Expansión interna y rajaduras.
b. Fisuración plástica.		Alto índice de evaporación de la humedad.	Fisuración en edad temprana.

Nota: Durabilidad del Concreto – Ramírez Carrasco – 2015.

### 2.2.7.1 Congelamiento y deshielo

El hormigón no perdona cuando está por debajo del punto de congelación., ya que es muy sensible a las variaciones de temperatura. En zonas más frías, es preferible utilizar hormigón más fino, ya que es más reactivo y tiene un mayor calor de hidratación. Sin embargo, esto no es tan fácil. En las losas suspendidas, puede ser necesario calentar el suelo bajo el encofrado metálico en el que se vierte el hormigón. Se prevé que el hormigón utilizado en edificios y pavimentos tendrá una larga vida útil y requerirá poco mantenimiento. Para soportar las circunstancias de exposición previstas, debe ser robusto. Turpo Sucari en 2015. "La congelación y



descongelación cuando el hormigón está húmedo es el elemento meteorológico más dañino, especialmente cuando hay agentes químicos descongelantes presentes. Pueden crearse presiones hidráulicas peligrosas en el interior del árido cuando la congelación tiene lugar en un hormigón que contiene áridos saturados. La presión se crea cuando se forma hielo porque el agua de las partículas de árido no puede escapar al material circundante con la suficiente rapidez. Sin embargo, si la pasta es de alta calidad (baja relación agua/cemento), casi ninguno de los escenarios de exposición dará lugar a que la mayoría de las partículas de árido se saturen. Además, si la pasta contiene aire, será capaz de retener el agua que los áridos puedan filtrar, protegiendo el hormigón de los daños por congelación-descongelación. Turpo Sucari debutó en 2015.

Además, si la pasta contiene aire, será capaz de absorber cualquier rastro de humedad que los áridos puedan perder de otro modo, actuando como una poderosa defensa contra los daños durante los ciclos de solidificación y deshielo.

- a. **“EFECTO EN LA PASTA DE CEMENTO:** Cuando las tensiones empiezan a liberarse durante el proceso de descongelación, el desgaste y el agrietamiento eventual por fatiga de la estructura de la pulpa suelen producirse como resultado de un ciclo de repetición de siglos. En 2015, Turpo Sucari.
- b. **“EFECTO EN LOS AGREGADOS:** En el hormigón, puede producirse una cierta congelación por debajo de un tamaño máximo determinado para cada tipo de material, aunque esto no compromete la estructura granulométrica interna del hormigón. La presencia de un gran tamaño de árido es una influencia significativa. Cuando se premezclan con hormigón, los materiales que sólo son moderadamente o muy resistentes a los ciclos de congelación pueden mantener y conservar un grado de saturación respetablemente alto debido a la porosidad moderada o alta de estos materiales. Sin embargo, el



efecto de la congelación interna se ve mitigado por una reducción de la capacidad del árido para absorber agua. La edición de 2015 del Turpo Sucari.

- c. “EFECTO ENTRE LA PASTA Y LOS AGREGADOS:** Se cree que los áridos tienen un efecto combinado sobre la pasta, ya que son estructuralmente más estables que el cemento y proporcionan una presión directa a la pasta, añadiendo tensión a la que ya está presente en el cemento solo. 2015 vio Turpo Sucari.

## 1. CONTROL DE LA DURABILIDAD FRENTE AL CONGELAMIENTO Y DESHIELO:

- a** La construcción de una estructura separada de huecos desconectados que pueda asimilar los desplazamientos provocados por la congelación y eliminar las tensiones es el punto de referencia de los incorporadores de aire. La regulación de los intentos de congelación y descongelación debe tener un espacio de al menos 0,2 milímetros entre las partículas de masa y los huecos generados por el incorporador de aire, lo que también se denomina "intérprete de separación". Sólo entonces la regulación se considerará totalmente satisfactoria. Debido a su mayor trabajabilidad, el aire también reduce el contenido de agua y la finura de la mezcla, lo que contribuye a minimizar la pérdida de protección. Sin embargo, tanto la reducción de la protección mecánica de los sólidos como el aumento de la porosidad de la pasta se deben a la adición de aire. Turpo Sucari fue en el año 2015.
- b** La temperatura de curado del hormigón debe ser de al menos 5 grados centígrados para elementos de hasta 1,80 metros de espesor y no inferior a 13 grados centígrados para elementos de hasta 30 centímetros de espesor. Los componentes aislantes que inhiben la pérdida de calor y/o la disipación



de agua y/o la congelación deben utilizarse hasta que se haya desarrollado hasta al menos 35 kilogramos por centímetro cuadrado de presión. Esto debe hacerse para poder mantener la temperatura adecuada. Dado que la hidratación del cemento requiere agua, un lugar donde puedan formarse productos de hidratación, una temperatura específica y un tiempo determinado, es crucial comprender el mecanismo químico implicado. El desarrollo completo de las características del cemento y el aumento de su resistencia pueden lograrse controlando estos factores durante el curado. 2014 vio Turpo Sucari.

- c.** La relación agua/cemento debe reducirse hasta conseguir una cimentación estable con la funcionalidad para la que se especifican relaciones entre 0,45 y 0,50 con el fin de conseguir la menor porosidad factible en el hormigón según los planos de colada. Podemos sacar una conclusión.
- Tiempo de secado antes de ser expuesto a temperaturas frías. El hormigón que contiene aire es ligeramente más resistente a la congelación y descongelación que el hormigón que no incluye aire.
  - El hormigón que contiene inclusiones de aire es capaz de resistir ciclos de congelación-descongelación de una manera sustancialmente más resistente que el hormigón que no contiene inclusiones de aire.
  - Es posible que el mortero resista múltiples ciclos de congelación y descongelación sin agrietarse ni fallar de ninguna otra forma si contiene inclusiones de aire, tiene una baja relación agua-cemento y un volumen de aire que oscila entre el 4% y el 8% de su volumen total. Estas características proporcionan al mortero la capacidad de contener inclusiones de aire. Desde 2015, Turpo Sucari presta sus servicios a sus clientes.

## 2.2.7.2 Ambiente químicamente agresivo

Como resultado de su resistencia incorporada a la agresión química en estado sólido, el hormigón suele funcionar eficazmente en diversas circunstancias químicamente hostiles. La agresión sólo es probable si el producto químico agresivo se encuentra en solución a una concentración determinada y es capaz de penetrar en la estructura de la pasta durante un periodo de tiempo concreto. En otras palabras, la solución debe fluir en el hormigón a una velocidad específica y continuar fluyendo durante un período de tiempo lo suficientemente largo como para crear hipersensibilidad. Según esta comparación, el peligro de agresión química externa contra el hormigón es menor; no obstante, algunos elementos elevan el riesgo de deterioro, como los altos caudales, la absorción excesiva y la permeabilidad, curado inadecuado y frecuentes ciclos de humectación y secado. El Turpo Sucari del año 2015.

Uno de los materiales que mejor soporta situaciones químicamente hostiles es el hormigón.

## 1. EFECTO DE COMPUESTOS QUÍMICOS SOBRE EL CONCRETO

La tabla 1 enumera las funciones de numerosas sustancias químicas sobre el hormigón típico y demuestra que sólo un número muy reducido causa realmente daños considerables. Según esta teoría, los cloruros y los sulfatos son las sustancias que, por su abundancia en el medio ambiente, causan la mayoría de los ataques químicos al hormigón.

- a. **CLORUROS:** "Se descubrieron cloruros en el agua del océano, en el suelo de la costa, así como en determinados arroyos y suelos que habían sido envenenados por diseño o por accidente. El estado natural del agua de mar tiene una alta concentración de cloruro -superior a 20.000 partes por millón, lo que contribuye a la corrosión del acero de refuerzo y la hace más probable. Por ello, el agua de mar es un medio especialmente corrosivo. Las franjas costeras y otros hábitats marítimos con

elevada humedad relativa, frecuente actividad eólica y gran cantidad de cloruros disueltos en el aire experimentan actualmente un grave y rápido deterioro estructural. En otros casos, el conflicto se agrava por la variedad e intensidad de las actividades industriales cercanas.

- b. Los cloruros tienen muy poco impacto composicional directo sobre el hormigón, aunque con frecuencia se les culpa de la desintegración causada por otros agentes. Es esencial confirmar que la idea de que los cloruros no influyen directamente en el hormigón es cierta en este sentido. En cambio, producen compuestos de hierro que, al expandirse, socavan la integridad estructural de la pasta y los áridos al inducir la corrosión de los metales enterrados en el hormigón. Esto ocurre porque los compuestos de hierro hacen que los metales reaccionen con el oxígeno del hormigón. Esto ocurre porque los compuestos de hierro se expanden cuando se calientan. Cuando con frecuencia se rechaza el uso de compuestos que contienen cloruros en el hormigón típico (hormigón sin acero de refuerzo), puede producirse un malentendido debido a una comprensión incompleta de este fenómeno.

**Tabla 2**

*Efecto de sustancias químicas en el concreto*

VELOCIDAD DE ATAQUE A TEMPERATURA AMBIENTE	ACIDOS INORGANICOS	ACIDOS ORGANICOS	SOLUCIONES ALCALINAS	SOLUCIONES SALINAS
Rápida	Clorhídrico	Acético		Cloruro de
	Fluorhídrico	Fórmico	----	Aluminio
	Nítrico	Láctico		
	Sulfúrico		Hidróxido de	Nitrato de Amonio
Moderada	Fosfórico	Tánico	Sodio > 20 %	Sulfato de Amonio
				Sulfato de Sodio
				Sulfato de Magnesio
				Sulfato de Calcio
Lenta	Carbónico	----	Hidróxido de Sodio 10 % a 20 %	Cloruro de Amonio
			Hipoclorito de Sodio	Cloruro de Magnesio
			Hidróxido de Sodio < 10 %	Cianuro de Sodio
			Hidróxido de Amonio	Cloruro de Calcio
Insignificante	----	Oxálico	Sodio < 10 %	Cloruro de Sodio
		Tartárico	Hidróxido de	Nitrato de Zinc
			Amonio	Cromato de Sodio

*Nota:* La Corrosión del Concreto – Ramírez Carrasco – 2015.

- c. **SULFATOS:** Los suelos agresivos suelen tener sulfatos que afectan a la resistencia, suelos que disuelven precipitaciones, aguas contaminadas por



residuos industriales, suelos que entran en contacto con hormigón y suelos que disuelven sulfatos. Normalmente, tienen sulfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio. Aunque los suelos que contienen sulfatos no se encuentran frecuentemente en concentraciones particularmente altas, tienen el potencial de concentrarse en el hormigón cuando se producen ciclos de humedecimiento y secado. Los suelos que contienen sulfatos suelen encontrarse en climas áridos. En 2015 se lanzó Turpo Sucari.

## 2. CONTROL DE LA AGRESIÓN QUÍMICA

Se recomienda que, en la mayoría de los casos, se utilice algún tipo de barrera para que los cloruros y los sulfatos de la solución de hormigón no entren en contacto entre sí. Se sugiere encarecidamente que se eviten los trabajos de construcción en situaciones hostiles siempre que sea factible; sin embargo, esto no significa que siempre sea posible. Esta garantía pueden ofrecerla las pinturas bituminosas, las pinturas a base de caucho o las pinturas concebidas expresamente para este nivel de abrasividad (normalmente de tipo epoxídico). Cuando se emplean rellenos granulares con granulometrías abiertas de al menos 1, las fugas capilares entre el hormigón y el material de relleno son menos frecuentes. Sólo queda un paso. Los principios para que el hormigón reduzca la probabilidad de verse perjudicado por la agresividad artificial son los siguientes: Al crear la mezcla para reducir la penetrabilidad, Utilizar aditivos abrasivos, hormigones compatibles con hormigones sulfatados (como Tipo li, Tipo V, Tipo Ip o Tipo lpm), y puzolanas en particular. El aluminio tricálcico debe estar presente en los hormigones sulfatados como mínimo (con una cantidad máxima de entre el 5% y el 8%) para evitar la producción de extrovertidos puros. La ampliación de la protección a base de sulfatos facilita la incorporación de escenarios filatéricos en la lucha contra la salinidad. Los aceleradores que contienen cloruro pueden tener consecuencias adversas, por lo que debe



evitarse su uso en determinadas condiciones específicas.

### **2.2.7.3 Abrasión en el concreto**

Se denomina así a la resistencia de la losa de hormigón al desgaste generado por la fricción y el rozamiento. Las condiciones de servicio, como el tráfico de automóviles y las personas que caminan sobre las losas, el impacto de partículas sólidas transportadas por el viento y el deterioro causado por el flujo persistente de agua son las causas más comunes. La mayoría de las veces, las fracturas estructurales no están causadas por la degradación relacionada con la erosión. No obstante, este tipo de deterioro puede repercutir en el uso de la superficie o contribuir accidentalmente a su destrucción por otro factor que reduzca su durabilidad (agresión química, corrosión, etc.). En el caso de las cuencas hidráulicas, el segundo escenario es significativamente más importante. Durante todo el año 2015, Turpo Sucari.

## **1. FACTORES QUE AFECTAN CON ABRASION EN EL CONCRETO**

"La cara expuesta al desgaste, o la resistencia estructural o mecánica, es el aspecto más crucial. La resistencia a la compresión, la calidad de los áridos, el diseño de la mezcla, los procesos de construcción y el curado son las mejores formas de evaluar el rendimiento de una estructura. Otros factores importantes a tener en cuenta son el curado. Los indicadores que se prueban en el laboratorio también son útiles, ya que pueden imitar las condiciones que se dan durante los proyectos de construcción reales. En 2015, Turpo Sucari fue el ganador.



## 2. CONTROL DE LA ABRASIÓN EN EL CONCRETO

En la medida en que seamos capaces de reforzar la resistencia de la capa de hormigón a la abrasión, tendremos la capacidad de gestionar el desgaste de la superficie. Para garantizar que la superficie será resistente a la abrasión durante un periodo de tiempo prolongado, se recomienda que la superficie tenga una resistencia mínima a la compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup>. La colocación ideal requiere una baja relación agua-cemento, áridos bien graduados que se adhieran a la gradación ASTM C-33 y a las restricciones de abrasión, y el menor asentamiento posible. Además, se requieren áridos bien graduados. Se ha demostrado que la calidad de la mano de obra y la técnica de acabado, además de las medidas preventivas mencionadas, tienen una influencia significativa en el resultado. Si se termina un trabajo sin dejar que la mezcla se seque al aire, la capa de acabado será más débil de lo que habría sido de otro modo porque se habrá acumulado humedad en el trabajo, aumentando la proporción de agua en relación con el cemento. En general, el acabado debe hacerse dos horas después de que se haya puesto el hormigón y se haya eliminado el agua de la superficie. Esto garantizará que la superficie quede lisa. 2015 es el año del Turpo Sucari.

### **2.2.8 Reacciones químicas en los agregados**

Cuando se produce una reacción de expansión en los áridos que contienen minerales reactivos, las reacciones químicas en los áridos pueden causar problemas en la construcción, como la piroxena, la olivina o la labradorita, con los elementos de la mezcla de concreto. Esta reacción puede provocar la deformación y la fisuración del concreto, lo que tiene un impacto negativo en su durabilidad y resistencia. Esta reacción se denomina reacción álcali-agregado.

En regiones cálidas y secas, la reacción álcali-agregado es más propensa a producirse, y se puede mitigar utilizando agregados que contienen menos minerales



reactivos o utilizando aditivos que restringen la reacción química. Las pruebas de laboratorio pueden ayudar a detectar la presencia de minerales reactivos en los agregados para identificar la posibilidad de una reacción álcali- agregado y tomar medidas preventivas.

## 1. REACCIÓN ÁLCALIS-SÍLICE

Los fallos provocados por este fenómeno se manifiestan como fracturas en toda la superficie de los elementos, rezumado de gel por las grietas y separación del hormigón. Uno de los retos a la hora de determinar el riesgo es que el fenómeno se desarrolla lentamente; por tanto, se necesita información estadística que abarque al menos cinco años para formarse un juicio sobre la aplicabilidad de cualquier árido dado. Para que se produzca la reacción, además de la reactividad potencial de los áridos, deben estar presentes otros factores, Además del grado concreto del árido en cuestión, también necesitará cemento que tenga un alto contenido alcalino (más del 6%), y la humedad relativa debe rondar el 80%. Cuando la temperatura del entorno es más alta, la velocidad de la reacción se acelera. 2015 fue el año en que Turpo Sucari comenzó su andadura.

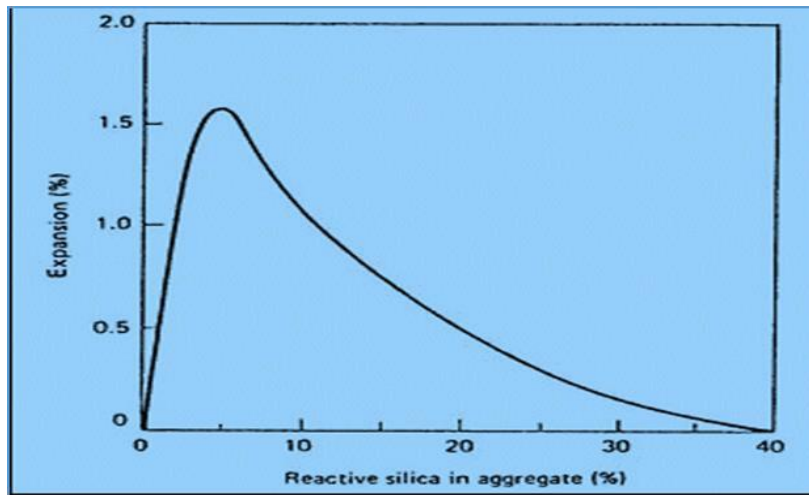
## 2. FACTORES QUE AFECTAN LA EXPANSIÓN ALCALI-AGREGADO

Los siguientes elementos se incluyen en la categoría de "factores que controlan la expansión de los agregados alcalinos":

- La cantidad de humedad disponible
- La granulometría del material reactivo.
- Las propiedades que hacen que reacción en compuesto de la sílice.

**Figura 1**

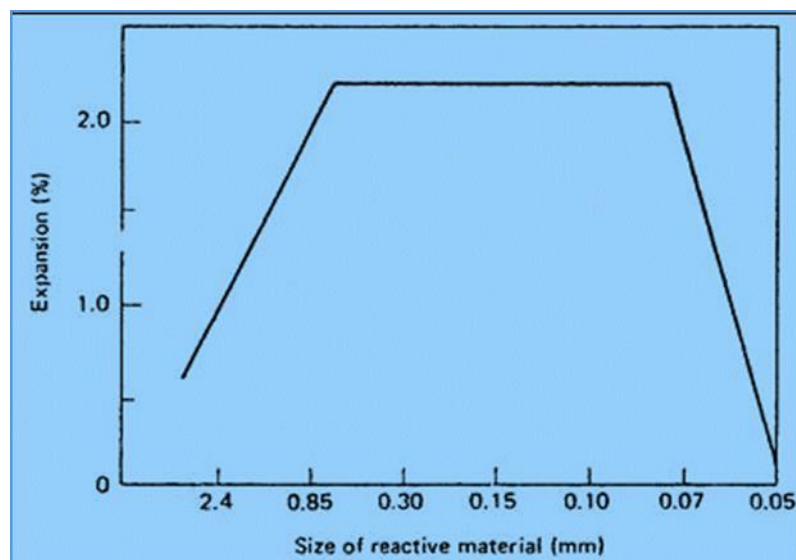
*Efecto del contenido de sílice reactiva en el agregado sobre la expansión del concreto debida a la reacción alcali – agregado*



*Nota.* Tecnología del Concreto. (Biondy, 2013).

**Figura 2**

*Efecto del tamaño de la sílice reactiva constituyente del agregado en la expansión álcali – agregado*



*Nota.* Tecnología del Concreto. (Biondy, 2013).

La figura 1 representa un gráfico de la cantidad de sílice reactiva, que ilustra que la expansión es aproximadamente del 5%, con descensos que se producen a porcentajes más altos. Además, la figura muestra que la expansión es de aproximadamente el 5%.

### 3. REACCIÓN ÁLCALIS- CARBONATOS:

Algunas calizas dolomíticas lo incluyen, y su proceso no se conoce bien. Basado en el hecho de que el patrón de agrietamiento no es provocado por un ataque a la sílice, parece ser distinto del anterior.

**Tabla 3**

*Minerales, rocas y materiales sintéticos que pueden ser potencialmente reactivos con los álcalis del cemento*

REACCION ALCALI – SILICE		REACCION ALCALI - CARBONATO
Andesitas	Pizarras Opalinas	Dolomitas Calcíficas
Argillitas	Filitas	Calizas Dolomíticas
Ciertas Calizas y Dolomitas	Cuarcita	Dolomitas de grano fino
Calcedonia	Cuarzosa	
Cristobalita	Riolitas	
Dacita	Esquistos	
Vidrio Volcánico	Pizarras Silicias y ciertas otras formas de cuarzo	
Gneiss Granítico	Vidrio Silíceo, Sintético y Natural	
Opalo	Tridimita	

*Nota.* Tecnología del Concreto. (Biondy, 2013).

### 4. CONTROL DE LAS REACCIONES QUÍMICAS EN LOS AGREGADOS:

Aunque la andesita, por ejemplo, es un mineral que abunda en Perú, no hay muchos ejemplos de este tipo de reacciones en nuestro entorno. Lo más probable es que esto se deba a la ausencia de proyectos en zonas que podrían ser reactivas para justificar un uso considerable de estos materiales o al hecho de que son menos reactivos que en otros países donde el problema es más grave. También podría deberse a que estos materiales son menos reactivos que en otras naciones. El mejor consejo para evaluar una cantera en la que se prevé una reactividad alcalina es recopilar tantos datos estadísticos como sea posible sobre el uso previo de los áridos en la producción de hormigón y comprobar visualmente las labores para obtener una estimación del riesgo. Esta es la mejor manera de evaluar una cantera.



### **2.2.9 Aditivos en el concreto**

Los aditivos del hormigón son compuestos químicos que se añaden a la mezcla para mejorar las cualidades químicas y/o mecánicas del material. Las mezclas pueden utilizarse, entre otras cosas, para acelerar el proceso de fraguado, hacer que los materiales sean más fáciles de trabajar, tengan menos permeabilidad, sean más resistentes y duren más.

Los aditivos para hormigón son muy variados y cada uno de ellos está formulado para desempeñar una función distinta en el producto acabado. Por ejemplo, los aditivos reductores de agua se utilizan para aumentar la resistencia a la tracción del hormigón y, al mismo tiempo, reducir su porosidad. Esto se consigue reduciendo la cantidad de agua necesaria contenida en la mezcla. Gracias al uso de aditivos plastificantes, es posible reducir la cantidad de agua utilizada en la combinación sin comprometer la resistencia del material. El resultado es un material más fácil de trabajar. Los aditivos retardantes se utilizan para retrasar el tiempo de fraguado del hormigón de modo que sea posible una mayor duración de la mezcla, mientras que los aditivos acelerantes aceleran el tiempo de fraguado del hormigón.

Es crucial tener en cuenta que el uso de aditivos debe estar estrictamente regulado para garantizar que la combinación satisface las necesidades únicas de cada proyecto. Antes de añadir cualquier aditivo a la mezcla, se aconseja consultar a un profesional del hormigón, ya que una aplicación inadecuada de aditivos puede afectar negativamente a la resistencia, durabilidad y otros atributos del hormigón.

### **2.2.10 Clasificación de aditivos**

Dado que ésta es la característica fundamental que se aborda en la obra cuando se busca una solución alternativa que no puede alcanzarse con el hormigón normal, clasificaremos los distintos tipos de aditivos en función de las cualidades del hormigón a las que afectan.



## 2.2.10.1 Aditivos acelerantes

"Sustancias que acortan el tiempo estándar de endurecimiento de la pasta de cemento y/o aceleran el proceso por el que se desarrolla la resistencia normal".

"Acortamiento del tiempo de endurecimiento estándar de la pasta de cemento".

"Sustancias que acortan el tiempo típico de endurecimiento de la pasta de cemento". Proporcionan una amplia gama de ventajas, incluidas las que se enumeran a continuación:

- Tiempos de espera de acabado superficial más rápidos.
- Un proceso de curado más rápido.
- La estructura se puso en servicio antes.
- La capacidad de las estructuras hidráulicas para contener rápidamente las fugas de agua.
- Una disminución de la presión sobre el encofrado que permite mayores alturas de vertido.
- Elevar rápidamente la temperatura del hormigón a lo largo del proceso de hidratación para aumentar su resistencia a los efectos de las bajas y frías temperaturas. Esto se puede conseguir produciendo calor rápidamente. en el año 2015 Zegarra Suárez y Zegarra Agip.

Cuando el hormigón se evalúa utilizando métodos reconocidos, como las agujas proctoras descritas en ASTM-C-403, que permiten medir el endurecimiento en términos de resistencia a la penetración, los aceleradores suelen reducir la duración del fraguado inicial y final. Esto se debe a que las agujas proctoras permiten medir el endurecimiento en términos de la resistencia del hormigón a ser penetrado. Esto se debe a que el examen del hormigón puede completarse más rápidamente utilizando estos procedimientos. 2015 fue el año en que Agip y Suárez Zegarra dieron a conocer sus hallazgos.

Se utilizó un instrumento de aplicación de cargas con agujas metálicas de varios diámetros para medir la presión aplicada al mortero que se adquiría tamizando el hormigón a través de la malla número 4. Agip y Suárez, Zegarra, 2015.

Se dice que el primer conjunto se produce en el punto en el que se requieren 500 lb/pulg<sup>2</sup> de presión para insertar la aguja a una pulgada de profundidad, y se dice que el último conjunto se produce en el punto en el que se requieren 4.000 lb/pulg<sup>2</sup> de presión para generar el mismo nivel de penetración. Ambas estimaciones se derivan del conocimiento común. Zegarra Agip y Zegarra Suárez nacieron en 2015.

Los aceleradores suelen dar lugar a resistencias más bajas a los 28 días, lo cual es una rareza que debe tenerse en cuenta, a pesar de que aumentan la resistencia temprana en comparación con el hormigón normal. Zegarra Agip y Zegarra Suárez (2015).

"Se pierde más resistencia a largo plazo ya que se requiere más acelerante para proporcionar una mayor resistencia inicial. Cuando se combinan con incorporadores de aire, ayudan a mejorar la trabajabilidad al aumentar la cantidad de aire incorporado y su efecto lubricante, que tiende a disminuir cuando se usan solos. Los hormigones mezclados con aceleradores son más vulnerables a las fluctuaciones volumétricas relacionadas con la temperatura y menos resistentes a los sulfatos. (2015) Zegarra Suárez y Zegarra Agip.

### **2.2.10.2 Aditivos reductores de agua – plastificantes**

Al reducir la relación Agua/Cemento, estos componentes orgánicos e inorgánicos producen un hormigón con más capacidad de trabajabilidad y resistencia de lo que sería posible con un hormigón estándar. (2015) Zegarra Agip y Zegarra Suarez.

Lo consiguen al entrar en contacto con la pasta de cemento y el agua, lo que debilita las fuerzas de atracción que mantienen unidas las partículas y acelera el proceso de hidratación. Así es como logran su propósito. Fecha de publicación 2015; los autores son Zegarra Agip y Zegarra Suárez.

Un buen número de ellos también muestran evidencias del impacto aniónico del que se habló al hablar de los incorporadores de aire.

Se benefician de una serie de circunstancias favorables, entre ellas:

- Beneficios económicos, ya que se necesita menos cemento.
- Al ser más trabajables, las mezclas son menos difíciles de colocar y comprimir, lo que se traduce en una reducción de la cantidad de tiempo y esfuerzo necesarios para las tareas de construcción.
- Mayor caída manteniendo la misma relación agua-cemento.
- La impermeabilización ha mejorado sustancialmente. (2015) Zegarra Suárez y Zegarra Agip.

En un hormigón típico, la velocidad a la que disminuye el asentamiento con el tiempo suele depender de la temperatura de la mezcla. Esto es especialmente cierto en el caso de las mezclas más húmedas. En el caso del hormigón plástico, no es así. Normalmente se mezclan en concentraciones que oscilan entre el 0,2 y el 0,5% del peso total del cemento, y el agua que se utiliza para mezclar es donde se diluyen antes de ser añadidos. Zegarra Agip y Zegarra Suárez nacieron en 2015.

- Para volver a plastificar el hormigón, aplique aditivo según sea necesario.
- Las dosis típicas de cemento oscilan entre el 0,2% y el 2% en peso. Debe evitarse la sobredosificación, ya que puede causar segregación si las combinaciones tienen tendencia a espesarse o crear retrasos temporales que requieren curas cada vez más largas, a veces durante varios días,



aunque finalmente aparezca una forma de comportarse de manera normal.

### **2.2.10.3 Aditivos superplastificantes**

Los aditivos superplastificantes en el concreto son sustancias químicas que actúan como plastificantes de alta eficacia, que permiten que el concreto alcance una alta trabajabilidad para facilitar su colocación y consolidación. Estos aditivos tienen el potencial de mantener niveles adecuados de resistencia del hormigón al tiempo que reducen drásticamente la cantidad de agua necesaria para alcanzar el grado deseado de trabajabilidad en el hormigón. Además, tienen la capacidad de mejorar la homogeneidad de la mezcla y evitar la segregación, lo que puede aumentar la calidad general del hormigón.

En concreto, los aditivos superplastificantes se utilizan en la producción de hormigón fluido y manejable. Esta propiedad es esencial para diversos proyectos de construcción, desde la creación de pavimentos de alta calidad hasta el desarrollo de estructuras de hormigón armado. Además, la utilización de aditivos superplastificantes permite reducir la cantidad de agua que se incorpora a la mezcla. El resultado final es un aumento considerable tanto de la resistencia a la compresión como de la porosidad del hormigón, lo que, a su vez, se traduce en un aumento tanto de la durabilidad del material como de su resistencia a la corrosión.

Es importante destacar que la dosificación de aditivos superplastificantes debe ser cuidadosamente evaluada para ajustar los efectos en propiedades como la resistencia, durabilidad y el tiempo de fraguado. Además, la interacción de estos aditivos con los otros componentes de la mezcla también debe ser cuidadosamente evaluada y ajustada para garantizar la homogeneidad deseada y el desempeño óptimo en la obra. En muchos proyectos de construcción, los aditivos superplastificantes pueden ser una herramienta útil para producir



hormigón de alta calidad y resistencia, y pueden utilizarse como alternativa a la adición de cemento adicional a la mezcla para obtener una combinación viable.

#### **2.2.10.4 Aditivos incorporadores de aire**

En particular, si el hormigón ni siquiera tiene suficiente resistencia a la tracción para soportar estas agitaciones, la congelación del agua contenida en el hormigón y el posterior aumento de volumen y descongelación, junto con las fuerzas independientes que provocan las contracciones, conducen a la fisuración inmediata o continuada a medida que la repetición de estos ciclos desgasta el material. Esto puede provocar la destrucción del edificio. En la década de 1940 se descubrió una mezcla de aditivos aireados que contribuye a la estructura hueca del hormigón y permite regular y minimizar los efectos mencionados. Este descubrimiento tuvo lugar en Estados Unidos. Este brebaje se puso en práctica. A continuación, se describe cada uno de los dos tipos de aditivos aireantes:

- 1. Líquido, o en polvo soluble en agua.** Constituidos por sales orgánicas de hidrocarburos sulfonados, compuestos lignosulfonados, ácidos de petróleo, ácidos proteicos terciarios, sales de ácidos de mantequilla, sales de ácidos de resina y sales de ácidos de mantequilla. que contengan ácidos proteicos terciarios. Etc. Algunas de estas moléculas, conocidas como sustancias aniónicas, reaccionan con el hormigón para formar iones pesados que no sólo son extremadamente resistentes, sino también extremadamente lubricantes. Dado que son sensibles a la compactación por vibración, a la sobremezcla y al cemento que se utiliza en el hormigón, estos incorporadores de aire deben manipularse y manejarse de la manera adecuada para producir los resultados deseados. En caso contrario, los huecos se integrarán a una altura inferior a la estrictamente necesaria. Dependiendo del producto y del entorno, el rango típico de aireación oscila entre el 3% y el 6%. Estos aditivos suelen añadirse a una

dosis que oscila entre el 0,02% y el 0,10% del peso total del cemento.

2. **En partículas sólidas.** Compuesto en su mayor parte por sustancias inorgánicas insolubles con un alto grado de porosidad interna, como la tierra de diatomeas, ciertos polímeros, el ladrillo en polvo, la arcilla expandida, la arcilla de pizarra y la arcilla expandida. Estos materiales suelen tener una porosidad de alrededor del 30% en volumen y se procesan hasta volúmenes increíblemente pequeños. Debido a su resistencia a la vibración y a la mezcla, estos aditivos tienen la ventaja sobre los mencionados anteriormente de que son más estables. Se crean diferentes superficies de prueba utilizando un canto rodado de la región de Arequipa, un material volcánico con una porosidad que oscila entre el 25% y el 30%. Esta sustancia debería estudiarse más a fondo, ya que tiene el potencial de ser un incorporador de aire eficiente y de bajo coste. En la atmósfera contemporánea se suelen emplear incorporadores de aire líquidos. Es crucial tener en cuenta a la hora de aplicar estos productos químicos que ningún fabricante puede predecir de antemano la cantidad de aire que crearán, ya que esto depende de una serie de condiciones. Para evitar pérdidas de aire, es necesario un control continuo mediante equipos de medición de la inducción de aire. Estos equipos deben ser compatibles con los procesos de mezcla y transporte.

### **2.2.11 Diseño de mezclas**

El diseño de la mezcla se refiere al proceso de determinar la combinación apropiada de componentes para producir un hormigón que posea las propiedades que se han definido. Los procesos en el proceso de formar una mezcla que posea las características especificadas, tales como resistencia, trabajabilidad y durabilidad, incluyen la evaluación y selección de los diversos componentes, que pueden incluir cemento, agua, áridos y aditivos. Estos procesos son necesarios para formular una mezcla que presente estas características.

Para que el diseño de la mezcla sea eficaz, hay que tener en cuenta factores como el tipo de edificio, los parámetros del proyecto, el clima, los tiempos de fraguado y las limitaciones del emplazamiento. Además, el proceso de diseño de mezclas puede incluir pruebas de laboratorio para evaluar la resistencia del concreto, su trabajabilidad y otra serie de características que son clave para conseguir un resultado óptimo.

En general, un diseño de mezcla exitoso tiene como resultado un concreto que cumple con las exigencias técnicas del proyecto, mientras se minimizan sus costos de producción. El concreto debe ser fácil de colocar, compactar y curar, al mismo tiempo que debe ser resistente y duradero, capaz de soportar las cargas y las condiciones ambientales previstas en el diseño estructural. En conclusión, se requiere un hormigón de alta calidad y resistencia para su uso en aplicaciones de construcción, por lo que el procedimiento de diseño de la mezcla es crucial.

### **2.2.12 Nociones de diseño estructural a fuego**

"Cuando se construye una estructura resistente al fuego, hay que tener en cuenta la integridad, el aislamiento y la capacidad de carga. Con el fin de estar preparados para condiciones de incendio, se realiza el fuego de diseño, junto con el cálculo del desarrollo de la temperatura a través de los diversos componentes, y la consideración del comportamiento mecánico de la arquitectura resistente al fuego. Todo ello con el fin de que la estructura esté preparada para condiciones de incendio.

### **2.2.13 Escenarios de fuego**

Es vital restringir esta variable a situaciones de incendio representativas, a menudo conocidas como escenarios de incendio de diseño, porque el número de escenarios potenciales para una estructura tiende a ser infinito. Estos últimos, que se basan en una colección de situaciones con características afines, ofrecen una aproximación creíble de la media. Tanto los estudios deterministas como los probabilistas emplean escenarios. Según esta referencia, cuando se diseña para los primeros, En lugar

de diseñar para el peor caso posible o medio, que sería excesivamente conservador y caro, se elige el peor escenario plausible, ya que existe la posibilidad de que ocurra realmente. Ramírez, S. (2014).

Existen tres categorías de escenarios de incendio:

- a. **"Escenarios de incendio de diseño básico:** Las utilizamos para evaluar la eficacia del diseño de la seguridad contra incendios, ya que son las más probables.
- b. **Escenarios de incendio de alto rendimiento:** Escenarios de incendios de alto rendimiento: simulan fallos y otros sucesos improbables pero plausibles, por lo que el diseño también debe proporcionar una seguridad adecuada en estas condiciones.
- c. **Escenarios de incendio en el peor de los casos:** Son eventualidades que deben evitarse si existe un alto potencial de daños y consecuencias graves pero una baja probabilidad de que ocurran.

"Una vez elegido el escenario, se determinan las propiedades descriptivas del incendio previsto, que será el incendio de diseño. Tanto la evaluación probabilística como la determinística se someten a un análisis cuantitativo; sin embargo, en la primera, el escenario del incendio se describe cuantitativamente, mientras que en la segunda se proporciona como una cualidad. El análisis probabilístico proporciona la ventaja principal de poder cuantificar las incertidumbres haciendo uso de una distribución probabilística en lugar del valor con menor credibilidad cuando se intenta proporcionar una descripción estadística de los sucesos de incendio. Será útil comparar estas cifras con las normas de peligrosidad que pueden tolerarse. S. Ramírez se publicó en 2014.

#### **2.2.14 Fuego de diseño**

La cantidad de calor que se libera, la densidad de la carga de fuego, la velocidad a la que se generan sustancias venenosas y la velocidad a la que se produce humo

contribuyen al diseño del incendio. Recientemente se ha planteado la relación entre el incendio hipotético y el incendio de diseño real. Un cálculo correcto de la tasa de liberación de calor es un requisito absoluto para cumplir los requisitos de una evaluación del riesgo de incendio. Esto se debe a que suele considerarse el aspecto más importante. El proceso de toma de decisiones para elegir el fuego de diseño debe tener en cuenta no sólo el uso previsto, sino también la ocupación del elemento o elementos en cuestión. Es posible deducir, en el caso del análisis determinista, que elige el incendio que representa las características del peor incendio creíble, que la selección del incendio de diseño está fuertemente ligada al escenario de incendio. Esto se debe a que el análisis determinista elige el incendio que mejor representa las características del peor incendio creíble. Esto se debe al hecho de que el análisis determinista selecciona el incendio que mejor ejemplifica las características del incendio más creíble que podría haber ocurrido. Año de publicación: 2014; autor: S. Ramírez.

### 2.2.15 Análisis mecánico

"Los intervalos de tiempo deben tenerse en cuenta de la misma manera que para el análisis térmico a fin de estudiar el comportamiento mecánico de un edificio expuesto al fuego. Según la norma EN 1991-1-2, la primera consideración para los requisitos de diseño son los requisitos de tiempo, que se controlan mediante lo siguiente:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}$$

Además de los requisitos de diseño especificados en las ecuaciones que se han presentado hasta ahora, es esencial realizar un análisis de la capacidad de resistencia estructural del elemento.

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$$

Dónde:  $R_{fi,d,t}$  " Esta es la resistencia del miembro según el diseño para la situación de incendio en el momento t".

$E_{fi,d,t}$  Las consecuencias significativas de las actividades del escenario de incendio en el momento  $t$ . (2014) están representadas por este valor de diseño. Ramírez, S.

### **2.2.16 COMBINACIÓN DE ACCIONES**

Se decidió añadir lo siguiente a la declaración: "El código también permite utilizar el valor alternativo y ejecutar el escenario de diseño accidental en el que el valor representativo de las acciones variables se verá alterado por el factor de condición cuasi-permanente." Cuando el elemento se exponga al fuego por primera vez en el momento  $t = 0$ , estos efectos se tendrán en cuenta y se pondrán en práctica. En ese momento, se prevé que seguirán siendo igualmente continuos. Por el momento, no se han tenido en cuenta las repercusiones indirectas del incendio. Publicación de 2014 por A. Ramírez.

### **2.2.17 Acciones térmicas para el análisis de temperatura**

A continuación, se ofrecen ejemplos de procesos térmicos en términos de flujo de calor neto de la superficie del elemento, que se expresa en [ $W/m^2$  vatios/metro cuadrado]. Según el Eurocódigo 1, parte 1-2, la ecuación para el término de flujo de calor es la siguiente. Esta ecuación se basa en los conceptos de transmisión de calor convectiva y radiativa. (2014). Se trata de Ramírez, S.

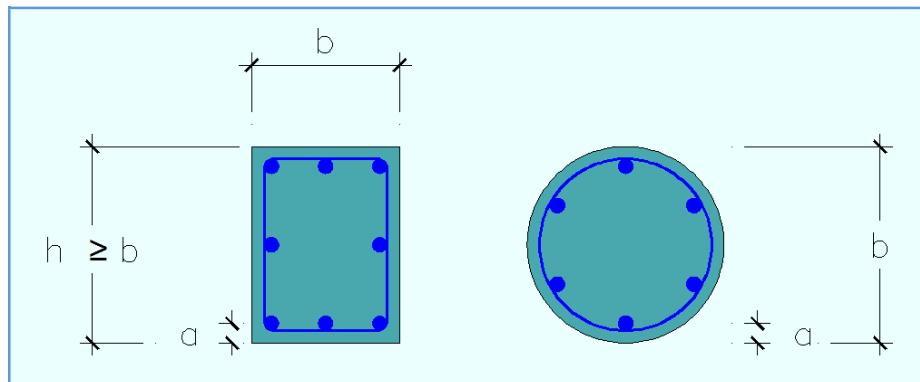
### **2.2.18 Requerimiento para estructuras de hormigón sometidas a fuego**

El uso de revestimientos mínimos aceptables es necesario para que los edificios de hormigón cumplan las normas y reglamentos relativos al diseño contra incendios. Al proporcionar tablas con los recubrimientos mínimos y las dimensiones de las piezas clave, el Eurocódigo 2, Parte 1-2: Diseño estructural en caso de incendio ayuda al proyectista a crear una construcción resistente al fuego. En lugar de utilizar recubrimientos mínimos, el Eurocódigo basa sus recomendaciones en la distancia axial teórica que debe tenerse en cuenta. Esta distancia se calcula entre la superficie del elemento y el centro de la

armadura principal.

**Figura 3**

"Sección transversal, se muestra la dimensión,  $a$ "



Nota: Diseño de Edificios Contra Incendios Apuntes – Ramírez Vicio – 2014.

### 2.2.19 Efecto de altas temperaturas en el hormigón

El hormigón es uno de esos materiales que muchas personas creen que podría cumplir todos los requisitos necesarios para ser categorizado como material resistente al fuego. Se considera que este material tiene un alto nivel de resistencia al fuego porque no se funde cuando se somete a temperaturas de esta naturaleza y no libera humedad cuando se calienta a altas temperaturas. Esto se debe a que, a diferencia de la mayoría de los materiales utilizados en la construcción, no se vuelve quebradizo cuando se expone a altas temperaturas. Ramírez vino al mundo en el año 2014.

### 2.2.20 Mecanismos de daños en el hormigón sometido a altas temperaturas

El desconchamiento, la transformación de fase del árido, la transformación de fase de la pasta de cemento y la incompatibilidad térmica entre la pasta de cemento y el árido son los cuatro tipos principales de mecanismos de daño que pueden relacionarse con la pérdida de cualidades del hormigón que se produce como resultado de la exposición al fuego. Como consecuencia de los otros tres elementos contribuyentes, se reducen tanto la resistencia como la rigidez del hormigón. (2015) Ramírez.

El tipo más común de cemento, conocido como cemento Portland, se compone de hidratos que se descomponen rápidamente en condiciones cálidas. Estos hidratos

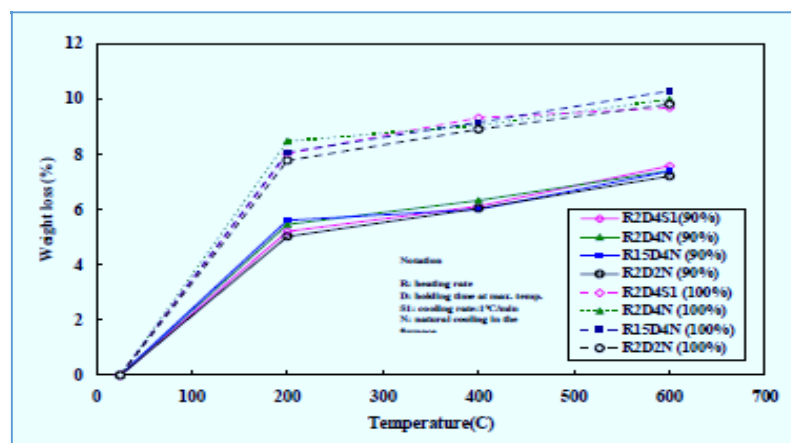
incluyen hidróxido de calcio, silicato de calcio. El cemento Portland es el más utilizado.

### 2.2.21 Porosidad y pérdida de peso del hormigón sometido a fuego

Si se cumplen las condiciones mencionadas, el hormigón pierde peso a medida que aumenta la temperatura, aunque no puede decirse que esta relación sea proporcional a lo largo del aumento. Puede observarse una pendiente más acusada que para  $T > 200$  oC para el intervalo de temperaturas de 25 oC a 200 oC. Este hallazgo puede explicarse por la hipótesis de que la tasa de evaporación de agua del primer periodo es mayor porque el hormigón contiene más agua después de 200 oC, se evapora más agua de los poros más pequeños y el proceso de evaporación requiere más energía. Dado que puede variar debido a las altas temperaturas, como se ha comentado en la sección anterior, también podemos considerar la evaporación del agua ligada químicamente que se pierde de la pasta de cemento.

**Figura 4**

*"Pérdida de peso del concreto sometido a diferentes temperaturas"*



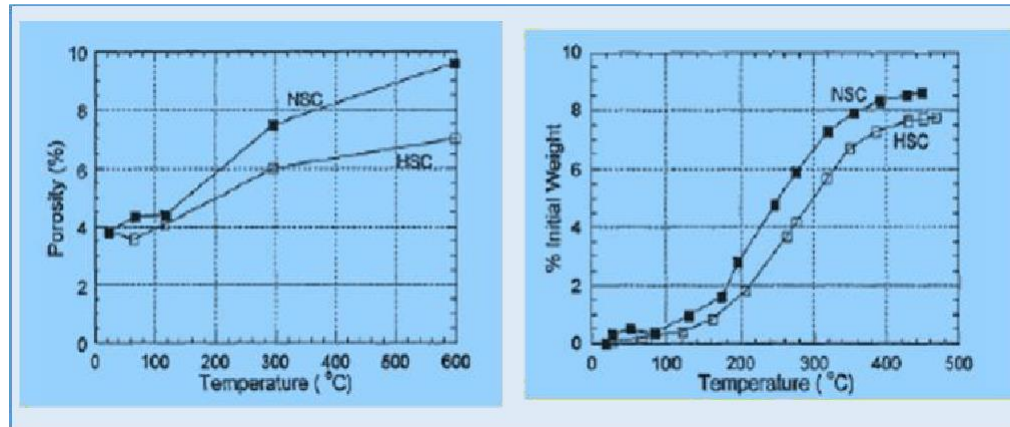
*Nota:* Resistencia al Fuego de Pilares Esbeltos de Hormigón – Ramírez Vicio – 2014.

Otra consecuencia de las temperaturas demasiado altas es el aumento de la porosidad. Entre 110 y 300 grados Celsius, la porosidad del hormigón estándar (también conocido como NSC) y del hormigón de alta resistencia al fuego (también conocido como HSC) es muy diferente. Así lo demuestra la figura 4. Este hallazgo da credibilidad a su idea de que el ángulo formado por el gráfico de la porosidad frente a la temperatura se

hace más pronunciado a medida que aumenta la temperatura. (2014). Ramírez,S.

**Figura 5**

(a) "Grafico de porosidad en función de la temperatura y" (b)



Nota: Resistencia al Fuego de Pilares Esbeltos de Hormigón – Ramírez Vicio – 2014.

## 2.3 Marco conceptual

### 2.3.1 Incendio

La existencia de fuego en una zona donde no debería haberlo define un incendio como un suceso incontrolado e indeseable. La chispa de una sustancia ardiente que entra en contacto con materiales inflamables y los hace arder da lugar a un proceso químico que libera energía en forma de calor y luz. Esta reacción puede considerarse la fuente de la liberación de energía.

### 2.3.2 Combustión o fuego

Durante el proceso de combustión, a menudo conocido como fuego, materiales combustibles como la madera, el papel y el gas sufren una reacción química con el oxígeno para producir energía. Esta energía se libera en forma de calor y luz. Las llamas se producen por este rápido proceso de oxidación, que puede ser arriesgado si no se regula cuidadosamente. La combustión es necesaria para muchos procesos, como la calefacción y la producción de energía, pero también puede ser perjudicial si se producen incendios o explosiones.

### 2.3.3 Resistencia al fuego

La capacidad de una sustancia o estructura para retener el calor y las llamas de un incendio en curso sin prenderse ni propagar las llamas a otras zonas se denomina resistencia al fuego. La capacidad de los materiales de construcción y las estructuras para resistir el fuego durante un periodo de tiempo prolongado no sólo permite a los habitantes disponer de más tiempo para evacuar en caso de incendio, sino que también da a los bomberos más tiempo para apagar las llamas. Es posible reforzar la resistencia al fuego de edificios y estructuras utilizando materiales resistentes al fuego, instalando sistemas de detección y extinción de incendios y diseñando edificios y estructuras de forma adecuada.

#### **2.3.4 Estabilidad al fuego**

Las medidas adoptadas por un elemento de construcción, estructural o no, para garantizar su estabilidad mecánica frente al fuego durante un tiempo determinado.

#### **2.3.5 Estanqueidad a la llama**

En el caso de que se produzca un incendio en una de las caras de un elemento divisorio, la capacidad del elemento para contener las llamas en la cara afectada y evitar que se propaguen a la otra cara se conoce como su resistencia al fuego.

#### **2.3.6 Fuego normalizado**

Para investigar la resistencia al fuego de diferentes materiales, es necesario explorar las respuestas de muchos componentes diferentes utilizando un único modelo de incendio. Este modelo describe la variación de temperatura teniendo en cuenta los parámetros de ensayo, así como el paso del tiempo. Sólo se puede utilizar un modelo de incendio debido a que cada incendio es diferente de los demás.

#### **2.3.7 Comportamiento del concreto armado frente a la acción del fuego**

"En comparación con el acero reforzado, el hormigón armado tiene un comportamiento más complejo frente al fuego. Esto se debe al hecho de que los diversos componentes del material compuesto no interactúan todos de la misma manera. Un



aglutinante similar al cemento y partículas unidas hidráulicamente conforman el material multifásico conocido como hormigón.

### **2.3.8 Comportamiento del concreto pre y postensado frente al fuego**

Hablamos de hormigón prefabricado y de hormigón armado cuando se le han impuesto presiones de compresión mediante alambres de acero tensados en su interior antes de colocarlo en obra. La forma en que están contruidos es su punto clave de diferenciación. Antes de fraguar el hormigón del elemento, se tensan los alambres del hormigón pretensado.

### **2.3.9 ADITIVO**

"Sustancia que se utiliza para modificar las propiedades de un medio de forma positiva añadiendo pequeñas cantidades de la sustancia al medio".

### **2.3.10 Alcalinidad**

"Capacidad de una sustancia para neutralizar el ácido cuando está presente en el agua".

### **2.3.11 Coacción transversal**

La pequeña expansión o contracción transversal se detiene en seco.

### **2.3.12 Concreto armado**

El hormigón se refuerza añadiendo barras de acero a lo largo del proceso de fabricación. Esto tiene dos propósitos: en primer lugar, crea un material compuesto que tiene excelentes propiedades de puente y, en segundo lugar, aumenta la resistencia del material a la fuerza de tracción del hierro. Ambos efectos son beneficiosos.

### **2.3.13 Durabilidad**

Expresión utilizada para describir un componente o estructura metálica para indicar cuánto tiempo seguirá funcionando.

### **2.3.14 Eflorescencia**

"Una acumulación de polvo blanco puede ser visible en la superficie del hormigón. Las sales del hormigón son disueltas por la humedad, lo que hace que sean arrastradas hacia la superficie por la fuerza capilar.

### **2.3.15 Fisuras**

Estas fracturas suelen producirse en la superficie del hormigón como resultado de esfuerzos superiores al límite de resistencia del material. Una fisura se forma cuando el espesor de una pieza es atravesado de lado a lado por una grieta. (2012) Barra Mamani.

### **2.3.16 Mortero de cemento**

"Mortero al que se ha añadido cemento para que pueda utilizarse como aglutinante. En comparación con el hormigón, las partículas de áridos en el asfalto son considerablemente menos grandes y mucho más finamente divididas como resultado de la inserción de aditivos tales como arena, componentes inflamables o aditivos inertes. Los morteros de cemento suelen denominarse simplemente "mortero" cuando la palabra se utiliza en sentido genérico. 2012 como año natural Es la Barra Mamani.

#### *Oquedades o cangrejas*

Al tratarse de zonas vacías en el hormigón, el acero de refuerzo no queda cubierto. (2012) Barra Mamani.

### **2.3.17 Resistencia mecánica del concreto**

Hay tres factores principales que contribuyen a la correlación que existe entre la resistencia mecánica del hormigón endurecido y la forma en que funciona como material de construcción. A lo largo de la historia de la humanidad, la propiedad del hormigón endurecido más estrechamente asociada a su rendimiento ha sido su resistencia mecánica. En 2015, Turpo Sucari ganó el concurso.

### **2.3.18 Resistencia de los agregados**

Cuando las partículas de los áridos son duras y rígidas, normalmente es la



resistencia de la pasta de cemento y/o su unión a los áridos lo que define la resistencia mecánica del hormigón. Pero hay varias excepciones a esta regla. Por otro lado, si las partículas son débiles, la resistencia inherente de los áridos impedirá que el hormigón obtenga elevadas resistencias mecánicas. Esto se debe al hecho de que los áridos son más resistentes que las partículas. A pesar de la presencia de burbujas de aire u otros áridos ligeros, es evidente que el hormigón puede, no obstante, poseer una resistencia a la tracción superior a la de las partículas individuales de los áridos. A lo largo de 2015, Turpo Sucari.

### **2.3.19 Resistencia de la pasta de cemento**

Este tejido filamentosos proporcionará a la mezcla de cemento su resistencia mecánica cuando se cure y se vuelva más sólida. Al madurar, estas sustancias refuerzan la pasta uniendo los granos de cemento a ella y rellenando los huecos dejados por la solución acuosa. Como resultado, la pasta empieza a fraguar. Una vez fraguada, la pasta pasa de ser una masa blanda y fluida a una sustancia rígida y quebradiza con una resistencia mecánica mínima. 2015 vio Turpo Sucari.

### **2.3.20 Adherencia pasta-agregado**

El concepto de "unión pasta-agregado" explica hasta qué punto la pasta de cemento fija y une los agregados utilizados en la creación del hormigón. Los áridos y la pasta, que se compone de cemento, agua y diversos aditivos, trabajan juntos para formar la estructura del hormigón como resultado de su contacto mutuo. Es necesario que la pasta y los áridos desarrollen una fuerte unión entre sí para que el hormigón tenga una estructura potente y duradera. La resistencia de la unión puede verse influida por diversos factores, como el tipo de materiales utilizados, la proporción de los componentes en la mezcla, la cantidad de humedad existente y las condiciones en las que se mezclan.

### **2.3.21 Comportamiento integral**

"Según el método más común, la resistencia mecánica del hormigón se mide



tomando probetas estándar de hormigón liso y cargándolas a tracción o compresión manteniendo un estricto control de las condiciones. Por lo tanto, para describir la resistencia del hormigón se utiliza la tensión máxima que puede producir la carga que provoca el fallo de la probeta. Es un hecho bien conocido que, aunque las condiciones de tensión a las que normalmente se exponen las probetas difieren de las que se experimentan en los edificios, la información recibida de los ensayos de probetas de hormigón simple puede utilizarse para predecir cómo se comportará el mismo hormigón en su parte estructural.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

#### 3.1 Método de investigación

Las cuestiones relativas al comportamiento del hormigón normal y del hormigón al que se han añadido fibras de acero "Wirand" se hacen evidentes cuando la investigación se lleva a cabo siguiendo una secuencia de pasos lógicos. Estos pasos se llevan a cabo en orden. Para encontrar las respuestas a estas cuestiones, se aplicará un procedimiento oficial, metódico, nacional y resuelto. Durante este proceso, se empleará el método de la ciencia de la aplicación como técnica de reflexión guiada y crítica que conducirá al hallazgo de acciones novedosas en el comportamiento del hormigón. Estas acciones novedosas se descubrirán en relación con cómo actúa el hormigón cuando hay fibras de acero "Wirand" presentes, así como cuando no hay fibras de acero "Wirand".

#### 3.2 Diseño de investigación

##### 3.2.1 *Enfoque cuantitativo*

En el proceso procesal secuencial y probatorio, no se salta ninguna etapa; cada una se lleva a cabo en la secuencia en la que se introdujo. La definición de la idea es la primera etapa del proceso secuencial. De la definición de la idea se derivan las preguntas y los objetivos de la investigación. Tras revisar la bibliografía se crea un marco. A partir de las preguntas se desarrolla un marco para evaluar hipótesis y variables, y se analizan



factores como la resistencia del hormigón hidráulico a los esfuerzos de compresión y flexión.

### **3.2.2 Nivel explicativo**

La investigación no se limita a explicar sucesos o conceptos, sino que establece vínculos entre ideas. Se trata de justificar sucesos y fenómenos. Como su nombre indica, quiere saber cómo reaccionaría el hormigón común cuando se le introducen filamentos de acero, o "Wirand". Encontrar la razón principal del problema utilizando la relación causa-efecto es el objetivo de este nivel de investigación, que es más riguroso que las otras etapas.

### **3.2.3 Investigación tecnológica**

Su objetivo es desarrollar nuevas tecnologías y sus impactos observables para construir o mejorar diversos instrumentos. Su doble objetivo es producir bienes y servicios beneficiosos para la sociedad y la economía, así como generar conocimientos que puedan aplicarse para utilizar más eficazmente materiales de construcción como el hormigón. Este proceso también se conoce como investigación y desarrollo.

## **3.3 Población y muestra**

El presente estudio investiga el comportamiento del hormigón en las siguientes circunstancias:

- La creación del hormigón estándar.
- Procedimiento de fabricación de hormigón normal con adición de fibras de acero "Wirand" durante el proceso de fabricación.
- Fabricación de viguetas de dimensiones 0,15 x 0,15 x 0,50 mt. utilizando hormigón estándar.
- El uso de hormigón normal mezclado con fibras de acero "Wirand" para crear vigas con dimensiones de 0,15 x 0,15 x 0,15 x 0,50 mt.



- La respuesta típica del hormigón cuando se expone a diversas temperaturas en un incendio.

### 3.4 Instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1 Para indicadores de la variable independiente

##### 1. CONCRETO CONVENCIONAL Y FIBRAS DE ACERO "WIRAND"

Se efectuará los siguientes trabajos de campo:

- Procedimiento para la determinación de las características físicas y mecánicas de los materiales agregados.
  - Peso específico de masa.
  - Peso seco compactado.
  - Humedad.
  - Absorción.
  - Módulo de fineza.
  - "Tamaño máximo nominal de los agregados gruesos".
- Procedimiento para el diseño de mezclas de un concreto convencional.
  - Resistencia de diseño  $210 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Desviación estándar  $21 \text{ kg/cm}^2$ .
  - Método de diseño de mezclas Walker.
- Determinación de las características de las fibras de acero "Wirand".
  - Características mecánicas.
  - Componentes de las fibras de acero "Wirand".



### **3.4.2 Para indicadores de la variable dependiente**

#### **1. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO CONVENCIONAL**

- Cálculo de la resistencia a la compresión del hormigón convencional después de 28 días para su uso en vigas y losas civiles.
- Examen de la resistencia a la compresión del hormigón convencional para su uso en losas y vigas civiles después de insertar fibras de acero "Wirand" y dejarlas allí durante un periodo de 28 días.
- Explorar cómo reacciona el hormigón estándar cuando se somete a temperaturas de 150 grados centígrados, 300 grados centígrados, 450 grados centígrados y 600 grados centígrados en términos de su resistencia a la compresión.
- Un estudio sobre las resistencias a la compresión y a la flexión del hormigón típico empleado en viguetas.
- Se examinó el efecto de la adición de fibra cero "Wirand" al hormigón normal de las viguetas para comprender mejor las resistencias a la compresión y a la flexión del hormigón.

#### **3.5 Estilo de la redacción académica**

Este ensayo se ha redactado siguiendo las recomendaciones de la guía de estilo de la APA.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Características de los agregados para el concreto convencional de la cantera "isla" de Juliaca

##### 4.1.1 Características físicas de los agregados para el concreto convencional de la cantera "isla" de Juliaca

La siguiente sección contiene un desglose de los resultados de las pruebas de laboratorio pertinentes que se llevaron a cabo con este fin:

**Tabla 4**

*Características físicas de agregados para el concreto convencional cantera: isla - Juliaca*

CARACTERISTICA FISICA	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso específico de W.	2.53	2.49
Peso seco compactado.	1632 Kg/m <sup>3</sup> .	1601 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso seco suelto.	1585 Kg/m <sup>3</sup> .	1554 Kg/m <sup>3</sup> .
Absorción.	2.50%	2.21%
Humedad.	6.54%	3.57
Modulo de fineza.	3.01	

*Nota:* Elaborada por el autor.

#### **Análisis y discusión de resultados**

- Según los parámetros físicos calculados, los áridos de hormigón convencional de la cantera Juliaca "Isla" son de excelente calidad y pueden utilizarse para fabricar hormigón hidráulico.



## 4.1.2 Características resistentes de los agregados para el concreto convencional de la cantera "isla" de Juliaca

A continuación, se enumeran los resultados de las pruebas de abrasión realizadas en el laboratorio con herramientas de Los Ángeles:

**Tabla 5**

*Características resistentes de agregados para el concreto convencional cantera: "isla" - Juliaca*

CARACTERISTICA RESISTENTES	AGREGADO GRUESO
Perfil.	Redondeado
Tipo de agregado.	Natural
Resistencia al desgaste.	68.40
Perdida.	21.60
AASTHO.	T - 26
ASTM.	C - 131

*Nota:* Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- Debido a que tienen una resistencia al desgaste de 68,40% y una pérdida de 21,60%, los agregados de concreto típicos de la cantera Isla de Juliaca son de alta calidad para su uso en la construcción de estructuras de concreto. Esta información se obtuvo a partir de las propiedades de resistencia de los áridos. La ACI recomienda que la resistencia al desgaste de un material sea superior al cincuenta por ciento.

## 4.2 Producción de un concreto convencional con agregados naturales de la cantera "isla" de Juliaca

Para este segmento concreto, se ha tenido en cuenta el siguiente orden de acontecimientos:

- Mezcla de diseño.
- Evaluación de los datos de resistencia a la compresión del hormigón.



## 4.2.1 *Diseño de mezclas del concreto convencional.*

Se tuvieron en cuenta los siguientes componentes:

- Las especificaciones del diseño.
- Las características de los productos químicos. La creación del diseño de la mezcla.

### 1. **ESPECIFICACIONES**

En primer lugar, es necesario estimar las cantidades de los materiales constituyentes del hormigón para calcular su resistencia a la compresión. Para ello, es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- a. Determine las cantidades de los elementos componentes teniendo en cuenta la información de la siguiente lista para determinar la resistencia a la compresión del hormigón.
- b. En el diseño la consistencia del hormigón debe ser plástica.
- c. Los áridos son naturales, redondeados y utilizados.
- d. Se debe utilizar la técnica de Walker como metodología de diseño.

### 2. **CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES**

#### A. **CEMENTO**

- Tipo Portland Puzolánico tipo IP Rumi.
- El peso específico  $2.88 \text{ gr/cm}^3$ .

#### B. **AGUA**

- Tiene que ser potable.

#### C. **AGREGADO FINO**

- Peso específico de masa.  $2.52 \text{ gr/cm}^3$ .
- Absorción.  $2.51 \%$



- Humedad. 6.53 %
- Módulo de fineza. 3.02

## D. AGREGADO GRUESO

- Perfil redondeado.
- Tamaño máximo nominal. 3/4"
- Peso específico de masa. 2.49
- Absorción. 2.21 %
- Humedad. 3.75 %
- Peso seco compactado. 1601 Kg/m<sup>3</sup>.

## 3. DESARROLLO

### PASO 1. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO ( f ' )<sub>cr</sub>

- Resistencia de diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Desviación estándar (S) = 21 kg/cm<sup>2</sup>.

$$f_{cr}' = f_c' + 1.34(S) = 210 + 1.34(21) = 238 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr}' = f_c' + 2.33(S) - 35 = 210 + 2.33(21) - 35 = 224 \text{ kg/cm}^2$$

**Se toma en cuenta el mayor : 238 kg/cm<sup>2</sup>**

### PASO 2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO

Establecido en las especificaciones de diseño

**T.M.N.: 3/4"**

### PASO 3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO



Exigencia del diseño, consistencia plástica.

$$S = 3'' \text{ a } 4''$$

#### PASO 4. DETERMINACIÓN DE VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

- Uso tabla 10.2.2
- Asentamiento 3'' a 4''
- Tamaño máximo nominal  $\frac{3}{4}''$
- Perfil redondeado.

$$\text{Agua: } 185 \text{ lit. (m}^3\text{)}$$

#### PASO 5. SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

- Concreto normal sin influencia de agente externo.
- Uso tabla 11.2.1
- Tamaño máximo nominal  $\frac{3}{4}''$ .

$$\text{Aire atrapado: } 2.0 \%$$

#### PASO 6. SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA CEMENTO

- Concreto normal.
- Resistencia promedio :  $237 \text{ kg/cm}^2 = 240 \text{ kg/cm}^2$ .
- Sin aire incorporado.
- Tabla 12.2.2

**POR RESISTENCIA A/C = 0.635**

#### PASO 7. FACTOR CEMENTO

- Cantidad de agua. = 185 lit.



- Relación agua /cemento = 0.635

$$\text{Cemento} = \text{agua}/a-c; \quad 185 / 0.636 = 292\text{kg.}$$

$$\text{Cemento} = 292 \text{ kg. (7 bolsas)}$$

## PASO 8. VOLUMEN ABSOLUTO DE LA PASTA DE CEMENTO

- Pasta = Cemento, agua y aire atrapado.
- Cemento  $291/2880$  : 0.1011 m<sup>3</sup>.
- Agua  $185/1000$  : 0.1851 m<sup>3</sup>.
- Aire atrapado 2.0 % : 0.0201 m<sup>3</sup>.

$$\text{Total, volumen absoluto pasta} : 0.3061 \text{ m}^3.$$

## PASO 9. VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS AGREGADOS

- Volumen absoluto de la pasta : 0.3061 m<sup>3</sup>.
- Volumen de agregados : 1.0000 – volumen de pasta.

$$\text{Volumen de agregados} = 1.0000 - 0.3061 = 0.6941 \text{ m}^3.$$

## PASO 10. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DEL AGREGADO

### FINO Y AGREGADO GRUESO

- Uso tabla 16.3.7
- Tamaño máximo nominal : 3/4"
- Bolsa de cemento : 7 bolsas
- Módulo de fineza AF. : 3.01
- Agregado perfil redondeado.



**A.F. : 43 %**

**A.G. : 57 %**

## **PASO 11. VOLÚMENES ABSOLUTOS DE AGREGADOS**

Volumen A.F. :  $0.42 \times 0.6941 = 0.2983 \text{ m}^3$ .

Volumen A.G. :  $0.56 \times 0.6941 = 0.3955 \text{ m}^3$ .

## **PASO 12. PESOS SECOS DE AGREGADOS**

A.F. :  $0.2983 \times 2531 = 755 \text{ kg. (seco)}$

A.G. :  $0.3955 \times 2491 = 985 \text{ kg. (seco)}$

## **PASO 13. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE AGREGADOS**

### **VALORES DE DISEÑO**

- Humedad A.F. : 6.54 %
- Humedad A.G. : 3.75 %
- Absorción A.F. : 2.50 %
- Absorción A.G. : 2.21 %
- Peso seco A.F. : 755 kg. (seco)
- Peso seco A.G. : 985 kg. (seco)

### **CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE**

### **AGREGADOS AGREGADOS HUMEDOS**

A.F. :  $754 (1.0653) = 804 \text{ kg. (Húmedo)}$

A.G. :  $984 (1.0374) = 1021 \text{ kg. (Húmedo)}$

### **AGUA NETA**



$$A.F. : 755 (0.0725 - 0.0250) = 35.86 \text{ lit.}$$

$$A.G. : 985 (0.0375 - 0.0221) = 15.32 \text{ lit.}$$

$$\Sigma = 51.18 = 51 \text{ lit.}$$

$$\text{AGUA NETA: } 185 - 51 = 134 \text{ lit.}$$

## PASO 14. PROPORCIÓN EN PESO

Cemento	AF	AG	/	Agua
$\frac{291}{291}$	:	$\frac{804}{291}$	:	$\frac{1021}{291}$ / $\frac{134}{291}$
<b>1</b>	<b>:</b>	<b>2.76</b>	<b>:</b>	<b>3.51 / 0.46</b>

## PASO 15. CANTIDAD DE MATERIALES PARA UN M<sup>3</sup> DE CONCRETO

Cemento : 291 kg.

Agregado fino : 804 kg.

Húmedo.

Agregado grueso : 1021 kg.

Húmedo. Agua : 134 lit.

### 4.2.2 *Análisis y discusión de resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional producido*

En este apartado concreto, se tienen en cuenta los siguientes componentes:

- Según el diseño, la resistencia a la compresión del hormigón normal es de 210 kg/cm<sup>2</sup> para considerarse adecuada.
- A los 28 días, se comprobó la resistencia mecánica del hormigón y resultó satisfactoria.

Se realizaron 10 pruebas con briquetas.

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 6**

Resultados de verificación de la resistencia en compresión del concreto convencional a la edad de 28 días

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	172.85	38700.00	223.89	106.62
2	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	174.95	38950.00	222.64	106.02
3	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	173.78	39050.00	224.71	107.00
4	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	174.95	38430.00	219.66	104.60
5	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	174.95	38100.00	217.78	103.70
6	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	172.85	38500.00	222.74	106.06
7	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	174.95	38620.00	220.75	105.12
8	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	173.78	39100.00	225.00	107.14
9	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	174.95	38900.00	222.35	105.88
10	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL	28	210	174.95	38180.00	218.23	103.92
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>221.77</b>	<b>105.60</b>

Nota: Elaborada por el autor.

### Análisis y discusión de resultados

- Según la información facilitada por el fabricante, la resistencia a la compresión del hormigón típico está especificada en 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Teniendo en cuenta la desviación típica, el valor es de 21 kg/cm<sup>2</sup>.
- Veintiocho días después de la colocación, se puede medir y validar la resistencia a la compresión del hormigón típico.
- La resistencia calculada asciende a una media de 221,77 kilogramos por centímetro cuadrado.

La resistencia media alcanzada de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, demuestra que se ha alcanzado el 105,60% de la resistencia de diseño. Esto demuestra que se utilizaron componentes de alta calidad durante la producción del hormigón ordinario.

#### 4.3 Producción de un concreto convencional adicionado con fibras de acero

##### “wirand”

Los aditivos se utilizan con frecuencia para detener el agrietamiento de las losas debido a la complejidad de producir hormigón y construir pavimentos rígidos. Por este motivo, veremos y hablaremos de cómo se fabrica un hormigón normal cuando se incluyen fibras de acero "Wirand". En esta sección se hacen las siguientes consideraciones:

- La resistencia a la compresión del hormigón es de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Para producir cada briqueta, se mezclaron 125 gramos de fibras de acero con la marca "Wirand" con el hormigón normal.
- El tiempo que se necesita es de 28 días para verificar la resistencia del hormigón tradicional.
- Se realizó diez probetas de concreto para realizar la prueba.

##### 4.3.1 Características y especificaciones de las fibras de acero “wirand”

###### 1. Generalidades

Los principales componentes del hormigón reforzado con fibras son el cemento Portland, los áridos finos y gruesos, el agua y las fibras discretas y discontinuas. El hormigón reforzado con fibras es un tipo de conglomerado hidráulico. En algunos círculos, también se le denomina un tipo específico de conglomerado hidráulico. Se ha demostrado que la adición de fibras de acero, plástico, cerámica o naturales a materiales compuestos de matriz quebradiza o muy quebradiza puede mejorar tanto la resistencia del material como su capacidad de deformación. También se ha demostrado que reducen la probabilidad de inicio y propagación de la fractura. Dado que mejoran la tenacidad, el control de la fractura y la resistencia a la flexión, la cantidad de refuerzo que debe utilizarse en el hormigón es directamente proporcional a la proporción adecuada de estas fibras. El nivel de estabilidad mecánica que puede alcanzarse mediante el uso



de hormigón reforzado con fibras viene determinado por el tamaño de las fibras que están presentes en la matriz, así como por el número de fibras que hay en ella. En el campo de la construcción de ingeniería civil, la aplicación que se utiliza con más frecuencia es la inclusión de fibras con una fracción de volumen inferior al 2% y una longitud comprendida entre 25 y 50 milímetros. Actualmente, el hormigón se utiliza en una variedad cada vez mayor de proyectos de construcción, en particular los que incluyen la construcción de obras lineales, estructuras dinámicamente activas, túneles, tabiques y pavimentos. Hace cerca de un año, V. Corcino.

## **2. Definición del concreto reforzado con fibra de acero "WIRAND"**

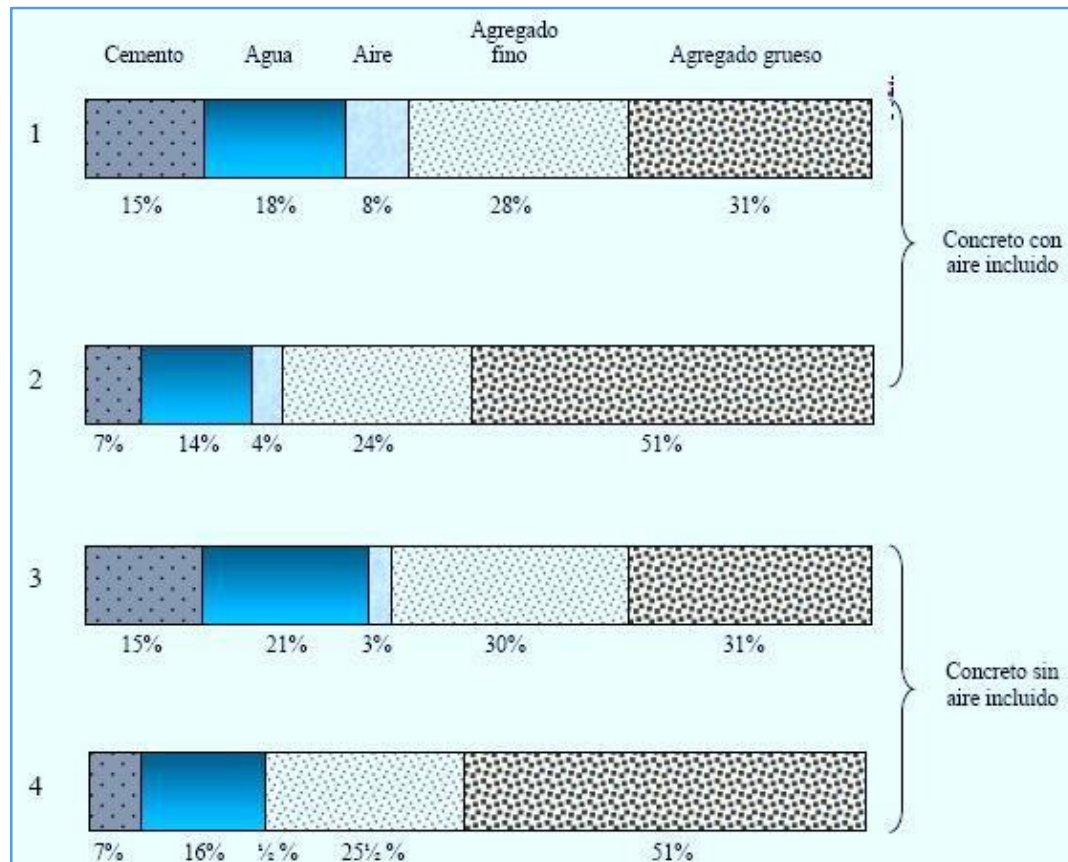
Las fibras de acero se añaden al hormigón normal para crear hormigón con fibras, que como resultado tiene mejores propiedades mecánicas. Debido a su elevado límite elástico (800-1500 Mpa), el alambre trefilado de acero con bajo contenido en carbono suele sustituir a la armadura normal de hormigón fabricada con malla electrosoldada y acero corrugado. Este es el caso en la mayoría de las situaciones. Estudio de V. Corcino de 2007.

## **3. Componentes básicos**

Para generar hormigón con fibras, que tiene mayores cualidades mecánicas, se añaden fibras de acero al hormigón normal. En el refuerzo convencional del hormigón, la fibra de acero con bajo contenido en carbono y el alambre trefilado se sustituyen con frecuencia por malla electrosoldada y acero corrugado debido a que los límites elásticos de los dos primeros materiales son significativamente superiores (800-1500 MPa). Estudio de V. Corcino de 2007.

Figura 6

Volumen absoluto del cemento



Nota: La Norma UNI 11039 – 2013. Corcino Albornoz (2017).

"Los áridos no deben contener ningún componente que tenga el potencial de hacer el hormigón más débil; por el contrario, sólo deben contener partículas que tengan la resistencia y la impermeabilidad adecuadas". Lo ideal es que la granulometría sea uniforme para que la pasta de cemento y el agua puedan aprovecharse al máximo. La fibra de acero debe incluirse en el trabajo real en una cantidad que sea proporcional a la dosis de la combinación que se está utilizando. Publicación de 2017 por Corcino, V.

- 4. Influencia de la fibra de acero "wirand" en el concreto** Cuando el hormigón se deja curar plásticamente, la presencia de fibras de acero tiene una influencia sustancial en las características mecánicas del hormigón y ayuda a evitar fracturas. Esto es especialmente útil cuando el hormigón se deja curar durante

un largo periodo de tiempo. Además de una vez que se ha endurecido completamente en su lugar. Publicación de 2017 por Corcino, V.

"En el estudio se realizaron pruebas comparativas entre un hormigón estándar sin fibras y un hormigón con cantidades variables de fibra adicional. Entre el 2 y el 3 por ciento del peso del hormigón estaba constituido por la fibra adicional. La resistencia a la compresión del hormigón se midió a los 7, 14 y 60 días de su vertido, utilizando el grado nominal del hormigón medio, que era de 280 kg/cm<sup>2</sup>. De forma similar, la resistencia a la flexión se midió a los 14, 28 y 45 días de iniciado el experimento. Los estudios sobre las características de flexión, compresión y trabajabilidad del hormigón se realizaron en 2017. Corcino.

## 5. Aplicaciones del concreto reforzado con fibra de acero

Las principales aplicaciones de las fibras de acero son las siguientes:

### A. PAVIMENTACIÓN

La tensión se desarrolla durante la fase de endurecimiento y es provocada por la hidratación, la retracción, la contracción y las condiciones meteorológicas; sin embargo, el hormigón no armado no puede soportar adecuadamente esta tensión. Las grandes cargas estáticas y en movimiento, las cargas puntuales o distribuidas y las ligeras deformaciones del forjado se transmiten al subsuelo junto con su uso. Los suelos de hormigón con grietas no suelen ser peligrosos para caminar sobre ellos. El suelo de hormigón de un edificio nuevo cuesta el 20% del total. Una planificación errónea puede acarrear problemas de gastos asociados a pérdidas de producción difíciles de calcular. El objetivo principal de un mecanismo de hormigón reforzado con fibras de acero es prevenir el inicio y la propagación de fracturas. Una de las consideraciones más importantes es el proceso mediante el cual las fibras de acero se fijan al hormigón. Publicación de 2017 por Corcino, V.

**VENTAJAS:**

- Mayor resistencia a los impactos.
- Mayor resistencia a la congelación-descongelación.
- Peores hábitos de desgaste. Corcino, V. (2017).

**B. CONCRETO PROYECTADO**

Dado que no es necesario instalar mallas de refuerzo peligrosas, el uso de fibras de acero en lugar de mallas electrosoldadas en algunas operaciones ha aumentado el rendimiento del avance hasta en un 40%. El comportamiento triaxial del hormigón proyectado bajo cargas de cortante y flexión mejora porque hay muchas menos fisuras de retracción y fibras más uniformemente dispersas por todo el espesor del material". V. Corcino (2017).

No hay que olvidar que el efecto de sombra de la malla electrosoldada puede dar lugar a huecos que provoquen la corrosión de la malla y acaben destrozando el hormigón. Cuando las fibras son suficientemente dúctiles, el comportamiento del hormigón proyectado en términos de absorción de esfuerzos mejora, llegando a quintuplicar la energía de rotura del hormigón.

*Corcino, V. (2017).*

**USOS:**

- Construcción de ferrocarriles, túneles hidráulicos y de carretera...
- La minería...
- El revestimiento de taludes...
- La estabilización de excavaciones relacionadas con los cimientos...
- Fines sanitarios.
- Estabilización de taludes. Corcino, Vince.

**4.3.2 Análisis y control de resultados de la resistencia en compresión del concreto**

**convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "wirand"**

En esta sección, tendremos en cuenta los siguientes factores:

- 210 kilogramos por centímetro cuadrado es la resistencia de diseño del concreto.
- Cada briqueta de hormigón de tamaño estándar recibió 125 g de fibras metálicas "Wirand".
- Se utilizaron 28 días para confirmar la resistencia media del hormigón.
- 10 briquetas de prueba.

En el cuadro siguiente se resumen los resultados obtenidos.

**Tabla 7**

*Resultados de verificación de la resistencia en compresión del concreto convencional a la edad de 28 días con adición de 125 gr. de fibras de acero "WIRAND"*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	172.85	40480.00	234.19	111.52
2	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	174.95	41023.00	234.48	111.66
3	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	173.78	41315.00	237.74	113.21
4	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	174.95	41930.00	239.67	114.13
5	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	174.95	42010.00	240.13	114.35
6	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	172.85	40370.00	233.56	111.22
7	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	174.95	41201.00	235.50	112.14
8	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	173.78	41450.00	238.52	113.58
9	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	174.95	41910.00	239.55	114.07
10	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 125gr F.A.	28	210	174.95	42050.00	240.35	114.45
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>237.37</b>	<b>113.03</b>

*Nota:* Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- Dado que ésta es la norma, la resistencia a la compresión del hormigón que se utiliza ampliamente en la construcción se mide en kilogramos por centímetro cuadrado y es de 210.
- Se ha determinado que 21 kg/cm<sup>2</sup> constituye la desviación estándar.
- Tras un periodo de 28 días, es posible determinar la resistencia a la compresión normal del hormigón.
- Cada briqueta contiene 125 gramos de fibras de hierro "Wirand".
- El hormigón normal se fortaleció una media de 237,37 g/cm<sup>2</sup> cuando se añadieron fibras de acero.

La resistencia media del hierro convencional, que anteriormente se había medido en 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, aumentó a un valor de 237,37 kg/cm<sup>2</sup> cuando se añadieron 125 gramos adicionales de fibras de acero "Wirand" a cada briqueta. El resultado fue un aumento del valor de la resistencia del hierro. Aquí se presentaron los resultados de un experimento científico. Como consecuencia, se produjo un aumento del 7,43% en comparación con el valor anterior.

#### **4.3.3 Análisis y control de resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "Wirand"**

En esta sección se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- La resistencia de diseño del hormigón común es de 210 kilogramos por centímetro cuadrado.
- Para fabricar cada briqueta, se mezcló una cantidad estándar de hormigón con 250 gramos adicionales de fibras de acero "Wirand".
- Para probar la resistencia del hormigón típico fue necesario un periodo de veintiocho días.
- El procedimiento requirió el uso de diez probetas de ensayo diferentes.

El siguiente cuadro ofrece un resumen conciso de los resultados.

**Tabla 8**

*Resultados de verificación de la resistencia en compresión del concreto convencional a la edad de 28 días con adición de 250 gr. de fibras de acero "wirand"*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	172.85	43128.00	249.51	118.81
2	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	174.95	43320.00	247.61	117.91
3	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	173.78	42900.00	246.86	117.55
4	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	174.95	43301.00	247.51	117.86
5	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	174.95	43610.00	249.27	118.70
6	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	172.85	43200.00	249.93	119.01
7	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	174.95	43360.00	247.84	118.02
8	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	173.78	42910.00	246.92	117.58
9	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	174.95	43350.00	247.79	117.99
10	BRIQUETA DE PRUEBA AGREG. NATURAL + 250 gr F.A.	28	210	174.95	43701.00	249.79	118.95
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>248.15</b>	<b>118.17</b>

*Nota:* Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- Como ésta es la norma, la resistencia a la compresión del hormigón que se utiliza ampliamente en la construcción se mide en kilogramos por centímetro cuadrado y es de 210.
- La variación estándar para esta medida es de 21 kg/cm<sup>2</sup>.
- Después de dejar curar el hormigón convencional durante un periodo de 28 días, se recomienda realizar una prueba de resistencia a la compresión del hormigón.
- Ahora, las fibras de acero "Wirand" pesan 250 gramos cada briqueta.
- El hormigón habitual tiene una resistencia media de 248,15 g/cm<sup>2</sup> cuando se añaden las fibras de acero.

Cuando se añaden 250 gramos de fibras de acero "Wirand" a cada briqueta de hormigón normal, la resistencia media del material aumenta un 12,53%, haciéndolo más resistente en general. El resultado es un aumento de la resistencia media, que pasa de 221,77 kg/cm<sup>2</sup> a 248,15 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.4 Análisis comparativo de resistencia en compresión del concreto convencional y concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand"

En esta parte se tienen en cuenta los siguientes factores:

- Al concluir el tiempo de curado, que duró un total de 28 días, se determinó que la resistencia habitual a la compresión del hormigón estándar era de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.
- Una vez colocado el hormigón y dejado curar durante 28 días, la resistencia media a la compresión del hormigón es de 237,37 kg/cm<sup>2</sup> cuando se añaden a la mezcla fibras de acero "Wirand" a razón de 125 g por briqueta. Esto aumenta la resistencia media a la compresión del hormigón a 237,37 kg/cm<sup>2</sup>.
- A los 28 días, la resistencia típica a la compresión del hormigón normal era de 248,15 kg/cm<sup>2</sup> cuando se añadían 250 g de fibras de acero "Wirand" por briqueta. Esto se midió después de dejar curar el hormigón.

El gráfico y la tabla siguientes describen los resultados de una investigación sobre el impacto que tuvo la incorporación de fibras de acero "Wirand" en la resistencia a la compresión del hormigón tradicional:

**Tabla 9**

*Resultados de resistencia en compresión del concreto convencional y concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand"*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	CONCRETO NORMAL AGREG. NATURAL	28	210	221.77	105.60
2	CONCRETO NORMAL AGREG. NATURAL + 125 F. A.	28	210	237.37	113.03
3	CONCRETO NORMAL AGREG. NATURAL + 250 F. A.	28	210	248.15	118.17

Nota. Elaborada por el autor.



## **Análisis y discusión de resultados**

- Cuando se desarrolla, la resistencia a la compresión del hormigón ordinario que se utiliza en la construcción se ha medido en 210 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia a la compresión del hormigón normal a los 28 días es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup> de media, según la norma europea.
- A la edad de 28 días, la resistencia a la compresión del hormigón normal mejorado mediante la adición de 125 gramos de fibras de hierro "Wirand" se calcula en 237,37 kg/cm<sup>2</sup>.
- Tras un envejecimiento de 28 días, el hormigón normal que ha sido mezclado con 250 gramos de fibras de acero "Wirand" adquiere una resistencia a la compresión de 248,15 kg/cm<sup>2</sup> de media. Este nivel de resistencia viene determinado por la media de las resistencias a la compresión de cada una de las partículas de hormigón.
- Se alcanza una resistencia a la compresión de 237,37 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días con hormigón normal que se ha mezclado con 125 gramos de fibras de acero "Wirand". Esto supone un aumento del 7,43% en la resistencia a la compresión en comparación con la media típica del hormigón normal.
- A la edad de 28 días, el hormigón convencional que se ha mezclado con 250 gramos de fibras de acero "Wirand" tiene una resistencia media a la compresión de 248,15 kg/cm<sup>2</sup>, lo que supone un aumento del 12,56% por encima de la resistencia media a la compresión del hormigón normal.

### **4.4 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional a temperaturas de incendio**

En el transcurso de la investigación de esta sección, se dio prioridad a las siguientes consideraciones:

- En cada caso, se fabricaron diez (10) briquetas de prueba.
- Se ha producido todo el número de briquetas necesario para todas las situaciones previstas.
- Se tuvieron en cuenta las siguientes temperaturas de combustión:
  - a) Temperatura inicial de 150°C a 300°C.
  - b) Temperatura en proceso de 300°C a 450°C.
  - c) Temperatura final de 450°C a 600°C.
- En todos los casos, fue necesario contabilizar el calor del fuego durante un periodo de ciento veinte minutos.
- Cada treinta minutos, se tomaban y registraban las temperaturas.

#### **4.4.1 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C**

A continuación, se exponen los aspectos relevantes de este escenario:

- "La resistencia a la compresión de diseño del hormigón convencional es de 210 kilogramos por centímetro cuadrado".
- Se utilizará un total de diez (10) briquetas para las pruebas.
- La edad del hormigón ordinario en briqueta se calcula en 28 días. Las temperaturas en el fuego oscilan entre 150 y 300 grados centígrados.
- Una exposición a la temperatura del fuego durante una hora y media.
- Cada 30 minutos, regular la temperatura del fuego.
- La fuerza media de comparación del estudio es 221.77 kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación, se expone lo que se descubrió como consecuencia de ello:

**Tabla 10**

*Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional expuesto a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	33200.00	192.07	91.46
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	32950.00	188.34	89.69
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	32980.00	189.78	90.37
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	33053.00	188.93	89.97
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	33120.00	189.31	90.15
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	33100.00	191.50	91.19
7	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	32810.00	187.54	89.30
8	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	32730.00	188.34	89.69
9	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	35100.00	200.63	95.54
10	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	33101.00	189.20	90.10
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>190.56</b>	<b>90.74</b>

*Nota:* Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- Cuando se desarrolla, la resistencia a la compresión del hormigón ordinario que se utiliza en la construcción se ha medido en 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión del hormigón típico, que se mide en kilogramos por centímetro cuadrado, suele ser de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, y este valor puede servir de patrón para medir la variación de resistencia que se produce a distintas temperaturas de incendio.
- La resistencia a la compresión del hormigón estándar disminuye a una media de 190,56 kg/cm<sup>2</sup> tras ser sometido a temperaturas de entre 150 y 300 grados centígrados durante un periodo de dos horas en un incendio.
- La resistencia a la compresión del hormigón convencional es un 14,86% inferior a la del hormigón estándar, que tiene un valor de 221,77 kg/cm<sup>2</sup> para su resistencia a la compresión.

#### 4.4.2 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional a temperaturas de incendio de 300°C a 450°C

A continuación, se exponen las consideraciones pertinentes:

- "La resistencia a la compresión de diseño del hormigón convencional es de 210 kilogramos por centímetro cuadrado".
- Diez (10) briquetas para la prueba.
- 28 días es la edad del hormigón ordinario cuando está en forma de biqueta.
- Las temperaturas del fuego oscilan entre 300 y 450 grados centígrados.
- Se pasó un total de ciento veinte minutos entre las llamas.
- Cada 30 minutos, regular la temperatura del fuego.
- El estudio concluyó que una resistencia de comparación estándar de 221,77 kg/cm<sup>2</sup> es adecuada.

A continuación, se ofrece un resumen completo de las conclusiones:

**Tabla 11**

*Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional expuesto a temperaturas de incendio de 300°C a 450°C*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	29400.00	170.09	81.00
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	29630.00	169.36	80.65
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	29100.00	167.45	79.74
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	29053.00	166.06	79.08
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	29010.00	165.82	78.96
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	29300.00	169.51	80.72
7	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	29610.00	169.25	80.59
8	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	29050.00	167.17	79.60
9	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	29000.00	165.76	78.93
10	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	28990.00	165.70	78.91
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>167.62</b>	<b>79.82</b>

Nota. Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- Se ha determinado que el hormigón convencional tiene una resistencia a la compresión de 210 kilogramos por centímetro cuadrado.
- Teniendo en cuenta el hecho de que la resistencia del material puede variar en función de la temperatura del fuego, se estima que la resistencia media a la compresión del hormigón normal es de 221,77 kilogramos por centímetro cuadrado. Esta estimación tiene en cuenta el hecho de que la resistencia del material puede variar.
- Tras ser sometido a temperaturas que oscilan entre 300 y 450 grados centígrados durante un periodo de dos horas, se determina que la resistencia a la compresión normal del hormigón es de 167,62 kg/cm<sup>2</sup> después de que el material haya sido sometido a compresión.
- La resistencia a la compresión del hormigón tradicional ha disminuido un 25,78% en comparación con el valor del hormigón estándar, que es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>; alternativamente, el valor del hormigón estándar no ha variado.

#### **4.4.3 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional a temperaturas de incendio de 450°C a 600°C**

A continuación, se exponen los aspectos relevantes de este escenario:

- "La resistencia a la compresión de diseño del hormigón convencional es de 210 kilogramos por centímetro cuadrado".
- Se utilizará un total de diez (10) briquetas para las pruebas.
- La edad del hormigón típico en la briqueta se calcula en 28 días.
- Temperaturas capaces de inflamarse entre 450 y 600 grados centígrados.
- Pasar un total de ciento veinte minutos entre las llamas.
- Ajustar la temperatura del fuego cada media hora.

- Para el estudio, la resistencia comparativa típica es de  $221,77 \text{ kg/cm}^2$ .

Estos fueron los resultados obtenidos de las pruebas:

**Tabla 12**

*Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional expuesto a temperaturas de incendio de  $450^\circ\text{C}$  a  $600^\circ\text{C}$*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	21460.00	124.15	59.12
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	21910.00	125.24	59.64
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	21730.00	125.04	59.54
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	21114.00	120.69	57.47
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	21280.00	121.63	57.92
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	21390.00	123.75	58.93
7	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	21710.00	124.09	59.09
8	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	21580.00	124.18	59.13
9	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	21100.00	120.61	57.43
10	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	21185.00	121.09	57.66
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>123.05</b>	<b>58.59</b>

Nota: Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- Cuando se desarrolla, la resistencia a la compresión del hormigón ordinario que se utiliza en la construcción se ha medido en  $210 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia media a la compresión del hormigón normal es de  $221,77 \text{ kg/cm}^2$ , cifra que debe tenerse en cuenta al evaluar la resistencia que fluctuará cuando se exponga a diversas temperaturas de incendio. Es crucial tener en cuenta esta cifra porque es necesario recordarla a la hora de estimar la resistencia que fluctuará cuando se exponga a diversas temperaturas de incendio.
- La resistencia a la compresión del hormigón compactado normalmente se mide en  $123,05 \text{ kg/cm}^2$  tras someterlo a temperaturas que oscilan entre  $450$  y  $600$  grados Celsius durante un periodo de dos horas.
- La resistencia a la compresión del hormigón convencional ha disminuido un  $47,01\%$  en comparación con la del hormigón normal, que se midió en  $221,77$

kilogramos por centímetro cuadrado.

#### **4.5 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con fibras de acero “wirand” a temperaturas de incendio**

Al analizar este componente, hemos tenido en cuenta los siguientes aspectos específicos:

- Para cada escenario se han fabricado diez (10) briquetas de prueba.
- Se ha completado la producción de la cantidad necesaria de briquetas para dar cabida a todos los escenarios potenciales.
- Se han tenido en cuenta las siguientes temperaturas a las que se produce la combustión:
  - a. Temperatura inicial de 150°C a 300°C.
  - b. Temperatura en proceso de 300°C a 450°C.
  - c. Temperatura final de 450°C a 600°C.
- La cantidad máxima de tiempo que una instancia puede estar expuesta a temperaturas de fuego es de 120 minutos.
- Habrá una inspección de la temperatura cada 30 minutos.

##### **4.5.1 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero “Wirand” expuesto a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C**

En este caso concreto, hay que tener en cuenta algunas cosas:

- La resistencia a la compresión del hormigón ordinario debe diseñarse para que sea de 210 kg/cm<sup>2</sup> como mínimo.
- Un total de diez briquetas para las pruebas.
- 28 días de edad del hormigón normal en la briqueta.
- De 150°C a 300°C para las temperaturas de incendio.
- 120 minutos de exposición a las temperaturas del fuego.

- Monitorización de la temperatura del fuego cada 30 minutos.
- El estudio reveló que se alcanzaba una resistencia comparativa típica de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación, se ofrece un resumen completo de las conclusiones:

**Tabla 13**

*Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "Wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f <sub>c</sub> DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f <sub>c</sub> ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	33800.00	196	93
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	33950.00	194	92
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	34010.00	196	93
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34120.00	195	93
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34230.00	196	93
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	34600.00	200	95
7	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34700.00	198	94
8	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	34300.00	197	94
9	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34900.00	199	95
10	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34650.00	198	94
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>197</b>	<b>94</b>

*Nota:* Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- Cuando se desarrolla, la resistencia a la compresión del hormigón ordinario que se utiliza en la construcción se ha medido en 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión del hormigón típico, que se mide en kilogramos por centímetro cuadrado, suele ser de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, y este valor puede servir de patrón para medir la variación de resistencia que se produce a distintas temperaturas de incendio.
- Tras ser calentado durante dos horas a temperaturas que oscilan entre 150 y 300 grados Celsius, el hormigón típico mantiene su resistencia a la compresión en una media de 197,00 kg/cm<sup>2</sup> durante toda la duración del experimento.
- La resistencia a la compresión del hormigón convencional es un 11,6% inferior a la del hormigón estándar, que tiene un valor de 221,77 kg/cm<sup>2</sup> para su resistencia

a la compresión.

#### 4.5.2 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "wirand" a temperaturas de incendio de 300°C a 450°C

En este caso concreto, hay que tener en cuenta algunas cosas:

- Según la información facilitada por el fabricante, se especifica que la resistencia a la compresión del hormigón típico es de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Un total de diez briquetas para la prueba.
- Una edad del hormigón típico en la briketa que sea igual a 28 días.
- Entre 300°C y 450°C para los incendios.
- 120 minutos de exposición a las temperaturas del fuego.
- Monitorización de la temperatura del fuego cada 30 minutos.
- La resistencia comparativa típica del estudio es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas realizadas.

**Tabla 14**

*Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 300°C a 450°C*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	31100.00	180	86
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	31150.00	178	85
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	31218.00	180	86
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	31190.00	178	85
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	31015.00	177	84
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	31320.00	181	86
7	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	31214.00	178	85
8	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	31307.00	180	86
9	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	31510.00	180	86
10	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	31460.00	180	86
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>179</b>	<b>85</b>

Nota. Elaborada por el autor.

#### **Análisis y discusión de resultados**

- Cuando se desarrolla, la resistencia a la compresión del hormigón ordinario que

se utiliza en la construcción se ha medido en 210 kg/cm<sup>2</sup>.

- La resistencia a la compresión del hormigón normal, que se mide en kilogramos por centímetro cuadrado, suele ser de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, y este valor puede servir de patrón para medir la variación de resistencia que se produce a distintas temperaturas de incendio.
- El hormigón normal tiene una resistencia a la compresión de 179 kg/cm<sup>2</sup> tras ser sometido a temperaturas en el fuego que oscilan entre 300 y 450 grados centígrados durante un periodo de dos horas; este valor se determina después de que el hormigón haya sido compactado.
- La resistencia a la compresión del hormigón tradicional ha disminuido en un 20,06% si se compara con el valor del hormigón estándar de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que el hormigón tradicional es más débil que el hormigón estándar.

#### **4.5.3 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 125 gr. de fibras de acero "wirand" a temperaturas de incendio de 450°C a 600°C**

En este caso concreto, hay que tener en cuenta algunas cosas:

- La resistencia a la compresión de diseño del hormigón convencional es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, según el fabricante.
- 10 briquetas de prueba, en total.
- Edad de 28 días del hormigón tradicional en la briqueta.
- Entre 450°C y 600°C para los incendios.
- 120 minutos de exposición a las temperaturas del fuego.
- Monitorización de la temperatura del fuego cada 30 minutos.
- El estudio reveló que se alcanzaba una resistencia comparativa típica de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.

A continuación, se ofrece un resumen completo de las conclusiones:

#### **Tabla 15**

*Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 125 gr. de*

*fibras de acero "wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 450°C a 600°C*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	23800.00	138	66
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	24100.00	138	66
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	24700.00	142	68
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	24600.00	141	67
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	24630.00	141	67
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	24510.00	142	68
7	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	24630.00	141	67
8	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	24703.00	142	68
9	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	24320.00	139	66
10	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	24678.00	141	67
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>140</b>	<b>67</b>

Nota: Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- Cuando se desarrolla, la resistencia a la compresión del hormigón ordinario que se utiliza en la construcción se ha medido en 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia media a la compresión del hormigón normal es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, cifra que debe tenerse en cuenta al evaluar la resistencia que fluctuará cuando se exponga a diversas temperaturas de incendio. Es crucial tener en cuenta esta cifra porque es necesario recordarla a la hora de estimar la resistencia que fluctuará cuando se exponga a diversas temperaturas de incendio.
- Tras ser calentado en el fuego durante dos horas a temperaturas que oscilan entre 450 y 600 grados centígrados, el valor habitual de la resistencia a la compresión del hormigón ordinario se determina en 140,00 kilogramos por centímetro cuadrado.
- La resistencia a la compresión del hormigón convencional es 38,6 puntos porcentuales inferior a la del hormigón estándar, que tiene un valor de 221,77 kg/cm<sup>2</sup> para esta propiedad.

#### **4.5.4 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "wirand" expuesto a**



## ***temperaturas de incendio de 150°C a 300°C***

En este caso hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- La resistencia a la compresión de la mezcla de hormigón estándar es de 210 libras por centímetro cúbico.
- diez (10) briquetas para el propósito de la prueba.
- La edad del hormigón tradicional en la briqueta es de veintiocho días.
- Las temperaturas del fuego oscilan entre 150 y 300 grados centígrados.
- Se pasó un total de ciento veinte minutos entre las llamas.
- Control y regulación de las temperaturas del fuego cada media hora.
- El estudio reveló que la resistencia comparativa media era de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, lo que es bastante alto.

A continuación, se resumen los resultados obtenidos:

Como valor de diseño recomendado para el hormigón normal, se utiliza una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

- Un total de diez briquetas para la prueba.
- Edad de 28 días del hormigón normal en la briqueta.
- De 150°C a 300°C para las temperaturas de incendio.
- 120 minutos de exposición a las temperaturas del fuego.
- Monitorización de la temperatura del fuego cada 30 minutos.
- El estudio reveló que se alcanzaba una resistencia comparativa típica de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los resultados se describen en su totalidad a continuación:

Tabla 16

Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "Wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 150°C a 300°C

N°	DESCRIPCION	EDAD (DÍAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	34010.00	197	94
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34123.00	195	93
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	34184.00	197	94
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34230.00	196	93
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34410.00	197	94
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	34890.00	202	96
7	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34910.00	200	95
8	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	34680.00	200	95
9	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	35010.00	200	95
10	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	34990.00	200	95
PROMEDIO			210			198	94

Nota: Elaborada por el autor.

### Análisis y discusión de resultados

- Cuando se desarrolla, la resistencia a la compresión del hormigón ordinario que se utiliza en la construcción se ha medido en 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión del hormigón típico, que se mide en kilogramos por centímetro cuadrado, suele ser de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, y este valor puede servir de patrón para medir la variación de resistencia que se produce a distintas temperaturas de incendio.
- Cuando el hormigón típico se comprime y después se somete a temperaturas que oscilan entre 150 y 300 grados centígrados durante dos horas, la resistencia media a la compresión del hormigón es de 198,00 kg/cm<sup>2</sup> después de que el hormigón se haya sometido a estas temperaturas.
- La resistencia a la compresión del hormigón convencional también ha disminuido un 11,6% en comparación con la resistencia habitual del hormigón, que es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.5.5 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "Wirand" a temperaturas de incendio de 300°C A 450°C

- Según los criterios de diseño, el hormigón típico tiene una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, pero son posibles otras resistencias. Esta cifra puede utilizarse como referencia para determinar cómo varía la resistencia en función de la temperatura del fuego. La resistencia a la compresión típica del hormigón normal es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, y este valor puede utilizarse para determinar cómo varía la resistencia.
- Se ha determinado que la resistencia a la compresión del hormigón típico es de 198,00 kg/cm<sup>2</sup> tras ser calentado durante dos horas a temperaturas que oscilan entre 150 y 300 grados centígrados.
- A continuación, se compara la resistencia a la compresión del hormigón convencional con la resistencia habitual del hormigón de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, que ha disminuido un 11,6%:

**Tabla 17**

*Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "Wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 300°C a 450°C*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	✓28	210	172.85	32010.00	185	88
2	BRIQUETA DE PRUEBA	✓28	210	174.95	32200.00	184	88
3	BRIQUETA DE PRUEBA	✓28	210	173.78	32800.00	189	90
4	BRIQUETA DE PRUEBA	✓28	210	174.95	32700.00	187	89
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	32040.00	183	87
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	32320.00	187	89
7	BRIQUETA DE PRUEBA	✓28	210	174.95	32100.00	183	87
8	BRIQUETA DE PRUEBA	✓28	210	173.78	32043.00	184	88
9	BRIQUETA DE PRUEBA	✓28	210	174.95	32010.00	183	87
10	BRIQUETA DE PRUEBA	✓28	210	174.95	32123.00	184	87
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>			<b>185</b>	<b>88</b>

*Nota:* Elaborada por el autor.

### **Análisis y discusión de resultados**

- La resistencia a la compresión del hormigón ordinario suele estimarse en un intervalo de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión normal del hormigón ordinario se calcula en 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, que sirve como número de referencia que debe tenerse en cuenta al evaluar la variación de la resistencia inducida por la exposición a diferentes temperaturas de incendio.
- Tras ser calentado en un incendio a temperaturas que oscilan entre 300 y 450 grados centígrados durante un periodo de dos horas, se determina que la resistencia a la compresión típica del hormigón es de 185,00 kg/cm<sup>2</sup> de media.
- La resistencia a la compresión del hormigón tradicional es inferior en un 17,6% a la del hormigón normal, que es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.5.6 Estudio del comportamiento mecánico de un concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "wirand" a temperaturas de incendio de 450°C A 600°C**

A continuación, se resumen las circunstancias pertinentes:

- La resistencia a la compresión del hormigón típico se determina en 210 kg/cm<sup>2</sup> cuando se diseña.
- Se ensayaron un total de diez (10) briquetas.
- El tiempo de envejecimiento del hormigón ordinario en briketa es de 28 días.
- Las temperaturas incendiarias oscilaron entre 450 y 600 grados Celsius.
- La duración de la exposición a la temperatura del fuego es de ciento veinte minutos.
- La temperatura del fuego se controlará cada treinta minutos.
- Los resultados del estudio muestran que la resistencia comparativa media es de 221,77 kilogramos por centímetro cuadrado.

A continuación, se describen exhaustivamente los resultados obtenidos:

Tabla 18

Resultados de la resistencia en compresión del concreto convencional adicionado con 250 gr. de fibras de acero "wirand" expuesto a temperaturas de incendio de 450°C a 600°C

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DISEÑO (Kg/cm <sup>2</sup> )	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg)	f'c ROTURA (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	25100.00	145	69
2	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	25900.00	148	70
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	25730.00	148	71
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	25643.00	147	70
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	25830.00	148	70
6	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	172.85	25610.00	148	71
7	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	25734.00	147	70
8	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	173.78	25703.00	148	70
9	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	25689.00	147	70
10	BRIQUETA DE PRUEBA	28	210	174.95	25678.00	147	70
PROMEDIO			210			147	70

Nota: Elaborada por el autor.

### Análisis y discusión de resultados

- Cuando se desarrolla, la resistencia a la compresión del hormigón ordinario que se utiliza en la construcción se ha medido en 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia media a la compresión del hormigón normal es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, cifra que debe tenerse en cuenta al evaluar la resistencia que fluctuará cuando se exponga a diversas temperaturas de incendio. Es crucial tener en cuenta esta cifra porque es necesario recordarla a la hora de estimar la resistencia que fluctuará cuando se exponga a diversas temperaturas de incendio.
- La resistencia media a la compresión del hormigón estándar tras ser calentado en el fuego durante dos horas a temperaturas que oscilan entre 450 y 600 grados centígrados es de 147 kg/cm<sup>2</sup>, que es también la resistencia media a la compresión del hormigón estándar.
- La resistencia a la compresión del hormigón tradicional ha disminuido un 35,6% si se compara con la resistencia a la compresión del hormigón convencional, que se mide en 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.



#### **4.6 Empleo de concreto convencional con fibras de acero "wirand" en obras civiles**

Las fibras de hierro que se añaden actualmente al hormigón tienen varias aplicaciones beneficiosas, entre las que cabe citar las siguientes:

##### **1. REFUERZO DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO "WIRAND"**

Es muy útil disponer de una microarmadura construida con fibras que tengan suficiente resistencia mecánica a la tracción y que estén dispersas uniformemente por el hormigón. Esto se debe a que se sabe que se producen fisuras por contracción. Además, confiere al hormigón una flexibilidad considerable que, como consecuencia de la alta resistencia y cantidad de fibras, aumenta la tenacidad del hormigón en estas condiciones.

A la hora de desarrollar diseños, la mayoría de las normas de diseño modernas no suelen tener en cuenta la resistencia a la tracción del hormigón debido a la naturaleza quebradiza del material. Esta característica de resistencia a la tracción se ha conservado gracias al uso de una matriz reforzada con fibras, lo que ha permitido utilizar el material como parámetro de diseño mecánico.

##### **2. CONCRETOS CON FIBRAS DE ACERO "WIRAND" EN PREFABRICADOS**

"La fabricación de mezclas con integración de fibras en el interior de la mezcla y sus principios clave para evitarlas se han tratado con detalle en los párrafos anteriores, así como las cuestiones de segregación o aglomeración de fibras. Los factores más cruciales en esta situación son la configuración geométrica de la fibra y los principios de selección, ya que permiten la construcción de hormigones con un contenido de cemento extremadamente bajo o nulo debido a la flexibilidad de la inserción de la fibra en la mezcla. Actualmente, las mezclas secas pueden integrar fibras metálicas sueltas sin perder su homogeneidad. Los aditivos son cruciales en esta situación de mezclas con baja relación agua/cemento porque ayudan a dar forma a la mezcla y a producir piezas



fabricadas con un buen acabado. (2016) Maccaferri.

Para minimizar la aglomeración durante un proceso de mezcla en seco, en el que la falta de fluidez podría impedir definitivamente una distribución uniforme, se aconseja elegir fibras con una proporción de esbeltez que posiblemente no sea demasiado alta en este tipo de mezclas. Es bien sabido que las fibras con un alto grado de esbeltez tienen propensión a agregarse, y solo unos pocos productores han sido capaces de controlar este fenómeno. (2016) Maccaferri.

### **3. CONCRETOS ESTRUCTURALES Y CONCRETOS NO ESTRUCTURALES CON FIBRAS DE ACERO "WIRAND"**

La técnica del hormigón armado con fibras metálicas en integración o sustitución de la armadura tradicional con barras metálicas está en el campo de las pruebas desde los años 50, y empezó a utilizarse industrialmente ya en los años 60. Esta tecnología existe desde los años cincuenta. Después de que esta tecnología existiera desde los años 50, se produjo este cambio de perspectiva. Hoy en día, las empresas que hacen un uso constante de esta tecnología incluyen ejemplos como prefabricados monolíticos, pavimentos industriales, soportes de metro y excavaciones superficiales en hormigón proyectado. Estos son sólo algunos de los muchos tipos de empresas que existen en la actualidad. Maccaferri fue la empresa que la utilizó en el año 2016.

Desde su aparición, las fibras se han utilizado en diversos ámbitos, y cada vez son más quienes las emplean como alternativa o solución al problema del refuerzo del hormigón. Al principio, las fibras se incorporaban a la matriz del hormigón para suavizar su aspecto general y hacerlo menos frágil. Las tensiones internas de tracción son la causa principal de la propensión del hormigón a agrietarse en condiciones normales. Esto se debe a la naturaleza frágil del material. Para evitarlo, hay que reforzarlo con fibras o con mallas soldadas. Dado que las fibras están distribuidas uniformemente por todo el volumen del



elemento, actúan como refuerzo tridimensional y evitan eficazmente la conocida aparición de la contracción plástica; por lo tanto, el empleo de estas fibras para combatir este problema es bastante claro.

#### **4. CONCRETOS CON FIBRAS DE ACERO “WIRAND” EN TUNELES**

Los requisitos para la construcción mecanizada con una tuneladora (TBM) correctamente seleccionada entre la creciente gama de opciones disponibles se han cumplido esencialmente cuando la longitud de un túnel y la consistencia de sus condiciones geomecánicas a lo largo de su trazado son suficientes para distinguir un proyecto de metro de otros. Esto se debe a la disponibilidad de opciones. En este tipo de técnica de excavación mecánica se suele emplear un anillo de revestimiento formado por piezas prefabricadas de hormigón armado. La tuneladora terminará el anillo de revestimiento, que se construye estratégicamente metro a metro a medida que avanza la excavación del túnel. Casi siempre se utiliza un anillo de revestimiento formado horizontalmente con piezas prefabricadas de hormigón armado. de forma coherente y sistemática con el avance de la excavación del túnel, en combinación con este enfoque de excavación mecánica. Con el paso del equipo de perforación de túneles, la excavación del túnel queda finalmente terminada.

#### **6. CONCRETOS CON FIBRAS DE ACERO “WIRAND” EN REVESTIMIENTO DE TUNELES**

Las propiedades geomecánicas del entorno en el que se realiza una excavación subterránea, las tensiones naturales preexistentes en el entorno, el proceso y procedimiento de construcción que se seleccione, incluido el tipo de entibación que finalmente se instale, y las circunstancias específicas de instalación son factores que influyen en el comportamiento geostático de la excavación. Otro factor que influye en el comportamiento geostático de la excavación es el tipo de entibación que finalmente se instale. La siguiente descripción de la clase de

comportamiento de la excavación es capaz de tener en cuenta adecuadamente todas las preocupaciones que se han presentado hasta ahora. Comprende, entre otras cosas, la determinación del estado de las tensiones naturales, así como la caracterización del entorno mediante la geomecánica (en particular, la geomecánica del macizo rocoso que se va a excavar), y también incluye la planificación de la excavación.

"El apuntalante primario, también conocido como apuntalante de primera etapa, se despliega in situ en entornos que pueden resultar desagradables, poco acogedores o incluso peligrosos. Los controles de calidad en estos entornos son a veces limitados, y pueden acabar siendo insuficientes. Además, debe garantizar la seguridad de los trabajadores y dar una estabilización a corto plazo de la cavidad, que puede ser incluso total. Se aconseja dar estos tratamientos con niveles inmediatos y limitados de fiabilidad estructural para reducir la exigencia de fiabilidad estructural formal a lo largo del tiempo. Los apoyos primarios tradicionales, como el hormigón proyectado reforzado con fibras metálicas, nervios metálicos y pernos de costura, pueden combinarse con apoyos precedentes, como los arcos truncados de hormigón precortado. Este tipo de combinación se denomina sistema de soporte híbrido.

## **7. CONCRETOS CON FIBRAS DE ACERO "WIRAND" COMO PROTECCIÓN DEL FUEGO**

El uso de la protección pasiva contra incendios con hormigón ayuda a reducir el número de vidas perdidas durante los procedimientos de evacuación de túneles y las intervenciones de los bomberos (Maccaferri, 2016). Esto se consigue garantizando el mantenimiento de las propiedades mecánicas de los componentes estructurales a lo largo de estos procesos. 2016, según Maccaferri.

"La protección pasiva garantizará los siguientes atributos estructurales:"

- a) Preservación de la capacidad portante



- b) La cara expuesta no emite gases combustibles.
- c) Impedir la disipación de gases o llamas.
- d) Una barrera contra la pérdida de calor que se ha instalado de forma que quede orientada hacia el interior, hacia el componente estructural del edificio.

"Como resultado, es posible llegar a la conclusión de que cualquier protección pasiva contra incendios ofrecida por el hormigón debe ser eficaz durante los primeros minutos del incendio. Esto se debe a que este es el momento en el que se evacuará a las personas y los bomberos intentarán sofocar las llamas". Según Maccaferri (2016), "debido a que el desconchamiento es el principal deterioro que experimentará el hormigón durante los primeros minutos del incendio, es necesario prestar más atención al fenómeno del desconchamiento." Esto se debe a que el spalling es el principal deterioro que experimentará el hormigón durante los primeros minutos del incendio. Como consecuencia de ello, el fenómeno del desconchamiento requiere mucha más consideración.

#### **4.7 Estudio de la correlación de la resistencia en “compresión y flexión del concreto convencional y concreto convencional adicionados con fibras de acero” “wirand” en viguetas**

Al realizar la investigación para esta parte, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se construyeron viguetas de 0,15 x 0,15 x 0,15 x 0,50 mt. con hormigón normal.
- Se añadieron 300 gr. de fibras de acero "Wirand" a 0,15 x 0,15 x 0,15 x 0,50 mt. de hormigón normal para crear viguetas.
- 600 gr. de fibras de acero "Wirand" se añaden a hormigón normal para crear vigas que miden 0,15 x 0,15 x 0,15 x 0,50 mt.
- 210 kg/cm<sup>2</sup> es el valor previsto para la resistencia a la compresión.

#### 4.7.1 Estudio de la correlación de la resistencia en compresión y flexión del concreto convencional en viguetas

En el transcurso de la investigación de esta sección, se dio prioridad a las siguientes consideraciones:

- La resistencia a la compresión que se diseñó para la estructura es de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Cinco (5) unidades de viguetas de hormigón estándar de 0,15 x 0,15 x 0,50 mt.
- El hormigón de las viguetas tiene 28 días.
- El hormigón convencional tiene una resistencia a compresión de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>.

Los resultados se resumen a continuación.

**Tabla 19**

*Resultados de la correlación de la resistencia en compresión y flexión de un concreto convencional en viguetas de 0.15 x 0.15 x 0.50 mt.*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DIS. (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c PROM (Kg/cm <sup>2</sup> )	CAR. ROT. (kg)	DIMENSIONAMIENTO			ESF.ROT (kg/cm <sup>2</sup> )	%
						LARGO	ANCHO	ALT.		
1	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	3340.00	50.90	15.24	15.23	49.20	22.19
2	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	3350.00	51.00	15.15	15.30	50.15	22.62
3	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	3128.00	50.80	15.28	15.26	45.20	20.38
4	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	3145.00	51.00	15.15	15.30	54.30	24.49
5	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	3370.00	50.80	15.28	15.26	51.10	23.05
<b>PROMEDIO</b>			<b>210</b>						<b>49.99</b>	<b>22.54</b>

Nota: Elaborada por el autor.



### **Análisis y discusión de resultados**

- La resistencia a la compresión del hormigón de diseño es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia habitual del hormigón también es de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se ha determinado que el hormigón estándar tiene una resistencia a la compresión de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, que es equivalente.
- La resistencia media a la flexión del hormigón estándar, que se utiliza en viguetas que miden 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,50 metros, es de 49,99 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión del hormigón que cumple las normas exigidas es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, y la resistencia media a la flexión del hormigón es de 49,99 kg/cm<sup>2</sup>.
- Esto demuestra que la resistencia a la compresión del hormigón típico es inferior a la resistencia a la flexión que posee en un 22,54%.

#### **4.7.2 Estudio de la correlación de la resistencia en compresión y flexión del concreto convencional en viguetas con adición de 300 gr. de fibra de acero "Wirand"**

En el transcurso de la investigación para esta sección, se dio prioridad a los siguientes factores de reflexión:

- La resistencia a la compresión que se diseñó para la estructura es de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- Cinco (5) unidades de viguetas típicas de hormigón de 0,15 x 0,15 x 0,50 mt.
- El hormigón de las viguetas ha estado allí durante 28 días.
- La resistencia a la compresión del hormigón ordinario es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, medida en cm<sup>2</sup>.

Los resultados se describen a continuación:

Tabla 20

Resultados de la correlación de la resistencia en compresión y flexión de un concreto convencional adicionado con 300 gr. de fibras de acero "Wirand" en viguetas DE 0.15 X 0.15 X 0.50 MT

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DIS. (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c PROM (Kg/cm <sup>2</sup> )	CAR. ROT. (kg)	DIMENSIONAMIENTO			ESF.ROT	
						LARGO	ANCHO	ALT.	(kg/cm <sup>2</sup> )	%
1	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	4493.00	50.90	15.24	15.23	72.10	32.52
2	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	4430.00	51.00	15.15	15.30	70.40	31.75
3	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	4310.00	50.80	15.28	15.26	68.80	31.03
4	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	4380.00	51.00	15.15	15.30	69.10	31.16
5	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	4100.00	50.80	15.28	15.26	63.40	28.59
PROMEDIO			210						68.76	31.01

Nota. Elaborada por el autor.

### Análisis y discusión de resultados

- La resistencia a la compresión del hormigón típico ronda los 210 kilogramos por centímetro cuadrado. Esta cifra se utiliza en las comparaciones, ya que la resistencia a la compresión del hormigón de referencia es de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, y es este valor el que se utiliza.
- Cuando se prueba, el hormigón normal que se ha mezclado con 300 gramos de fibra de acero "Wirand" en viguetas de 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,50 metros tiene una resistencia media a la flexión de 68,76 kg/cm<sup>2</sup>.
- Se ha descubierto que añadiendo 300 gramos de fibra de acero "Wirand" al hormigón normal se obtiene una resistencia a la flexión de 68,76 kg/cm<sup>2</sup> de media y una resistencia a la compresión de 221,77 kg/cm<sup>2</sup> de media en el producto acabado. Estos valores se determinaron mediante ensayos. Los resultados de las pruebas han determinado estos resultados.
- Esto demuestra que la resistencia a la flexión del hormigón estándar es, por término medio, del 31,01%, lo que equivale a la resistencia a la compresión del hormigón normal.

#### 4.7.3 Estudio de la correlación de "la resistencia en compresión y flexión del concreto convencional en viguetas con adición de 600 gr." de fibra de acero "Wirand"

Para investigar en este apartado se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- 210 kg/cm<sup>2</sup> es la resistencia a la compresión que se pretendía alcanzar con la estructura.
- Cinco (5) unidades separadas de viguetas de hormigón estándar con unas dimensiones de 0,15 por 0,15 por 0,50 metros para cada unidad individual.
- En las viguetas, el hormigón debe curarse durante aproximadamente un mes antes de poder utilizarse.
- El hormigón que cumple las especificaciones estándar tiene una resistencia a la compresión de 221,77 kg. La resistencia a la compresión del hormigón se determinó en 221,77 kg/cm<sup>2</sup> cuando se midió en la forma estándar del material.

A continuación, se describen los resultados:

**Tabla 21**

*Resultados de la correlación de la resistencia en compresión y flexión de un concreto convencional adicionado con 600 gr. de fibras de acero "wirand" en viguetas de 0.15 x 0.15 x 0.50 mt.*

N°	DESCRIPCION	EDAD (DIAS)	f'c DIS. (Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c PROM (Kg/cm <sup>2</sup> )	CAR. ROT. (kg)	DIMENSIONAMIENTO			ESF.ROT (kg/cm <sup>2</sup> )	%
						LARGO	ANCHO	ALT.		
1	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	6130.00	50.90	15.24	15.23	88.20	39.78
2	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	6250.00	51.00	15.15	15.30	88.70	40.00
3	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	5950.00	50.80	15.28	15.26	72.40	32.65
4	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	6063.00	51.00	15.15	15.30	73.80	33.28
5	VIG. 0.15 X 0.15 X 0.50	28	210	221.74	6230.00	50.80	15.28	15.26	87.30	39.37
PROMEDIO			210						82.08	37.02

Nota. Elaborada por el autor.



## Análisis y discusión de resultados

- Se ha determinado que el hormigón convencional tiene una resistencia a la compresión de 210 kilogramos por centímetro cuadrado.
- El hormigón que se utilizó en el examen tenía una resistencia a la compresión de 221,77 kilogramos por centímetro cuadrado, según los resultados.
- Tras la adición de 600 gramos de fibra de acero "Wirand" al hormigón convencional, la resistencia media a la flexión del hormigón mejoró hasta 68,76 kg/cm<sup>2</sup> en viguetas de 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,15 por 0,50 metros. El resultado fue una mejora significativa de la integridad estructural del hormigón.
- Según las conclusiones de los investigadores, la adición de 300 gramos de fibra de acero denominada "Wirand" al hormigón convencional, que tiene una resistencia a la compresión de 221,74 kg/cm<sup>2</sup>, da como resultado una resistencia media a la flexión de 82,08 kg/cm<sup>2</sup>. Esta es la conclusión que puede extraerse de los resultados de los investigadores.
- Esto implicaría que la resistencia a la compresión del hormigón normal dio lugar a una resistencia a la flexión de aproximadamente el 37,02% de media.

## CONCLUSIONES

- PRIMERA.-** Dadas las singulares condiciones de rendimiento del hormigón, existen actualmente tecnologías asequibles para obtener un hormigón de mejor calidad. Por ejemplo, en las losas rígidas de pavimento, las grietas y fisuras pueden reducirse añadiendo fibras de acero "Wirand" al hormigón, lo que tiene efectos positivos para nuestro medio ambiente. Del mismo modo, se ha demostrado que el hormigón calentado a temperaturas de fuego se deteriora con el tiempo y en proporción directa a la intensidad del calor.
- SEGUNDA.-** En segundo lugar, el hormigón necesita un diseño de mezcla, ya que es un material noble. Para el presente trabajo se empleó el enfoque Walker, que es más recomendable porque tiene en cuenta las cualidades cruciales de los áridos a la hora de crear el hormigón.
- TERCERA.-** Un análisis de la resistencia a la compresión del hormigón típico a la edad de 28 días reveló una resistencia media a la compresión de 221,77 kg/cm<sup>2</sup>, lo que representa el 105,60% de la resistencia de diseño. Este resultado se descubrió durante el examen de la resistencia a la compresión del hormigón. De forma similar, una investigación sobre la resistencia a la compresión del hormigón convencional al que se añadieron 125 g de fibras de acero "Wirand" a la edad de 28 días indicó una resistencia media a la compresión de 237,37 kg/cm<sup>2</sup>, lo que supone un 107,03% de la resistencia que se diseñó para el hormigón. A la edad de 28 días, el hormigón convencional al que se habían añadido 125 gramos de fibras de acero "Wirand" mostró una resistencia media a la compresión de 237 kg/cm<sup>2</sup>, lo que equivale al 105,60% de la resistencia de diseño. Por último, el hormigón ordinario al que se habían añadido 125 g de fibras de acero "Wirand" a la edad de 28 días mostró una resistencia media a la compresión de 237,37 kg/cm<sup>2</sup>, lo que equivale al 107,03% de la resistencia



de diseño.

**CUARTA.-** Tanto los hormigones convencionales como los hormigones convencionales que incorporan fibras de acero "Wirand" experimentan una pérdida de resistencia a la compresión cuando se someten a temperaturas de fuego; en el caso de los hormigones convencionales, se observaron los siguientes resultados: La resistencia se redujo a temperaturas entre 150°C y 300°C en un 14,07%, entre 300°C y 450°C en un 24,41%, y entre 450°C y 600°C en un 44,51% en comparación con los hormigones convencionales. 07%, en comparación con el hormigón convencional adicionado con 125 g de fibras de acero "Wirand", la resistencia disminuyó un 24,41% y un 44,51%, respectivamente, entre 300°C y 450°C y entre 450°C y 600°C, lo que llevó a las siguientes conclusiones: A temperaturas comprendidas entre 150°C y 300°C, la resistencia disminuyó un 6,00%; entre 450°C y 600°C, la resistencia se redujo un 15,00%; y, por último, la adición de 250 g de fibras de acero "Wirand" La resistencia disminuyó un 6,00% a temperaturas comprendidas entre 150 °C y 300 °C, un 12,00% entre 300 °C y 450 °C, y un 30,00% a partir de 600 °C.

**QUINTA.-** La siguiente tabla presenta los resultados sobre el rendimiento del hormigón convencional en viguetas de 0,15 x 0,15 x 0,050 mt cuando no se añadieron fibras de acero "Wirand" a la mezcla. La tabla también presenta los resultados sobre el rendimiento del hormigón convencional cuando se añaden fibras de acero "Wirand" a la mezcla. La adición de 300 gramos de fibras de acero "Wirand" a viguetas de hormigón estándar produjo un aumento de la resistencia a la compresión de las viguetas. Como consecuencia de ello, la resistencia a la flexión del hormigón experimentó un aumento del 22,54%, 31,01% y 60,00% respectivamente.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA.-** Es crucial tener en cuenta el número de fibras que se van a añadir, así como el hecho de que las distintas temperaturas de combustión darán lugar a distintos grados de pérdida de resistencia, que deben manejarse, dado que las fibras de hierro "Wirand" reaccionan de forma diferente a las fibras de hierro normales,.
- SEGUNDA.-** Cuando se combina hormigón convencional con hormigón convencional suplementado con fibras "Wirand", debe utilizarse la mejor estrategia porque el desarrollo de la resistencia del hormigón parece estar influido por la calidad de los componentes y el entorno.
- TERCERA.-** Deben seguirse las recomendaciones del fabricante cuando se utilicen fibras de acero "Wirand" para construir forjados y vigas que vayan a entrar en contacto con grietas y fisuras.
- CUARTA.-** En caso de que se produzcan incendios que afecten a edificios de hormigón, debe inspeccionarse si han perdido resistencia para evitar situaciones embarazosas durante su uso.
- QUINTO.-** Debido a la estrecha relación que existe entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, es sumamente importante tener en cuenta la resistencia a la compresión necesaria que es accesible en el hormigón ordinario. Esto se debe a que la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión están estrechamente relacionadas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, M. (2013). *Durabilidad del Concreto*. Ediciones UNI.
- Bedoya Layme, H. F. – Cabrera Gómez, Y. O. (2015). *Optimización De La Resistencia Del Concreto Hidráulico Por Variación De La Gradación En Los Agregados*". Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca – Perú. Recuperado de file:///C:/Users/C-TICsperu/Downloads/43364309.pdf
- Guaroa, S. (2014). *Modelo Numérico y Comportamiento de Pórticos Planos de Hormigón Frente a Fuego*, Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona – España. Recuperado De Internet (15/04/17).
- Huacani, E. y Melendrez, P. (2011). *Análisis de Métodos de Diseño de Mezclas de Concreto con Cemento Portland IP y su Optimización para la Ciudad de Juliaca*, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca Perú. Recuperado De Internet (15/04/17).
- Quispe, R. (2012). *Estudio de la Influencia del Módulo de Fineza de los Agregados en la Resistencia del Concreto*, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca – Perú. Recuperado De Internet (15/04/17).
- Ramírez Carrasco, H. J. (2015). *Análisis Patológico De Las Losas De Concreto, Alrededor Del Tanque Elevado Y De La Zona De Juegos De Ciencia recreación Del Parque "Infantil" Miguel Cortez De La Ciudad De Piura – septiembre 2015*. Universidad Católica Los Ángeles De Chimbote. Chimbote–Perú. RecuperadoDe file:///C:/Users/C-TICsperu/Downloads/LOSA\_PATOLOGIAS\_RAMIREZ\_CARRASCO\_HER VER\_JOSETH.pdf



- Ramírez Vicioso, S. G. (2014). *Modelo numérico y comportamiento de pórticos planos de hormigón frente a fuego*. Universidad politécnica de Catalunya. Recuperado de file:///C:/Users/C- TICsperu/Downloads/41812255.pdf
- Sailer, M. (2017). *Descripción y Análisis de Incendios Importantes para Proponer Criterios de Diseño*, Universidad de Chile, Santiago – Chile. Recuperado De Internet (15/04/17).
- Castillo Machaca, A. &, Pancca Apaza, N. (2015). *Estudio Comparativo De Concreto Convencional Y Concreto Reforzado Con Fibras De Acero Dramix En La Ciudad De Juliaca*. Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”. Juliaca – Perú. Recuperado De [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iyMdlJ7D\\_IAJ:repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/81/ULTIMO.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iyMdlJ7D_IAJ:repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/81/ULTIMO.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe)
- Corcino Albornoz, V. C. (2017). *“Estudio Comparativo De Concreto Simple Reforzado Con Fibras De Acero Dramix Y Wirand, Empleando Cemento Andino Tipo V”*. Universidad Ricardo Palma. Lima – Peru. Recuperado de [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/125/1/corcino\\_vc.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/125/1/corcino_vc.pdf)
- Mamani Apaza (2015). *“Producción de agregados reciclados de los residuos de la construcción y demolición para la producción de concretos hidráulicos en la ciudad de juliaca”*. Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”. Juliaca – Perú. Recuperado De <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/370/P31-001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Turpo Sucari (2015). *“protección ambiental y social paraa la explotación sostenible y producción de concretos de calidad en el río cutimbo puno”*. Universidad



Andina "Néstor Cáceres Velásquez". Juliaca – Perú. Recuperado De <http://190.116.50.20/bitstream/handle/UANCV/372/P31-002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Barra Mamani (2016). *"evaluación de tipos de fallas en estructuras de concreto armado de viviendas de la ciudad de juliaca"*. Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez". Juliaca – Perú. Recuperado De

<http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/735/TESIS%20T036-47642903-Titulo%20Profesional%20de%20Ingeniero%20Civil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Coila Ticona, N. &, Loayza Cahua, J. (2015). *"Influencia De La Relación Agua Cemento Y El Agregado Fino En La Retracción Y/O Contracción Para Concretos En Arequipa"*. Universidad Nacional De San Agustín. Arequipa – Perú. Recuperado De <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3300/ICcotina02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MACCAFERRI, Fibras como Elemento Estructural para el Refuerzo del Hormigón, Enero 2016 de DocSlide, sitio web: <https://docslide.us/documents/manual-fibras-5687652d9683e.html>

Plataformaeuropea Del Hormigón, Resistencia Al Fuego, Enero 2008 de DOCPLAYER, sitio web: <http://docplayer.es/4277144-Resistencia-al-fuego-seguridad-y-proteccion-completa-frente-al-seguridad-frente-al-fuego-utilizando-fuego-con-hormigon-hormigon.html>

Charreau G. & Luna F., Efecto Del Fuego Sobre Los Hormigones, S.F de concretonline, sitio web: [http://www.concretonline.com/pdf/00hormigon/art\\_tec/Efecto\\_fuego\\_hormigon.pdf](http://www.concretonline.com/pdf/00hormigon/art_tec/Efecto_fuego_hormigon.pdf)



# ANEXOS



### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

#### 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cómo es el comportamiento de la resistencia a la compresión y flexión de un concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" sometido a temperaturas de incendio en la ciudad de Juliaca?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión y flexión de un concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" sometido a temperaturas de incendio en la ciudad de Juliaca.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL:</b> El comportamiento de la resistencia en compresión y flexión es mejor en el concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand", de igual forma las temperaturas de incendio sometidos el concreto convencional hacen que se produzca pérdida de resistencias.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>  CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICION DE FIBRAS "WIRAND"</p> <p><b>DIMENSIONES E INDICADORES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de componentes del concreto convencional.</li> <li>• Características de fibras de acero "Wirand".</li> <li>• Diseño de mezclas de un concreto convencional.</li> <li>• Diseño de mezclas de un concreto convencional con adición de fibras de acero "Wirand".</li> </ul>	<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b>  No experimental</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b>  Explicativo</p> <p><b>ENFOQUE</b>  Cuantitativo</p> <p><b>POBLACIÓN:</b>  - Producción de un concreto convencional - producción de un concreto convencional adicionados con fibras de acero "wirand"</p> <p><b>MUESTRA:</b>  - Producción de un concreto convencional - producción de un concreto convencional adicionados con fibras de acero "wirand"</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b> ✓ ¿Cómo será el diseño de un concreto convencional y un concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" para el empleo en la construcción de losas y vigas en la ciudad de Juliaca? ✓ ¿Cómo es el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto convencional y el concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" para el</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</b> ✓ Diseñar un concreto convencional y un concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" para el empleo en la construcción de losas y vigas en la ciudad de Juliaca. ✓ Evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto convencional y el concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" para el empleo en la construcción de losas y vigas.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS:</b> ✓ El diseño de un concreto convencional adicionado con fibras de acero son similares, simplemente que la adición de fibras de acero debe cumplirse a lo que establece dentro de las especificaciones del fabricante ✓ El comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" es mejor que los concretos</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>  COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO</p> <p><b>DIMENSIONES E INDICADORES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación del comportamiento a la compresión de un concreto convencional y un concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand".</li> <li>✓ Evaluación del comportamiento de la resistencia en compresión del concreto</li> </ul>	



<p>empleo en la construcción de losas y vigas?</p> <p>✓ ¿Cómo es el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto convencional y concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" expuestas a diferentes temperaturas de incendio?</p> <p>✓ ¿Cómo es el comportamiento de la resistencia en flexión del concreto convencional adicionando con fibras de acero "Wirand" empleado en la construcción de vigas?</p>	<p>✓ Evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto convencional y concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand" expuestas a diferentes temperaturas de incendio.</p> <p>✓ Evaluar el comportamiento de la resistencia en flexión del concreto convencional adicionando con fibras de acero "Wirand" empleado en la construcción de vigas</p>	<p>convencionales; por tanto, las fibras de acero contribuyen a un mejor control de fisuras y grietas en el concreto</p> <p>✓ Los concretos convencionales al ser sometidos a temperaturas de incendio pierden significativamente sus resistencias en compresión</p> <p>✓ Las resistencias en compresión y flexión de concretos convencionales adicionados con fibras de acero "Wirand" están íntimamente ligadas, en el caso de vigas la resistencia en flexión es mayor en el concreto para vigas de concreto convencional adicionando con fibras de acero "Wirand"</p>	<p>convencional expuesta a temperaturas de incendio</p> <p>✓ Evaluación del comportamiento de la resistencia en compresión y flexión de un concreto convencional y un concreto convencional adicionado con fibras de acero "Wirand".</p>	<p><u>INSTRUMENTO:</u></p> <p>Concreto convencional y fibras de acero "wirand"</p>
---	---	---	--	--



**ANEXO 2**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**

**FOTOGRAFÍA 1. VISTA DE LA ZONA DE LA CANTERA DE AGREGADOS "ISLA"**



**FOTOGRAFÍA 2. CANTERA DE AGREGADOS "ISLA"**



**FOTOGRAFÍA 3. OBTENSIÓN DE MUESTRAS DE AGREGADOS**



**FOTOGRAFÍA 4. PREPARACIÓN DE AGREGADOS**



**FOTOGRAFÍA 5. DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS**



**FOTOGRAFÍA 6. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS**



**FOTOGRAFÍA 7. PRODUCCIÓN DE BRIQUETAS**



**FOTOGRAFÍA 8. TRATAMIENTO DE BRIQUETAS DE CONCRETO**



**FOTOGRAFÍA 9. TRATAMIENTO DE BRIQUETAS DE CONCRETO**



**FOTOGRAFÍA 10. SELECCIÓN DE BRIQUETAS**



**FOTOGRAFÍA 11. EXPOSICIÓN DE BRIQUETAS A TEMPERATURAS DE INCENDIO**



**FOTOGRAFÍA 12. EXPOSICIÓN DE BRIQUETAS A TEMPERATURAS DE INCENDIO**



**FOTOGRAFÍA 13. EXPOSICIÓN DE BRIQUETAS A TEMPERATURAS DE INCENDIO**



**FOTOGRAFÍA 14. EXPOSICIÓN DE BRIQUETAS A TEMPERATURAS DE INCENDIO**



**FOTOGRAFÍA 15. EQUIPO DE SEGURIDAD**



**FOTOGRAFÍA 16. EXPOSICIÓN DE BRIQUETAS A TEMPERATURAS DE INCENDIO**



**FOTOGRAFÍA 17. REGISTRO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO**



**FOTOGRAFÍA 18. CURADO DE BRIQUETAS DE CONCRETO**





ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 16/08/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EDER MICHAEL PACORI BENAVENTE

Dirección: AV. ferrocarril Urb. Cipapabana UZ: D LT. 07

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74206000

Teléfono: 991545511 email: Eder.pacori.Benavente1@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TITULO PROFESIONAL

Asesor: Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  
CON FIBRAS DE ACERO WIRAND SOMETIDO A ALTAS  
TEMPERATURAS DE INCENDIO EN LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONCRETO CONVENCIONAL, FIBRAS DE ACERO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

UNO 1

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

<sup>2</sup> 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: TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION - P17

  
Firma de Autor



huella digital

16 de Agosto 2024  
Fecha