



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



**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN  
CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE  
OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. FREDY RONALD CURASI BENITO**

**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**  
**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN**  
**CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE**  
**OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO**

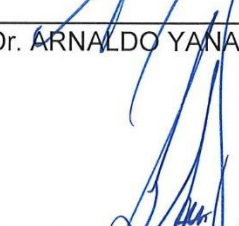
TESIS PRESENTADA POR:  
**Bach. FREDY RONALD CURASI BENITO**  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE** :   
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO** :   
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**SEGUNDO MIEMBRO** :   
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ASESOR DE TESIS** :   
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 561-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de diciembre de 2024

VISTOS:

El INFORME N° 116-2024-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°552-2024 de fecha 16 de diciembre de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO; y el trámite solicitado por el Bachiller en Ingeniería Civil y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: FREDY RONALD CURASI BENITO; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO, 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 : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
\* 2do Miembro : Dr. ARNALDO YANA TORRES
\* Asesor : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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: FREDY RONALD CURASI BENITO; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de acuerdo al siguiente detalle:

- \* FECHA : viernes 20 de diciembre de 2024
\* HORA : 12:00
\* 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.

Stamp of the Faculty of Engineering and Pure Sciences and signature of the Dean, Milton Quispe Huanca.

Stamp of the Office of Investigation and signature of the Academic Secretary, Efraín Parillo Sosa.

C.c. Arch. 2024 Interesado Escuela Profesional



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 552-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de diciembre de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 190-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 106-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1139-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **18 de octubre de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **29 de noviembre de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **FREDY RONALD CURASI BENITO**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO.**

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** : **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**
- \* **2do Miembro** : **Dr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 1363-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO.**

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: **FREDY RONALD CURASI BENITO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO.**

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 **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

**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  
 Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
 DECANO  
 CIP. 47790

  
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS  
 Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA  
 SECRETARIO ACADÉMICO  
 CIP 95531

C.c.  
archivo 2024  
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1139-2023-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 18 de octubre 2023

**VISTOS:**

El, **INFORME N° 669-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 204-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 77-2023-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 **12 de octubre de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **FREDY RONALD CURASI BENITO**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO**, 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** : Mgtr. **MILTHON QUISPE HUANCA**
- \* **1er Miembro** : Mgtr. **FRITZ WILLY MAMANI APAZA**
- \* **2do Miembro** : Mgtr. **ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO**, 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: **FREDY RONALD CURASI BENITO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO.**

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, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Mgtr. **MILTHON QUISPE HUANCA**  
**DECANO**  
**CIP. 47790**



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

**Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**  
**SECRETARIO ACADÉMICO**  
**CIP 95531**

cc.  
archivo 2023  
interesado (a)



## ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

18%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	14%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%




### Metadatos Complementarios UANCV



<b>Título de la tesis</b>	
ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	FREDY RONALD CURASI BENITO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71038142
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0004-8796-2399">https://orcid.org/0009-0004-8796-2399</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8509-7224">https://orcid.org/0000-0001-8509-7224</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	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú  Departamento: Puno  Provincia: Puno  Distrito: Puno</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latitud: S 70° 01' 18''</li> <li>- Longitud: O 15° 50' 15''</li> </ul>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1BOGZjmW2Y08_4o74jv-KZdjZcaahiOA&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1BOGZjmW2Y08_4o74jv-KZdjZcaahiOA&amp;usp=sharing</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<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></p> <p>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></p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS  
DIRECTOR  
Dr. Efraín Pantoja Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FREDY RONALD CURASI BENITO, identificado con DNI Nro. 71038142, en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:  
" ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO EN LA CIUDA DE POND "

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA DERALES

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 31 de DICIEMBRE del 2024

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante



Huella



## DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios, quien ha estado a mi lado en cada paso de este camino y me ha brindado su ayuda para alcanzar el éxito profesional. También expreso mi agradecimiento a mi familia, en especial a mis padres, Marco y Maruja, por su apoyo incondicional. Agradezco igualmente a mi hermana Gladys y a mi hermano Oscar, quienes han estado siempre a mi lado, contribuyendo a mi crecimiento personal y académico hasta este momento.



## AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez por la excelente base académica que me brindó y por ayudarme a hacer realidad mis sueños, así como a mis formadores, quienes fueron un recurso invaluable para mi desarrollo profesional, proporcionándome críticas y consejos perspicaces. Agradezco profundamente al Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales, mi asesor de tesis, por su paciencia y compromiso para llevar el proyecto a buen término, cuyas recomendaciones, dirección profesional y me sirvieron para el éxito de este trabajo.



## ÍNDICE GENERAL

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

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 La problemática.....	1
1.2 El problema .....	2
1.2.1 General .....	2
1.2.2 Específicas .....	2
1.3 La justificación.....	2
1.3.1 Justificación practica .....	2
1.3.2 Justificación técnica.....	3
1.3.3 Justificación social.....	3
1.3.4 Justificación ambiental .....	3
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 General .....	3
1.4.2 Específicos.....	3



1.5	Hipótesis.....	4
1.5.1	General .....	4
1.5.2	Específicas .....	4
1.6	Variables e indicadores .....	4
1.7	Operacionalización de variables.....	5

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes .....	6
2.1.1	Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	7
2.1.3	Antecedentes locales .....	8
2.2	Marco teórico .....	8
2.2.1	El Concreto .....	8
2.2.2	Componentes del Concreto.....	10
2.2.1	Diseño de mezcla del comité ACI 211.1 .....	17
2.2.2	Propiedades del concreto .....	19
2.2.3	La cal .....	24
2.3	Marco conceptual .....	26

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño del estudio .....	28
3.1.1	Nivel de investigación .....	28
3.1.2	Tipo de investigación.....	29
3.1.3	Método de investigación.....	29



3.2	Población y muestra .....	29
3.2.1	Población .....	29
3.2.2	Muestra .....	29
3.3	Pertinencia de la investigación .....	30
3.3.1	Cantera Cabanillas: .....	30
3.3.2	Especificación del área de estudio .....	31
3.4	Técnicas e instrumentos .....	32
3.4.1	Técnicas de procesamiento .....	32
3.4.2	Ensayos de laboratorio .....	32

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y ANALISIS

4.1	Exposición de los resultados .....	47
4.1.1	Relación del diseño de mezcla 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	53
4.1.2	Estudio de las pruebas de concreto en fase fresca .....	54
4.1.3	Evaluación de la resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	56
a.	$F'c$ de la muestra base .....	56
4.1.4	Resumen de resultados de compresión Prom. ....	68
4.2	Discusión de resultados .....	69
	CONCLUSIONES .....	70
	RECOMENDACIONES .....	71
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
	ANEXOS .....	76



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización. ....	5
<b>Tabla 2</b> Granulometría para el agregado grueso .....	11
<b>Tabla 3</b> Requisitos de la granulometría para el agregado fino.....	12
<b>Tabla 4</b> Proporción de óxidos en el cemento .....	14
<b>Tabla 5</b> Límites aceptables de contenidos y sustancias disueltas .....	16
<b>Tabla 6</b> Determinación del asentamiento.....	21
<b>Tabla 7</b> N° de muestras dispuestas a evaluaciones. ....	30
<b>Tabla 8</b> Granulometría del agregado fino .....	47
<b>Tabla 9</b> Granulometría del agregado grueso .....	48
<b>Tabla 10</b> Representación gráfica del A.G. ....	49
<b>Tabla 11</b> Resumen del % hum. y absorción.....	49
<b>Tabla 12</b> Valores promedio del peso específico .....	50
<b>Tabla 13</b> Valores promedios del P.U. suelto.....	51
<b>Tabla 14</b> Valores medios del P.U. compactación .....	52
<b>Tabla 15</b> Distribución de componentes en el diseño de mezcla .....	53
<b>Tabla 16</b> Dosificación para el $c^{\circ}$ .....	54
<b>Tabla 17</b> Asentamiento alcanzado. ....	55
<b>Tabla 18</b> F'c muestra base a los 7 días .....	56



<b>Tabla 19</b> F'c muestra base a los 14 días .....	57
<b>Tabla 20</b> F'c muestra base a los 28 días .....	58
<b>Tabla 21</b> Resist. del C° con 4% de OC a los 7 días .....	59
<b>Tabla 22</b> Resist. del C° con 4% de OC a los 14 días .....	60
<b>Tabla 23</b> Resist. del C° con 4% de OC a los 28 días .....	61
<b>Tabla 24</b> Resist. del C° con 8% de OC a los 7 días .....	62
<b>Tabla 25</b> Resist. del C° con 8% de OC a los 14 días .....	63
<b>Tabla 26</b> Resist. del C° con 8% de OC a los 28 días .....	64
<b>Tabla 27</b> Resist. del C° con 12% de OC a los 7 días .....	65
<b>Tabla 28</b> Resist. del C° con 12% de OC a los 14 días .....	66
<b>Tabla 29</b> Resist. del C° con 12% de OC a los 28 días .....	67
<b>Tabla 30</b> Resumen de la resistencia Prom. ....	68



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Elementos o componentes .....	9
<b>Figura 2</b>	Agregados para el concreto .....	11
<b>Figura 3</b>	Agua para el diseño .....	15
<b>Figura 4</b>	Componentes necesarios para un concreto óptimo. ....	18
<b>Figura 5</b>	Muestras de hormigón. ....	19
<b>Figura 6</b>	Prueba del Slump .....	20
<b>Figura 7</b>	Prueba de $f^c$ .....	23
<b>Figura 8</b>	Prueba de la flexión.....	24
<b>Figura 9</b>	Óxido de calcio.....	24
<b>Figura 10</b>	Ciclo de la cal.....	25
<b>Figura 11</b>	Localización de la cantera .....	31
<b>Figura 12</b>	Laboratorio UANCV .....	31
<b>Figura 13</b>	Ensayo de granulometría agregado grueso.....	33
<b>Figura 14</b>	Prueba de peso específico .....	34
<b>Figura 15</b>	Enserando la muestra .....	35
<b>Figura 16</b>	Varillando la muestra .....	36
<b>Figura 17</b>	Alistando la muestra para el horno.....	37
<b>Figura 18</b>	Gradación del agregado fino .....	38



<b>Figura 19</b>	Prueba del molde cónico .....	39
<b>Figura 20</b>	Pesando la muestra .....	40
<b>Figura 21</b>	Preparación de la muestra .....	41
<b>Figura 22</b>	Materiales para el diseño.....	42
<b>Figura 23</b>	Prueba del asentamiento.....	43
<b>Figura 24</b>	Elaboración de especímenes es de concreto.....	44
<b>Figura 25</b>	Curado de especímenes .....	45
<b>Figura 26</b>	Resistencia a compresión .....	46
<b>Figura 27</b>	Representación gráfica del A.F. ....	48
<b>Figura 28</b>	Comparativa de % hum. y absorción .....	50
<b>Figura 29</b>	Representación del peso específico.....	51
<b>Figura 30</b>	Representación del P.U. suelto.....	52
<b>Figura 31</b>	Representación del P.U. compactación .....	53
<b>Figura 32</b>	Verificación del asentamiento .....	55
<b>Figura 33</b>	Datos hallados de $f^c$ MP-7 días .....	56
<b>Figura 34</b>	Datos hallados de $f^c$ MP-14 días .....	57
<b>Figura 35</b>	Datos hallados de $f^c$ MP-28 días .....	58
<b>Figura 36</b>	Datos hallados de $f^c$ + 4% de calcio - 7 días .....	59
<b>Figura 37</b>	Datos hallados de $f^c$ + 4% de calcio - 14días .....	60



<b>Figura 38</b>	Datos hallados de $f^c + 4\%$ de calcio - 14 días .....	61
<b>Figura 39</b>	Datos hallados de $f^c + 8\%$ de calcio - 7 días .....	62
<b>Figura 40</b>	Datos hallados de $f^c + 8\%$ de calcio – 14 días.....	63
<b>Figura 41</b>	Datos hallados de $f^c + 8\%$ de calcio – 28 días.....	64
<b>Figura 42</b>	Datos hallados de $f^c + 12\%$ de calcio – 7 días.....	65
<b>Figura 43</b>	Datos hallados de $f^c + 12\%$ de calcio – 14 días.....	66
<b>Figura 44</b>	Datos hallados de $f^c + 12\%$ de calcio – 28 días.....	67
<b>Figura 45</b>	Valores Prom.s de resist. del $C^\circ$ con adición de calcio .....	68



## RESUMEN

Este estudio examinó los efectos del óxido de calcio en las características mecánicas del hormigón y se tituló «Análisis de las propiedades mecánicas de un hormigón elaborado con la adición de óxido de calcio en la ciudad de Puno». Utilizando las normas como guía, esta investigación combinó el diseño experimental con el método científico y el método aplicado para examinar 36 muestras de hormigón. También se evaluaron concentraciones de óxido de calcio de 4%, 8% y 12% en la combinación. Se utilizó una muestra de control de árido de cantera de Cabanillas para realizar el ensayo de resistencia. Los resultados mostraron que las muestras con un 4% y un 8% de óxido de calcio añadido a la mezcla eran trabajables, mientras que las muestras con un 12% de óxido de calcio añadido reducían la trabajabilidad del hormigón a sus límites más bajos. La muestra estándar se sometió a pruebas a los 7, 14 y 28 días, alcanzando el valor más alto 234,15 kg/cm<sup>2</sup> en compresión con una dosis de 4% de óxido de calcio. A continuación, se obtuvieron valores de 223,10 kg/cm<sup>2</sup> y 213,44 kg/cm<sup>2</sup> en un ensayo adicional de resistencia a la compresión utilizando un 8% y un 12%, respectivamente. Una dosis del 4% de óxido de calcio aumentó la resistencia en 234,15 kg/cm<sup>2</sup> según los datos del valor óptimo.

**Palabras clave:** Concreto, óxido de calcio, trabajabilidad, resistencia.



## ABSTRACT

This study looked at the effects of calcium oxide on concrete's mechanical characteristics and was titled "analysis of the mechanical properties of a concrete made with the addition of calcium oxide in the city of Puno.". Using the standards as a guide, this investigation combined experimental design with the scientific method and the applied method to examine 36 concrete samples. Calcium oxide concentrations of 4%, 8%, and 12% were also evaluated in the combination. A control sample of Cabanillas quarry aggregate was used to conduct the strength test. Results showed that samples with 4% and 8% calcium oxide added to the mix were workable, whereas samples with 12% calcium oxide added reduced the concrete's workability to its lowest limits. The standard sample underwent testing at 7, 14, and 28 days, with the highest value reaching 234.15 kg/cm<sup>2</sup> in compression at a dose of 4% calcium oxide. Then, values of 223.10 kg/cm<sup>2</sup> and 213.44 kg/cm<sup>2</sup> were obtained from an additional compressive strength test using 8% and 12%, respectively. A 4% dose of calcium oxide increased the strength by 234.15 kg/cm<sup>2</sup> according to the optimal value data.

**Keywords:** Concrete, calcium oxide, workability, strength.



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han realizado esfuerzos para reducir los costes de fabricación del hormigón y, al mismo tiempo, mejorar su calidad y durabilidad. Los cambios en la resistencia del hormigón son sólo un ejemplo de cómo el uso de distintos minerales puede mejorar sus propiedades. Reducir el cemento en las mezclas de hormigón es una forma sencilla de ahorrar dinero y disminuir el impacto medioambiental de la fabricación de cemento. Los materiales de construcción se degradan con el tiempo, y el agua y los compuestos disueltos en ella pueden acelerar este proceso. Esto reduce la vida útil de la infraestructura. La resiliencia del hormigón está directamente relacionada con su resistencia a diversos tipos de tensiones.

El Instituto Americano del Hormigón (ACI) recomienda analizar el hormigón mezclado y realizar ensayos de caracterización del hormigón con cal adicional. Por su utilidad tanto en estado fresco como endurecido. Sin embargo, ambas formas pueden verse afectadas por las condiciones meteorológicas. Para mitigar los efectos potenciales sobre la calidad final del hormigón, se requieren una serie de aditivos.

Este estudio amplía nuestros conocimientos sobre el óxido de calcio y su función en las mezclas de hormigón, donde altera características mecánicas y físicas como la trabajabilidad. Cuando se trata de ingeniería civil, las cualidades físico-mecánicas son cruciales para producir un hormigón de alta calidad que sirva a su propósito. Esta investigación estudia cómo la adición de óxido de calcio al hormigón estructural podría mejorar sus cualidades físicas y mecánicas.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 La problemática

En un país como Perú, donde el 80% de la población vive en infraviviendas, la construcción es una actividad económica esencial. Para proporcionar un entorno seguro y confortable, el hormigón es un material de construcción importante. El óxido de calcio, una sustancia química que mejora las cualidades físicas y mecánicas del hormigón estructural, es el tema de este estudio. Dado que la proporción de componentes del óxido de calcio puede cambiar en función de factores térmicos, es esencial comprender las fluctuaciones geográficas y meteorológicas para el diseño de las mezclas de hormigón.

La evolución del cemento y de la ingeniería ha tenido un profundo efecto en la tecnología del hormigón en todo el mundo, y el precio del cemento y de los materiales de hormigón tiene una gran influencia en los presupuestos de construcción. Muchos presupuestos de construcción peruanos exigen un hormigón de resistencia normal, que podría abarataarse reduciendo el componente de cal. Pero en la zona de Puno, la gente no suele pensar en cómo afecta la cal al hormigón. La cal es un mineral barato al que se



puede acceder fácilmente en la zona y que puede añadirse de forma controlada al hormigón nuevo normal. La adición de cal al hormigón recién mezclado modifica su resistencia a la compresión, pero ningún estudio lo ha examinado.

El presente estudio sugiere un sustituto del cemento en la fabricación de hormigón a base de cal que sea rentable y produzca suficiente resistencia.

## 1.2 El problema

### 1.2.1 General

¿Cómo será las propiedades mecánicas de un concreto elaborado con la adición de óxido de calcio en la ciudad de Puno?

### 1.2.2 Específicas

- ¿Cómo será la caracterización del agregado de la cantera Cabanillas?
- ¿Cómo será el diseño de mezclas con la adición de óxido de calcio en la ciudad de Puno?
- ¿Cuál será la trabajabilidad del concreto con la adición de óxido de calcio en la ciudad de Puno?
- ¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto con la adición 4%, 8% y 12% de óxido de calcio en la ciudad de Puno?

## 1.3 La justificación

### 1.3.1 Justificación practica

Sobre la base de trabajos anteriores, este estudio pondrá de relieve la relevancia del óxido de calcio en el hormigón y proporcionará una base para futuros estudios experimentales y documentales que podrían beneficiarse de los datos recogidos.



### ***1.3.2 Justificación técnica***

Con el fin de profundizar en el conocimiento del tema, planificar el futuro, diseñar mejores mezclas de hormigón y garantizar un hormigón de alta calidad, este estudio proporcionará las bases teóricas para comprender cómo afecta el óxido de calcio a las características físicas y mecánicas del hormigón.

### ***1.3.3 Justificación social***

Edificios de gran resistencia y durabilidad son el objetivo de este estudio, que destaca para la sociedad, ya que ayudará a constructores, clientes y usuarios finales mejorando las cualidades mecánicas y físicas del hormigón estructural.

### ***1.3.4 Justificación ambiental***

Mejorar las mezclas de hormigón y hacerlo más resistente a temperaturas severas puede ahorrar el uso de recursos. En consecuencia, puede ser necesario extraer menos recursos naturales, lo que significa un menor impacto sobre el medio ambiente.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 General***

Analizar las propiedades mecánicas de un concreto elaborado con la adición de óxido de calcio en la ciudad de Puno

### ***1.4.2 Específicos***

- Determinar la caracterización del agregado de la cantera Cabanillas.
- Determinar el diseño de mezclas con la adición de óxido de calcio en la ciudad de Puno



- Analizar la trabajabilidad del concreto con la adición de óxido de calcio en la ciudad de Puno
- Analizar la resistencia a compresión del concreto con la adición 4%, 8% y 12% de óxido de calcio en la ciudad de Puno

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 General

La adición de óxido de calcio mejora las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Puno

### 1.5.2 Especificas

- Los agregados de la cantera Cabanillas son positivos para el diseño de un concreto.
- El diseño de mezclas optimo con los agregados de la cantera Cabanillas varia con respecto a la cantidad de ensayos
- La adición de óxido de calcio es positiva en la trabajabilidad de un concreto.
- La adición de óxido de calcio aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

## 1.6 Variables e indicadores

### ✓ V. independiente

Óxido de calcio

#### a. Indicadores

- Porcentajes



✓ **V. dependiente**

Propiedades mecánicas

**b. Indicadores**

- Diseño de mezclas
- Asentamiento
- Resistencia a la compresión

## 1.7 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización.*

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
<b>Variable independiente:</b>  <b>Óxido de calcio</b>	La descomposición térmica de las rocas calizas libera CO <sub>2</sub> y produce óxidos, entre ellos el óxido de calcio, un componente químico que se produce de forma natural.	4%, 8% y 12%	%
<b>Variable dependiente:</b>  <b>Propiedades mecánicas</b>	El hormigón, por su parte, posee cualidades mecánicas que lo hacen resistente a una gran variedad de cargas, como esfuerzos mecánicos del c°.	Prop. mec.	Diseño de mezclas Asentamiento Compresión Resistencia a la



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Los investigadores Chunran y Shicong (2019) probaron pastas cementosas hechas con HCSP para comprobar su comportamiento reológico y sus características mecánicas. Los especímenes que contenían un 7,5 % de HCSP tenían grandes valores de contracción por secado, pero mayores resistencias a la flexión y a la compresión, según los resultados. Los valores de contracción por secado fueron menores en los materiales con la mayor concentración de HCSP (15,0%).

Dhandapani et al. (2018) investigaron las características y la longevidad del hormigón de cemento arcilloso calcinado. Analizaron el hormigón estructural M30 y M50 con OPC, (LC3) y FA30, así como con cemento normal y piedra caliza calcinada, respectivamente. Cuando se comparó con OPC y FA30, los hallazgos demostraron que el hormigón LC3 tenía una durabilidad superior.



En 2018, Wang et al. descubrieron que la cal rápida mejoraba el manejo del concreto, el tiempo que fragua, la retracción, las características mecánicas y la durabilidad del hormigón. En la investigación se utilizó una guía observacional y un diseño experimental. La concentración de cal aumentó la resistencia a la tracción en más del 25%, y el tamaño de las partículas tuvo un efecto importante en la calidad del hormigón, según los datos.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Hernández (2021) probó el uso de cenizas volantes (CV) y óxido de calcio (OC) como alternativas parciales al cemento portland. En la investigación se utilizaron como instrumentos un diseño experimental y una guía de observación. Las muestras estudiadas tuvieron resistencias medias a compresión de 207,47 a 163,14 kg/cm<sup>2</sup>. Se observó que el 5% de OC y el 15% de CV sacaban lo mejor de los activos.

Cuando se sustituyó parcialmente el cemento por cal viva en % en peso de 5%,10% y 15%, Singona y Mendoza (2019) evaluaron la edad de fraguado, la consistencia plástica y las cualidades mecánicas del hormigón fresco y endurecido. Después de 28 días de curado, Según la investigación, el aumento de la  $f^c$  fue menor en una mezcla con un 5% de sustitución parcial en comparación con el hormigón normal (210 Kg/cm<sup>2</sup>). Sustituyendo cemento por cal quemada al 5%, se mejoran el comportamiento reológico y las características del hormigón.

Para encontrar la cantidad ideal de OC procedente de la calcinación de hueso bovino y mejorar las cualidades del hormigón recién endurecido, Durand (2017) examinó los siguientes aspectos del hormigón: trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción.



Malca (2018) analizó cómo afecta la cal al comportamiento mecánico del hormigón. La incorporación de cal viva de la zona de Bambamarca no logró la resistencia deseada, según los hallazgos.

### **2.1.3 Antecedentes locales**

La cal añadida al hormigón afectó a las características mecánicas, la resistencia al endurecimiento, la  $f_c$  y el hormigón fresco y viejo, según un experimento realizado por el departamento de Ingeniería Civil de Pacco en la Universidad Nacional del Altiplano-Puno.

La investigación de Alave y Choque (2023) examinó los efectos de la adición de OC en las características mecánicas y autorreparadoras del concreto estructural en el laboratorio de suelos, concreto y asfalto de Juliaca. La investigación mostró que el RC mejoró 7,7 puntos porcentuales y el RF mejoró 2,1 puntos porcentuales por encima del grupo control. Los detalles del hormigón mejoraron con la adición de 8% de CaO. Las resistencias más altas en RC fueron de 226,19 kg/cm<sup>2</sup> con la incorporación de un 4% de CaO y en RF fueron de 22,36 kg/cm<sup>2</sup> con un 2% de CaO. A medida que aumentaba la cantidad de CaO, las fracturas más grandes mostraban una mayor capacidad de autorreparación.

## **2.2 Marco teórico**

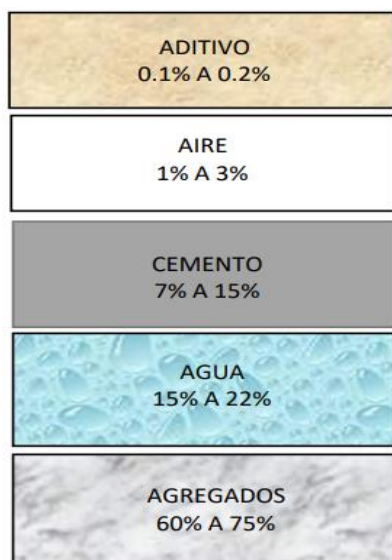
### **2.2.1 El Concreto**

Los áridos, el agua, los huecos llenos de aire y los aditivos componen la sustancia artificial conocida como hormigón, muy utilizada en la construcción civil. Puede soportar cargas en las tres direcciones: compresión, tracción y flexión. Su principal característica estructural es su gran resistencia a los esfuerzos de compresión, ausente en su resistencia

a otros esfuerzos. El hormigón armado, una mezcla de hormigón y acero, se utiliza ampliamente y tiene varios usos positivos. Los procedimientos de fabricación, compactación y fraguado, así como la calidad y las proporciones de las mezclas, además de la humedad y la temperatura, determinan su resistencia. El tipo de cemento, los áridos finos y gruesos, el diseño de la mezcla, la dosis, la calidad del agua y el diseño de la mezcla son factores que determinan la resistencia media a la compresión. Numerosas construcciones hechas por el hombre dependen del hormigón, entre otras: edificios, puentes, túneles, presas, industrias, aceras e incluso campos de deporte. El hormigón consolidado, el hormigón proyectado, el hormigón ligero, el hormigón de alta resistencia, el hormigón reforzado con fibras, el hormigón pesado, el hormigón compactado con rodillo, el hormigón de alto rendimiento y el hormigón polímero son algunas alternativas al hormigón.

## Figura 1

*Elementos o componentes*



*Nota:* ICG, 2013.



## 2.2.2 Componentes del Concreto

### 2.2.2.1 Agregados para el concreto

#### a) Agregado grueso

El agregado grueso se caracteriza por su textura gruesa, dureza compacta y resistencia. Puede estar compuesto por compuestos pétreos naturales, piedra cortada, escoria de alto horno o una mezcla de estos materiales. La N.T.P. 400.037 especifica que debe mantenerse por un tamaño de malla de 4 (4.75 mm).

Volumétricamente, los agregados comprenden el 60-75% del concreto. Los agregados de tamaño máximo son aquellos que pueden retenerse en el tamiz No. 4, mientras que los agregados de tamaño máximo nominal son los que pueden retenerse en la malla más baja de una serie de mallas. Además, existen dos tamaños para los agregados de densidad normal.

Si el material grueso se mantiene en la malla n° 4, su granulometría se considera gruesa. Se sugiere una granulometría continua, una técnica consistente de gradación de áridos y una granulometría en la que no más del 5% de los áridos sean retenidos en la malla de 1 ½" y no más del 6% de los áridos pasen a través de la malla de ¼", para cumplir con las restricciones de gradación establecidas en la norma.

**Figura 2**

*Agregados para el concreto*



**Tabla 2**

*Granulometría para el agregado grueso*

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3 1/2")	75mm (3")	63mm (2 1/2")	50mm (2")	37.5mm (1 1/2")	25mm (1")	19mm (3/4")	12.5mm (1/2")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90mm a 35.7mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63mm a 35.7mm (2 1/2" a 1 1/2")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50mm a 25mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50mm a 4.75mm (2 1/2" a Nº4)	--	--	--	100	90 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5mm a 19mm (1 1/2" a 3/4")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1 1/2" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	--	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25mm a 12.5mm (1" a 1/2")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25mm a 9.5mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25mm a 4.75mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19mm a 9.5mm (3/4" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19mm a 4.75mm (3/4" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (1/2" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
3.5mm a 2.38mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

*Nota:* (NTP 400.037 y ASTM C 33, 2014)

### b) Agregado fino (arena)

Las rocas que se trituran para obtener agregados finos son aquellas que son lo suficientemente pequeñas para pasar a través de un tamiz de 9,5 mm (3/8") y, al mismo tiempo, son lo suficientemente finas para ser retenidas en una malla de 0,074 mm (200 mesh), dando a cumplir la N.T.P. 400.037.

La arena, natural o artificial, con partículas limpias, afiladas, duras, compactadas y resistentes, constituye estos finos. El desempeño del concreto estructural puede verse comprometido si incluyen polvo, grumos, partículas escamosas, álcalis, materia orgánica, sales o cualquier otro contaminante de este tipo.

Para cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o ASTM C 33, la arena debe clasificarse adecuadamente. Para una óptima trabajabilidad y determinación del agua en el hormigón, lo ideal es un tamaño uniforme y continuo.

**Tabla 3**

*Requisitos de la granulometría para el agregado fino*

Malla Tamiz número	% Que pasa	
	Mínimo	Máximo
3/8"		100
N° 4	95	100
N° 8	80	100
N° 16	50	85
N° 30	25	60
N° 50	10	30
N° 100	2	10

*Nota:* N.T.P. (NTP 400.037 y ASTM C 33, 2014)



### 2.2.2.2 Cemento

La sustancia conocida como cemento Portland se fabrica cuando las rocas, naturales o artificiales, se trituran y se hacen pasar por una malla de 9,5 mm (3/8"), manteniendo las partículas más pequeñas en la malla 200 (0,074 mm). La arena utilizada para fabricar estos finos puede ser natural o artificial, pero debe ser limpia, afilada, dura, compactada y resistente. El árido fino debe cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o ASTM C 33 en cuanto a tener un tamaño consistente y pasar por los tamices especificados.

El cemento Portland, un aglutinante inmediato compuesto por silicatos de calcio hidráulicos triturados con sulfato de calcio, se mezcla con partículas de agregado para producir hormigón.

El tamaño del cemento no debe superar los 0,09 mm (0,0035 pulgadas), con un diámetro medio de 0,01 mm (0,0004 pulgadas), y una mayoría del 85% al 95% por debajo del umbral de 0,045 mm (0,0018 pulgadas). El silicato tricálcico, el silicato dicálcico, la aluminoferrita tetracálcica, el óxido de magnesio, los óxidos de potasio y sodio, los álcalis y el aluminato tricálcico son algunos de los ingredientes que componen el cemento Portland.

Aunque los silicatos y aluminatos constituyen la mayor parte del cemento Portland, no son ni mucho menos los únicos componentes. De hecho, hay pequeños componentes protagonistas del rendimiento del cemento en determinadas circunstancias.

**Tabla 4***Proporción de óxidos en el cemento*

Oxido Componentes	Porcentaje (%)	Abreviatura
Óxid. De calc.	61 - 67	C
Óxid. De silicio	20 - 27	S
Óxid. de alum.	4 - 7	A
Óxid. De hierr.	2 - 4	F
Óxid. De azuf.	1 - 3	
Óxid. de magnesio.	1- 5	
Óxido de potasio y sodio	0.25 - 1.5	

*Nota:* Carbajal (1993).

#### **a. Tipos de cemento**

Uno de los muchos materiales de construcción que tiene diversos usos es el cemento. Aquí tres tipos relevantes:

- El Tipo I, que se utiliza para la mayoría de los proyectos de construcción.
- El Tipo II, que es para aplicaciones con baja hidratación.
- El Tipo III, hormigón con una alta resistencia inicial pero no quiere utilizar aditivos acelerantes, este es el material que necesita.

El hormigón del Tipo IV tiene un bajo calor de hidratación y se utiliza para la fabricación en masa; el hormigón del Tipo V tiene un bajo calor de hidratación, bajas resistencias iniciales y una fuerte resistencia al ataque químico.

Colombia produce los cementos Tipo I y Tipo III de forma nativa, mientras que los otros tipos se fabrican bajo pedido. La construcción marina, el hormigón que entra en

contacto con suelos que contienen sulfatos y las grandes masas de hormigón son ámbitos en los que este cemento destaca.

### 2.2.2.3 Agua

El agua, líquido transparente e incoloro compuesto de hidrógeno y oxígeno, cumple dos funciones principales en la industria de la construcción. El hormigón se fabrica hidratando agua, que hidrata las sustancias químicas activas del cemento. Este proceso crea una mezcla que puede trabajarse y deja espacio para los subproductos del cemento. Además, el curado también puede lograrse utilizando el agua adecuada para la mezcla. El agua debe ser pura y no estar contaminada para un uso correcto; de lo contrario, podría alterar la hidratación del cemento, ralentizar el fraguado y el endurecimiento, debilitar el material e incluso comprometer su longevidad. El sector de la construcción depende en gran medida del agua.

#### Figura 3

*Agua para el diseño*



*Nota:* [www.Google.com](http://www.Google.com)

La resistencia, trabajabilidad y características del hormigón endurecido se ven muy afectadas por la presencia de agua. Es necesario que esté impecable y desprovista de

cualquier elemento potencialmente peligroso, como aceites, ácidos, álcalis, sales o materia orgánica. Se debe realizar un análisis químico para garantizar que el agua utilizada para mezclar el hormigón sea de calidad adecuada. Sería conveniente comparar los resultados con las concentraciones químicas máximas permitidas en el agua. De esta manera se garantiza la seguridad y la calidad de la mezcla de hormigón:

**Tabla 5**

*Límites aceptables de contenidos y sustancias disueltas*

Descripción	Limite permisibles (ppm máx)
Sólidos en suspensión	5000
Material Orgánica	3
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	100
Sulfatos (ion SO <sub>4</sub> )	600
Cloruros (ion Cl)	1000
PH	3 a 8 máx.

*Nota:* (NTP 339.088, 2014)

A los 7 y 28 días, el núcleo se preparará con agua destilada o potable y se comprobará su f'c. Es aceptable tener núcleos que sean al menos un 90% tan resistentes como el hormigón preparado con agua potable.

#### **2.2.2.4 Aditivos**

La estructura interna, el endurecimiento y el proceso de hidratación de un hormigón pueden modificarse añadiendo determinados aditivos. En 1978, Hewlett clasificó los aditivos según su uso: aireantes, reductores de agua, retardantes, controladores de hidratación, acelerantes, cementantes suplementarios y especiales. Mientras que los aditivos superplastificantes mantienen la trabajabilidad disminuyendo el contenido de agua, los aditivos reductores de agua aumentan la movilidad de las partículas de cemento.



Los aditivos de calidad, como los aditivos superplastificantes, puede reducir las necesidades de agua del hormigón entre la mitad y tres cuartas partes sin afectar a su trabajabilidad. Los aditivos en cuestión se derivan de normas como C 1017, ASTM C 494 y NTP 339.086 y 339.087.

La adición de cenizas volantes, escoria de alto horno molida, humo de sílice, nanosílice y puzolanas naturales produce aditivos cementantes suplementarios. Los minerales silíceos y luminosos, conocidos como puzolanas naturales, pueden combinarse con hidrOC a con temperaturas normales para producir compuestos con características cementantes. Un tipo de puzolana es la ceniza volante, que es un residuo de la combustión de polvo de carbón. Cuando se añade cal a los componentes activos hidratados del cemento Portland, se pueden formar compuestos como las tobermoritas, que son silicatos hidratados. Estos compuestos aumentan la resistencia mecánica del cemento y reaccionan con la cal para fijarla, de modo que no lixivia ni ataca cuando se expone a agua pura o ácida.

Los principales componentes de la ceniza, que puede ser silíceo o calcárea, son el OC reactivo, el dióxido de silicio reactivo y el óxido de aluminio. Al hacer el hormigón menos poroso y, por tanto, más resistente a la infiltración de productos químicos hostiles como los cloruros, la microsíllice (humo de sílice) mejora principalmente la dureza y corrosión.

### ***2.2.1 Diseño de mezcla del comité ACI 211.1***

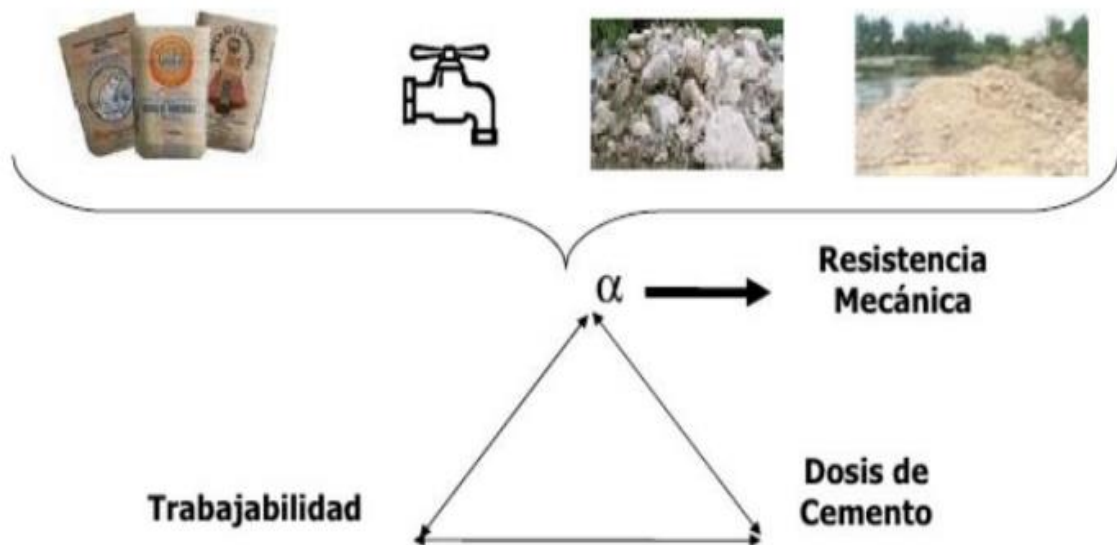
#### **a. Diseño de Mezcla:**

Su proceso incluye la elección del árido adecuado (tanto fino como grueso), cemento, agua y aditivos para producir una combinación que sea trabajable, fuerte y

duradera. Los materiales y el uso del hormigón determinan las proporciones. El diseño de la mezcla debe considerar: P.U., P.E., H., Abs., T., M., P.E. cemento y R.a/c.". Con esto, se pueden mezclar los áridos y el cemento para obtener la mezcla adecuada.

**Figura 4**

*Componentes necesarios para un concreto óptimo.*



*Nota: (Bing Images.)*

### **b. Dosificaciones:**

Para garantizar el rendimiento y la longevidad, la dosificación del hormigón debe ajustarse a unas especificaciones precisas. Para preparar los ingredientes de una hormigonera, el árido grueso, el árido fino, el cemento y el agua se dosifican en recipientes separados de tamaños similares. Los procedimientos estándar de control de calidad incluyen hacer una mezcla de prueba y someterla a pruebas de asentamiento, trabajabilidad, masa unitaria, fraguado y compresión. Si la mezcla de prueba no cumple las expectativas, se modifican los materiales y se vuelve a hacer la mezcla.

**Figura 5**

*Muestras de hormigón.*



*Nota:* (ARGOS 360)

### **2.2.2 Propiedades del concreto**

En comparación con otros materiales, el hormigón endurecido tiene una resistencia mecánica, longevidad, impermeabilidad, características térmicas, resistencia al desgaste y a la cavitación, cambio de volumen y apariencia superiores.

#### **2.2.2.1 Características del concreto en estado fresco**

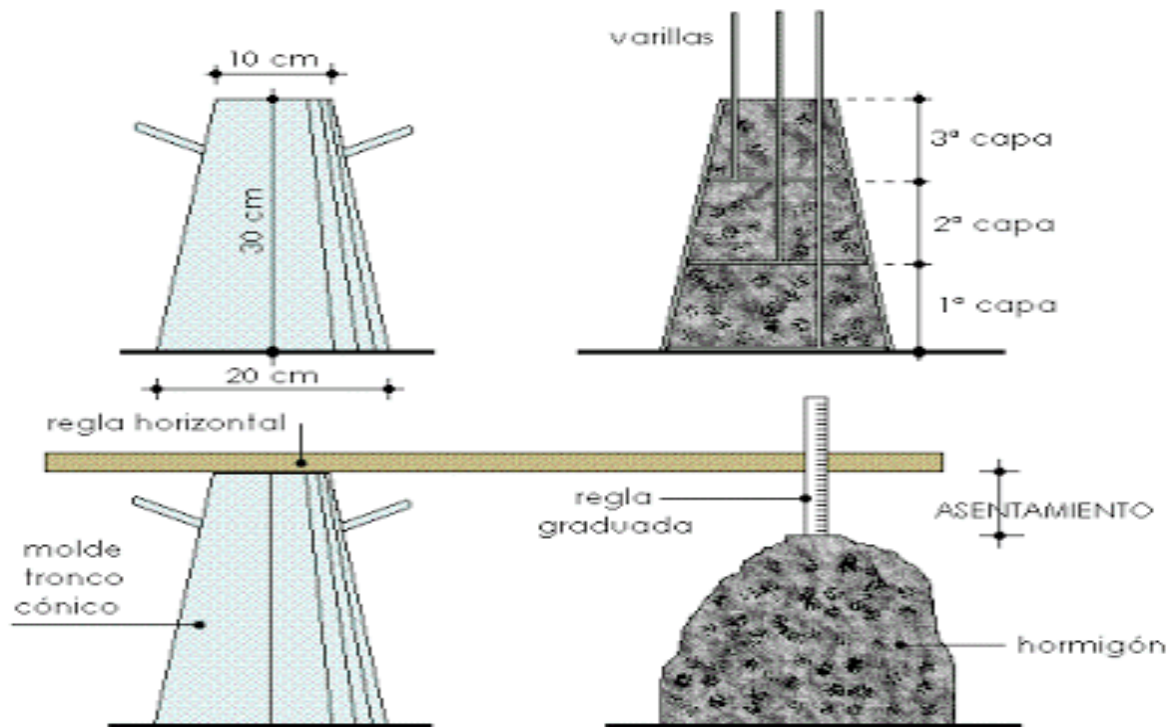
##### **A. Trabajabilidad**

Las pruebas de trabajabilidad, segregación, exudación, masa unitaria, contenido de aire y contenido de agua pueden revelar las cualidades del hormigón en estado fresco, que dura entre 1 y 3 horas. Cuando el hormigón es trabajable, puede mezclarse y comprimirse sin separarse en partículas individuales; esto se demuestra por su consistencia, plasticidad, cohesividad y compacidad. Esta cualidad del hormigón recién mezclado hace que sea fácil de trabajar sin tener que preocuparse por la segregación

o la absorción excesiva de humedad; también facilita la colocación, la consolidación y el acabado.

**Figura 6**

*Prueba del Slump*



## B. Consistencia

Al comparar mezclas comparables utilizando el cono de Abrams para medir la consistencia en función de los valores de asentamiento, el ensayo de asentamiento proporciona una indicación de la trabajabilidad. Ingredientes como el agua de amasado, la forma de los áridos, la granulometría y el tamaño máximo de los áridos determinan la consistencia. Existe una estrecha relación entre la técnica de compactación y el método de compactación.

**Tabla 6***Determinación del asentamiento*

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Técnica de compactación</b>
Seca	0" a 2"	Escasa trabajabilidad	Vibrado estándar
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	Mayor a 5"	Alta trabajabilidad	Chuseado

*Nota:* (Abanto Castillo, 2013, Pág.49)

### **C. Temperatura del concreto**

Para Rivva (2000) "El contenido de áridos en la mezcla influye notablemente en la temperatura del hormigón, que a su vez se ve afectada por la temperatura general y el calor específico de los componentes.

### **D. Tiempo de fraguado**

El endurecimiento implica algo más que el fraguado, que es el tiempo que tarda una mezcla en pasar de líquida a sólida. Para saber cuánto tarda en fraguar el hormigón, se utiliza el método de la resistencia media a la penetración. Se determina el impacto de factores como la temperatura, el cemento, el porcentaje de mezcla, los aditivos y los aditivos en las propiedades de endurecimiento y el tiempo de fraguado del hormigón.

Debido a que existe una fuerte correlación entre el tiempo de fraguado del cemento y el mortero, puede utilizarse como indicador del tiempo de fraguado del hormigón. En la NTC 890 y ASTM C 403 de compresión, comparable al ensayo de la aguja de Vicat, para hormigones con asentamientos superiores a cero. Hay tres fases distintas en el proceso de fraguado: pre fraguado, inicial y final. En tercer lugar, curar el



hormigón de acuerdo con las especificaciones de la obra en cuanto a resistencia y durabilidad.

### **2.2.2.2 Propiedades del concreto endurecido**

#### **A. Densidad**

La densidad de los áridos, la granulometría y el volumen intervienen en la determinación de la densidad del hormigón, que se define como el peso por unidad de volumen del hormigón curado. Al ser consecuencia de una mayor compactación o consolidación, una densidad elevada puede ser indicio de una excelente resistencia mecánica y longevidad.

#### **B. Absorción**

Para calcular la absorción del hormigón, se toma la masa de agua que se filtra a través del material poroso y se divide por el peso en seco del material muestreado.

#### **C. Porosidad**

Cuando el agua libre se evapora de una combinación en la que hay aire atrapado de forma natural, el resultado es un cierto número de espacios vacíos dentro de la masa de la sustancia, lo que se denomina porosidad. Los agujeros de aire, también llamados macroporos, capilaridad y los poros de gel, a veces llamados microporos, son los tres tipos principales de estos poros. La durabilidad del hormigón se ve muy afectada por sus poros capilares y macroporos.

#### **D. Resistencia a Compresión $f^c$**

La  $f^c$  de una estructura determina su capacidad de carga y su integridad estructural general. Para obtener este valor, se divide la fuerza máxima que actúa sobre la

probeta por su sección transversal. Cada edad del hormigón y cada condición de ensayo suelen requerir al menos tres probetas.

### Figura 7

*Prueba de  $f'c$*



### E. Resistencia a la Flexión $f'y$

Para determinar la flexión de una viga, los ingenieros realizan un ensayo denominado resistencia a la flexión, a menudo llamado ensayo de viga transversal, en vigas no reforzadas. Utilizando dos soportes extremos, la viga se pone a prueba aplicando una fuerza perpendicular a su eje. Las variaciones en la longitud de la viga, el contenido de humedad y las sollicitudes de corte de la vida útil podrían afectar a los resultados, que son relevantes para la construcción de losas y pavimentos.

Se cree que la resistencia a la flexión, medida en Mega Pascales, es 0,7 o 0,8 veces la raíz cuadrada de la  $f'c$ , que es directamente proporcional a la  $f'c$ . Cuando la viga se carga a lo largo de su eje, sufre esfuerzos cortantes y momentos flectores internos, cuyos valores varían a lo largo de la longitud de la viga. De este modo, podemos representar gráficamente la fuerza cortante y el momento flector máximos.

**Figura 8**

*Prueba de la flexión*



### 2.2.3 La cal

**Figura 9**

*Óxido de calcio*



#### 2.2.3.1 Ciclo de la cal

La trituración y calcinación de roca caliza a temperaturas superiores a 900 grados C° para producir cal viva es el primer paso del ciclo de la cal. La cal apagada, un subproducto de su proceso de hidratación, es un ingrediente típico de las mezclas de

albañilería. Tras mezclarse con dióxido de carbono atmosférico ( $\text{CO}_2$ ), la cal se descarbonata en una solución, transformándose en una roca de excepcional durabilidad y resistencia. Este proceso se repite a lo largo de todo el proceso de construcción.

**Figura 10**

*Ciclo de la cal*



### 2.2.3.2 Carbonato de calcio

La cal, de color blanco o blanco grisáceo y compuesta de OC ( $\text{CaO}$ ), se hidrata o se enfría cuando se combina con agua. A continuación, se combina con arena para formar el mortero. La cal es un subproducto del proceso de calcinación, que convierte la piedra caliza en OC y libera dióxido de carbono. El hidrOC en polvo, a veces conocido como cal muerta o apagada, se produce haciendo reaccionar la cal viva con agua. Este proceso libera una gran cantidad de calor.

### 2.2.3.3 Derivados de la caliza

La cal, de color blanco o blanco grisáceo y compuesta de OC ( $\text{CaO}$ ), se hidrata o se enfría cuando se combina con agua. A continuación, se combina con arena para formar



el mortero. La cal es un subproducto del proceso de calcinación, que convierte la piedra caliza en OC y libera dióxido de carbono. El hidrOC en polvo, a veces conocido como cal muerta o apagada, se produce haciendo reaccionar la cal viva con agua. Este proceso libera una gran cantidad de calor.

### 2.3 Marco conceptual

#### a. Agregados

Para garantizar la unión con la pasta de cemento endurecida, los áridos son elementos resistentes e inertes que no alteran el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico. La textura prismática y la capacidad de eliminar pequeñas partículas tras el lavado son cualidades mecánicas de los áridos.

#### b. Aire

El proceso de mezclado atrapa aire dentro del hormigón, que se libera durante la compactación. No obstante, incluso después de eliminar todo el aire, seguirá habiendo una pequeña cantidad dentro de la sustancia solidificada.

#### c. Cemento

El cemento fragua y se endurece cuando se expone al agua porque sufre una reacción química con el líquido para producir una sustancia aglutinante. Las partículas de cemento adquieren sus características aglutinantes cuando se hidratan con agua. La pasta se elabora mezclando los ingredientes con cemento; la cantidad de agua añadida determina su fluidez.

#### d. Concreto

En las zonas de habla hispana, la combinación de mortero y árido grueso (grava) se denomina hormigón.



**e. Óxido de calcio OC**

El proceso de calcinación del carbonato cálcico a temperaturas comprendidas entre 900 y 1.000°C da lugar al mineral blanco óxido de calcio.

**f. Propiedades mecánicas**

La resistencia mecánica, el tamaño de las partículas, el grado de hidratación, el tiempo de fraguado y el calor de hidratación son las variables que determinan estas características.

**g. Relación de agua – cemento.**

La trabajabilidad del hormigón se ve afectada por la relación agua-cemento. Las alturas de asentamiento aumentan como resultado de una mayor dispersión de las partículas cuando se incrementa la relación.

**h. F'c**

Los edificios deben tener un determinado atributo físico, la  $f'c$ , para poder ser diseñados para soportar una determinada carga.

**i. Tamaño máx. nominal**

El tamiz más bajo de la serie que arroja el primer material retenido es el mismo que el tamaño máximo nominal del árido grueso.

**j. Tiempo de fraguado**

El tiempo de fraguado es el tiempo transcurrido desde que el cemento se combina con el agua, lo que hace que se endurezca gradualmente y se vuelva menos maleable.

**k. Trabajabilidad del concreto**

Es la capacidad para mezclarse, transportarse, colocarse y compactarse.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño del estudio

Principalmente experimental, orientado a determinar el impacto específico del OC en las características de resistencia del hormigón. Para ello, se realizaron ensayos de  $f'c$  sobre diferentes formulaciones de la mezcla, variando la concentración de OC en proporciones del 4%, 8% y 12%. Estas variaciones permitieron estudiar cómo las concentraciones de este aditivo influyen la trabajabilidad y la resistencia del material a lo largo del tiempo.

##### 3.1.1 Nivel de investigación

El nivel de esta investigación es descriptivo, ya que no solo se documentaron los efectos del OC en el hormigón, sino que también se buscaron las razones detrás de dichos efectos. A través de la observación y análisis detallado de los resultados obtenidos, se identificaron patrones y comportamientos específicos de las muestras en función de las concentraciones del aditivo.



### 3.1.2 *Tipo de investigación*

El tipo de investigación es explicativo, puesto que el objetivo principal fue analizar en profundidad los efectos del OC sobre el comportamiento mecánico del hormigón. Con esto, el estudio busca explicar cómo las variaciones en la cantidad de OC en la mezcla influyen directamente en las propiedades de  $f'c$ , proporcionando una comprensión más detallada sobre la interacción entre los componentes del hormigón.

### 3.1.3 *Método de investigación*

El método de investigación empleado fue principalmente cuantitativo, utilizando el **método experimental** para obtener resultados empíricos a través de la medición y análisis de la  $f'c$  en función de la cantidad de OC añadido. A través de ensayos sistemáticos, se evaluaron diversas concentraciones de OC (4%, 8% y 12%), lo que permitió observar las variaciones en la resistencia del hormigón en momentos específicos del proceso de curado. Este enfoque permitió recoger datos objetivos y confiables, que fueron analizados estadísticamente para validar las hipótesis planteadas.

## 3.2 **Población y muestra**

### 3.2.1 *Población*

Las características mecánicas de una población típica de hormigón se mejoraron añadiendo 4, 8 y 12 % de OC, como se estudió en este estudio.

### 3.2.2 *Muestra*

Para observar y analizar la  $f'c$ , que se ha establecido a 7, 14 y 28 días para este estudio, el proyecto de investigación utilizará una muestra cilíndrica con una resistencia

específica del hormigón de  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y hormigón con OC en proporciones variables.

**Tabla 7**

*N° de muestras dispuestas a evaluaciones.*

Especificación	Intervalo de curado (d)			N° de especímenes
	7	14	28	
Muestra base	3	3	3	9
MP. + 4% OC	3	3	3	9
MP. + 8% OC	3	3	3	9
MP. + 12% OC	3	3	3	9
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>36</b>

### 3.3 Pertinencia de la investigación

#### 3.3.1 *Cantera Cabanillas:*

Localización: distrito de Cabanillas, región Puno.

Propietario: Planta chancadora Cabanillas.

Fuente: Material proveniente del chancado de canto rodado del río Taya Taya.

Clasificación: Cantera de suelo transportado.

**Figura 11**

*Localización de la cantera*



### 3.3.2 Especificación del área de estudio

El laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV en Juliaca, San Román, fue el sitio de las pruebas. Con equipos calibrados y certificaciones emitidas después de cada ensayo, este laboratorio se ha ganado la acreditación de INACAL.

**Figura 12**

*Laboratorio UANCV*





### 3.4 Técnicas e instrumentos

#### 3.4.1 Técnicas de procesamiento

##### a) Búsqueda de información

Para garantizar una base de información sólida y completa para el desarrollo del estudio, la investigación incluyó una amplia búsqueda bibliográfica, concentrándose en tesis anteriores, trabajos de investigación especializados y publicaciones académicas de prestigio.

##### b) Materiales empleados para la investigación

Se utilizaron áridos procedentes de la cantera del río Cabanillas por su alto grado de homogeneidad y baja concentración de partículas diminutas como arcillas y limos. Se utilizó el cemento más popular y comercialmente viable de esta zona, el cemento Rumi Portland tipo IP, que es un cemento puzolánico según la norma ASTM C150. Calcinada a altas temperaturas, la cal (un ingrediente cementante derivado de la roca caliza sedimentaria) forma óxido de calcio, o CAL VIVA. Cuando entra en contacto con el agua, se hidrata en hidróxido de calcio, o CAL HIDRATADA, un polvo blanco. Aunque tiene usos en los sectores alimentario y farmacéutico, esta sustancia se vende sobre todo envasada y se utiliza en la industria de la construcción.

#### 3.4.2 Ensayos de laboratorio

##### 3.4.2.1 Propiedades Físicas del Agregado Grueso

###### A. Análisis Granulométrico

Se pesaron muestras de áridos gruesos de 0,5 kg a 0,6 kg y se sometieron a un examen granulométrico. Se pesaron tres muestras de 800 gramos como parte del método

de áridos gruesos, y se utilizó una mesa vibratoria para poner cada filtro entre 1» y N°200. El filtro más pequeño por el que pasó la muestra de árido fue el mismo que el tamaño máximo del árido grueso.

### Procedimiento del agregado grueso

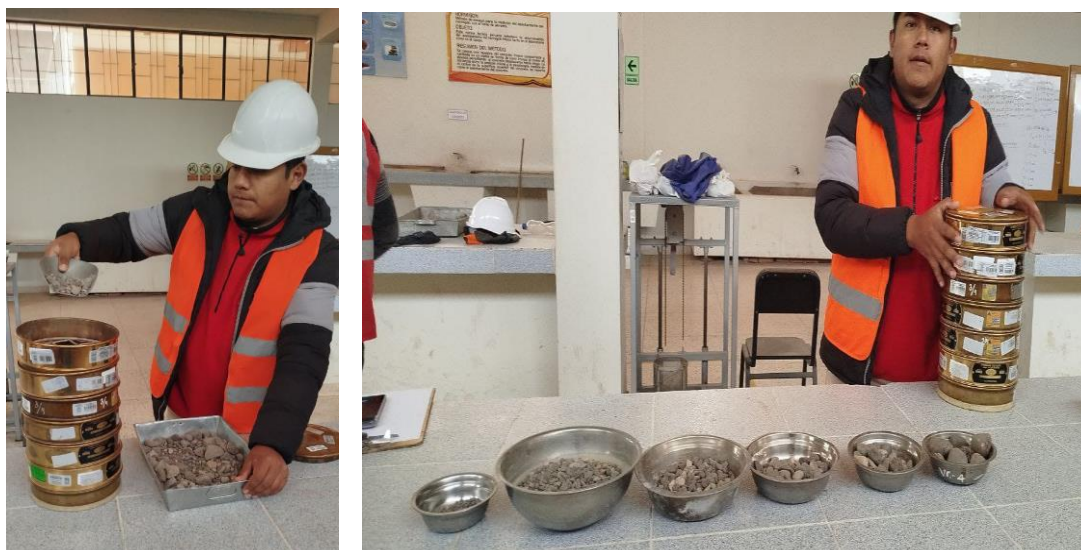
- Después de remojar unos 2 kg del material en una bandeja de agua durante 24 horas, secarlo con una franela y, por último, colocarlo en un molde de alambre, se calcularon el peso esp. y el contenido hum., y absorción (N.T.P 400,021). Después de 24 horas, medimos el peso de la muestra seca.

### B. Tamaño Máximo

El tamaño máximo del árido grueso se determinó por el filtro más pequeño que pasó la muestra durante el análisis granulométrico.

**Figura 13**

*Ensayo de granulometría agregado grueso*



### C. Peso específico y absorción (N.T.P 400.021)

Medimos el peso específico y el contenido de absorción de los áridos gruesos después de sumergirlos en agua durante 24 horas y secarlos, para obtener el peso seco final.

#### Figura 14

*Prueba de peso específico*



### D. Peso Unitario (N.T.P 400.017)

#### ✓ **Peso Unitario Suelto**

Para medir el peso unitario suelto, se colocó el árido en un recipiente metálico de 1/3 de pie cúbico y se pesó.

#### **Procedimiento del ensayo**

- Para realizar la prueba, primero se descuartiza una muestra; a continuación, se mide el volumen y el peso del molde; y por último, se utiliza un badilejo para llenar el molde hasta el borde. Después, se utiliza una varilla de acero para

enraizar la muestra hasta que alcance el nivel del recipiente. Después, se utiliza el molde cilíndrico para pesar la muestra.

**Figura 15**

*Enserando la muestra*



✓ **Peso Unitario Compactado**

**Procedimiento del ensayo**

El proceso consiste en hacer tres capas con 25 golpes de compactación por capa de árido grueso en un recipiente de acero, después se cuerda y se pesa todo. Una vez triturado el árido, se pesa para saber cuánto espacio tiene el contenedor.

**Figura 16**

*Varillando la muestra*



### **E. Contenido de Humedad (N.T.P. 339.185)**

#### **Procedimiento del ensayo**

- Tras ser horneada durante 24 horas, se pesó de nuevo una muestra de 100 gramos de árido grueso para determinar su peso en seco. Una vez enfriada, la muestra se colocó en un horno a  $110 \pm 5$  °C hasta que estuvo lista para ser pesada.

**Figura 17**

*Alistando la muestra para el horno*



### 3.4.2.2 Propiedades físicas del agregado fino

#### A. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

##### Procedimiento del ensayo

- El análisis granulométrico se utiliza para examinar las características físicas del árido fino. Para ello, se corta la muestra en cuartos sobre el terreno, se pesa, se lava y, por último, se tamiza para eliminar el agua o las partículas más pequeñas. Después, se coloca la muestra seca en los tamices y se enciende el agitador eléctrico durante tres minutos para que haga su trabajo. A continuación, se miden los pesos de los tamices que quedaron retenidos.

#### B. Módulo de fineza

Calculamos el módulo de finura del árido fino sumando los porcentajes retenidos de los tamices 4-100.

**Figura 18***Gradación del agregado fino***C. Peso específico y absorción (N.T.P. 400.021)****Procedimiento del ensayo**

- Para estimar el peso específico y la absorción del árido fino, se utilizó la técnica del cuarteo. Este método consiste en sumergir la muestra en agua durante 24 horas, lo que requiere alrededor de 0,5 kg. Al cabo de un día, se escurrió el exceso de agua y se secaron suavemente las partículas de árido con una hoja de papel hasta alcanzar un estado saturado y seco en superficie. A continuación, se pesó la muestra, se colocó en una fiola y se transfirió a un recipiente. Después, el agregado fino se horneó durante 24 horas para obtener su peso en seco.

**Figura 19***Prueba del molde cónico***D. Peso unitario (N.T.P. 400.017)****✓ Peso unitario compactado****Procedimiento del ensayo**

- Cortamos la muestra en cuartos y la secamos en el horno durante 24 horas para recogerla. Después, se pesó, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se añadió a la base de datos. La muestra se saturó durante 24 horas y se secó uniformemente con aire caliente después de distribuirla sobre un recipiente.

**Figura 20***Pesando la muestra*

✓ **Peso unitario suelto**

### **Procedimiento del ensayo**

- Después de sujetar un molde cónico, se llenó con la muestra y se presionó con 25 golpes de pistón. La muestra pesó 500 gr. Después, se introdujo la muestra en un picnómetro y se llenó de agua hasta el 90%. Tras eliminar las burbujas de aire, la muestra se calentó en un horno hasta que alcanzó la temperatura ambiente, tras lo cual se calculó su peso en seco..

**Figura 21**

*Preparación de la muestra*



### **E. Contenido de humedad (N.T.P. 339.185)**

Para este experimento, se pesaron 100 gramos de material de muestra y se cuarteó 1 kilogramo de árido fino.

### **3.4.2.3 Diseño de Mezcla**

La investigación analiza a fondo muchos parámetros de diseño, como la gravedad específica, la humedad, el contenido de absorción, el peso de los agregados sueltos y compactados, el asentamiento, el tamaño del grano y la relación agua/cemento. Además, todas las muestras se secan en seco para la presentación final.

**Figura 22***Materiales para el diseño***a) Cono de Abrams**

Para que el hormigón tenga la consistencia y las características de endurecimiento deseadas, las proporciones de cemento, áridos y agua deben considerarse cuidadosamente durante la producción de la mezcla. Se colocan tres capas de la mezcla en un molde troncocónico, se trituran con 25 golpes de varilla cada una y, a continuación, se mide el asentamiento levantando el molde. Dependiendo de la estructura y las técnicas de encofrado, colocación y compactación, el valor del asentamiento, o consistencia, puede oscilar entre 2 y 18 cm. Para mezclas con partículas de tamaño superior a 3,75 cm, el «Método de prueba para medir el asentamiento con el cono de Abrams» y la norma ASTM C143 proporcionan una forma de medir el asentamiento del hormigón nuevo tanto en el laboratorio como en la obra.

**Figura 23***Prueba del asentamiento***b) Elaboración de probetas**

La resistencia de las probetas de hormigón se ve muy afectada por el efecto de su tamaño y forma. Debido a la limitación de la chapa, la resistencia de las probetas más pequeñas es mayor que la de las más grandes. Las probetas estándar se definen en la norma ASTM C 39 como cilíndricas y están disponibles en dos tamaños: 150×300 mm y 100×200 mm. Por su homogeneidad, distribución de esfuerzos en planos horizontales y menor efecto de pared del árido grueso, se recomienda la forma cilíndrica. El tamaño máximo del árido determina la diferencia de resistencia entre los dos tamaños. Se recomienda el tamaño de 100×200 mm por sus muchas ventajas, como menos suciedad, menos posibilidades de daños, moldes más baratos, máquinas con menor capacidad, menos hormigón y menos espacio necesario para el almacenamiento y el curado. El tamaño máximo del árido determina la opción.

**Figura 24***Elaboración de especímenes es de concreto***c) Curado**

Para evitar fallos y mantener intactos los resultados de resistencia, es esencial curar y salvaguardar las probetas de hormigón moldeado, ya sean nuevas o endurecidas. La hidratación del cemento dentro de la masa de hormigón es un componente clave del desarrollo de la resistencia en la fase de curado. El cemento puede hidratarse y desarrollar resistencia constantemente a lo largo del curado si se hace correctamente. La hidratación del cemento y la resistencia de diseño pueden verse comprometidas debido a un curado insuficiente. Los especímenes colados en campo deben adherirse a las condiciones de curado delineadas en ASTM C31, que incluye los requerimientos de temperatura y humedad relativa. Estos elementos deben tenerse en cuenta durante todo el proceso de curado, desde el principio hasta el final, para garantizar la resistencia necesaria para la aprobación del emplazamiento.

**Figura 25***Curado de especímenes*

#### 3.4.2.4 Prueba de $f'c$ .

Para las construcciones de hormigón en particular, el ensayo de  $f'c$  es una herramienta esencial para los diseñadores estructurales. Sirve para averiguar hasta qué punto un material puede resistir las fuerzas que lo contraen. Se utilizan técnicas normalizadas para producir muestras de hormigón, que suelen crearse in situ. El siguiente paso es curar las muestras durante 28 días en un entorno controlado una vez preparadas. Si las muestras no tienen una superficie plana y uniforme, es posible que haya que rectificarlas o taparlas para asegurarse de que el peso se distribuye uniformemente. En una prensa de ensayos de compresión, las probetas se someten a una fuerza progresiva hasta que se rompen, registrándose la carga y la deformación más altas. De lo que se trata en este procedimiento es de asegurarse de que el material puede soportar cargas crecientes.

**Figura 26**

*Resistencia a compresión*



### **3.4.2.5 Evaluación de resultados**

Mediante el uso de tablas comparativas, la investigación mostrará sus conclusiones de forma abierta y comprensible. Para comprender mejor los datos y detectar diferencias notables en función de la distribución demográfica y la edad, estas tablas ofrecerán tanto un resumen de alto nivel de los resultados como un examen exhaustivo de las comparaciones por edad.

### **3.4.2.6 Procesamiento y análisis de datos**

Se recopilarán resultados precisos mediante procesos fiables, y la investigación procesará y analizará los datos mediante tablas, gráficos y cálculos.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y ANALISIS

#### 4.1 Exposición de los resultados

El estudio recopila y analiza datos de pruebas realizadas tanto en hormigón recién vertido como en hormigón previamente endurecido.

##### A. Análisis granulométrico

**Tabla 8**

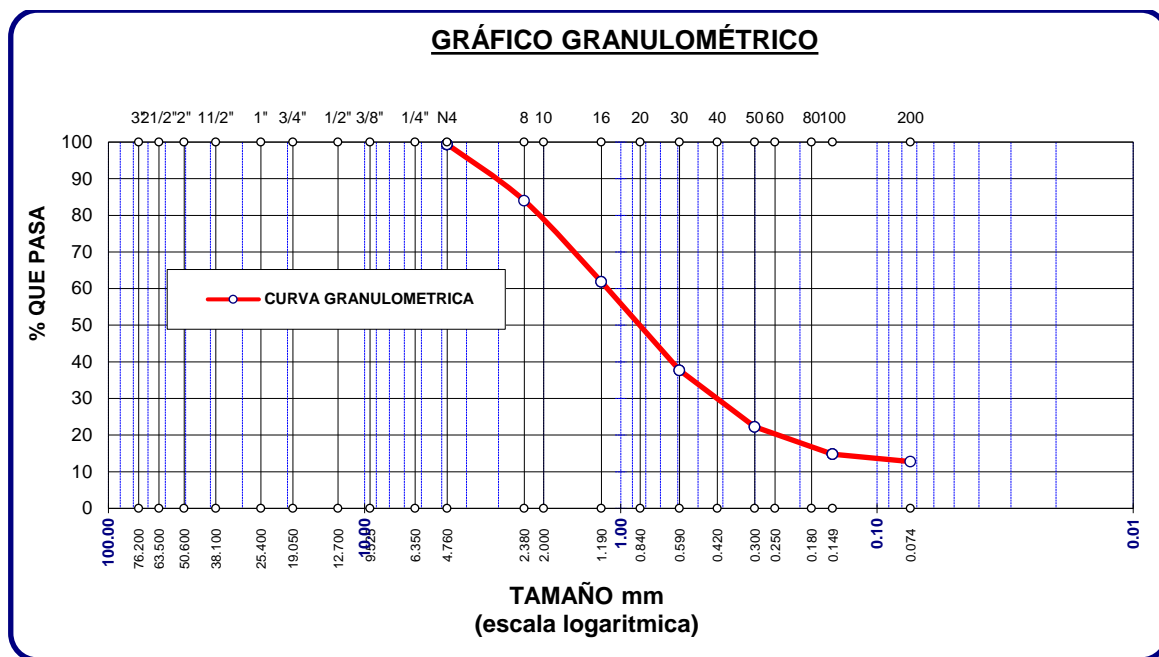
*Granulometría del agregado fino*

Tamiz	mm	P. ret. (gr)	% R. parcial	% R. acum.	% pasa
No4	4.760	14.99	0.62	0.62	99.38
No8	2.380	372.01	15.36	15.98	84.02
No16	1.190	537.09	22.18	38.16	61.84
No30	0.590	584.20	24.13	62.29	37.71
No 50	0.300	374.09	15.45	77.74	22.26
No100	0.149	181.02	7.48	85.21	14.79
No200	0.074	49.00	2.02	87.24	12.76

La Tabla 08 muestra la gradación de los materiales obtenida por tamizado, desde el tamiz N°4” hasta el N°200.

**Figura 27**

*Representación gráfica del A.F.*



**Tabla 9**

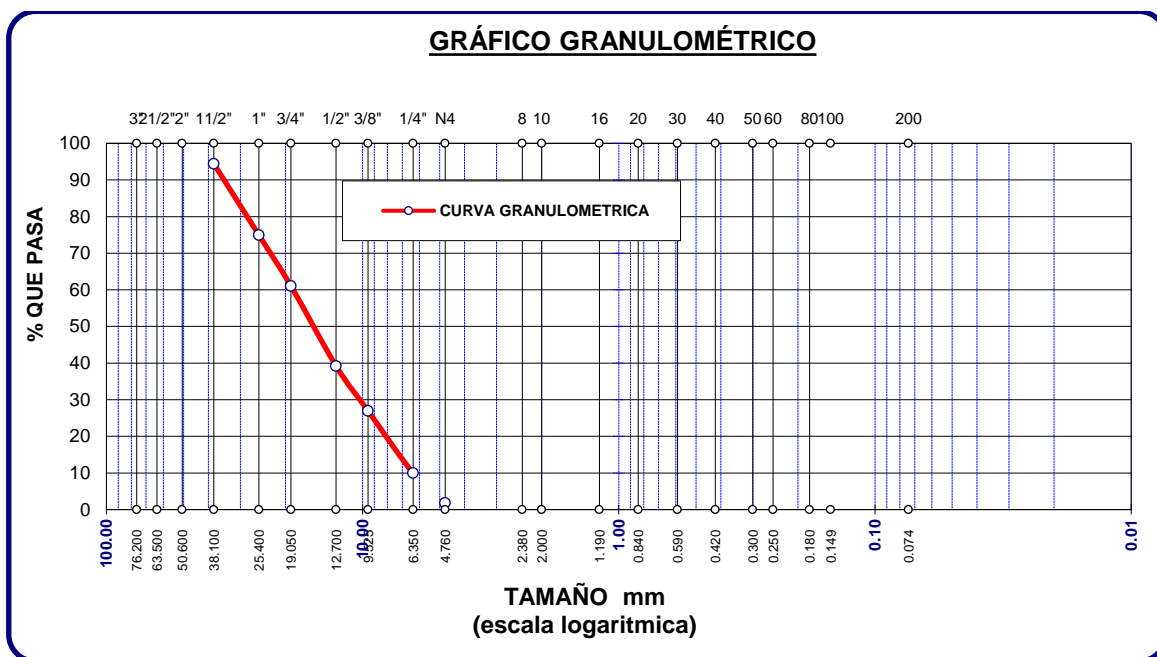
*Granulometría del agregado grueso*

Tamiz	mm	P. Ret. (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
2”	0	0	0	0	100
1 ½”	38.100	430.01	5.58	5.58	94.42
1”	25.400	1501.01	19.48	25.06	74.94
¾	19.050	1069.00	13.87	38.93	61.07
½”	12.700	1683.05	21.84	60.77	39.23
⅜”	9.525	945.01	12.26	73.04	26.96
¼”	6.350	1309.02	16.99	90.02	9.98
No4	4.760	626.06	8.12	98.15	1.85

Los resultados de laboratorio de la prueba de granulometría de los agregados estaban dentro de los límites permitidos y sugeridos, por lo que estos agregados pueden ser utilizados para el estudio, como se muestra en la Tabla 09, que representa la gradación de los materiales derivados de las muestras tamizadas de 2« a 4».

**Tabla 10**

*Representación gráfica del A.G.*



## B. Cantidad de humedad contenida

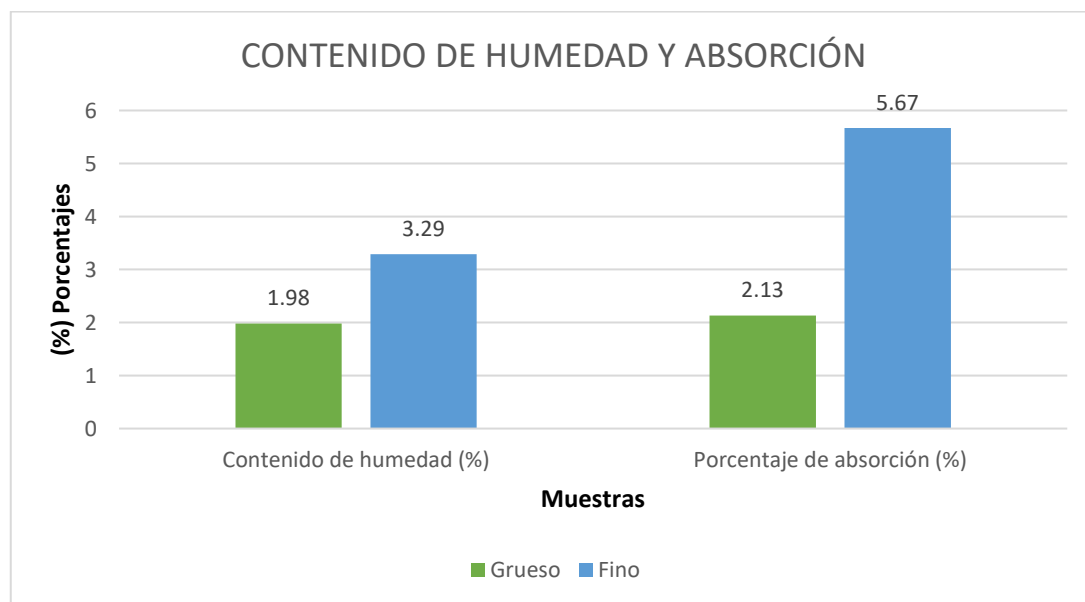
**Tabla 11**

*Resumen del % hum. y absorción*

Ensayos	% hum. (%)	Porcentaje de absorción (%)
Grueso	1.98	2.13
Fino	3.29	5.67

**Figura 28**

*Comparativa de % hum. y absorción*



La tabla 11 muestra que dos tipos de áridos tienen una absorción menor que el contenido de humedad, lo que significa que el diseño de la mezcla puede utilizar menos agua debido a esto.

### C. Peso específico

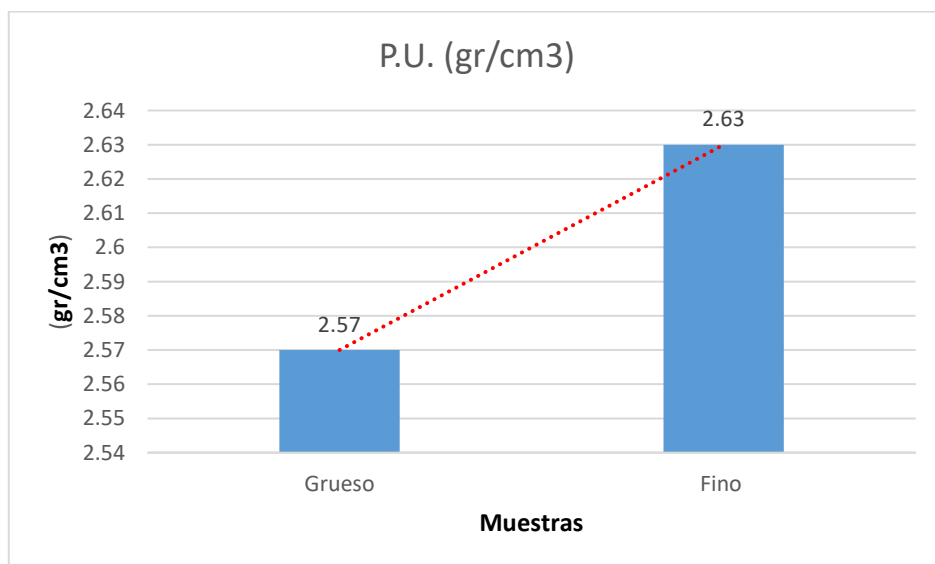
**Tabla 12**

*Valores promedio del peso específico*

Muestras	Peso esp. (gr/cm <sup>3</sup> )
Grueso	2.57
Fino	2.63

**Figura 29**

*Representación del peso específico*



Esta prueba muestra resultados promedio que representan un comportamiento típico, lo cual es excelente para garantizar que los agregados tengan la dureza adecuada para el rendimiento mecánico del hormigón.

#### **D. Peso Unit. suelto de la muestra**

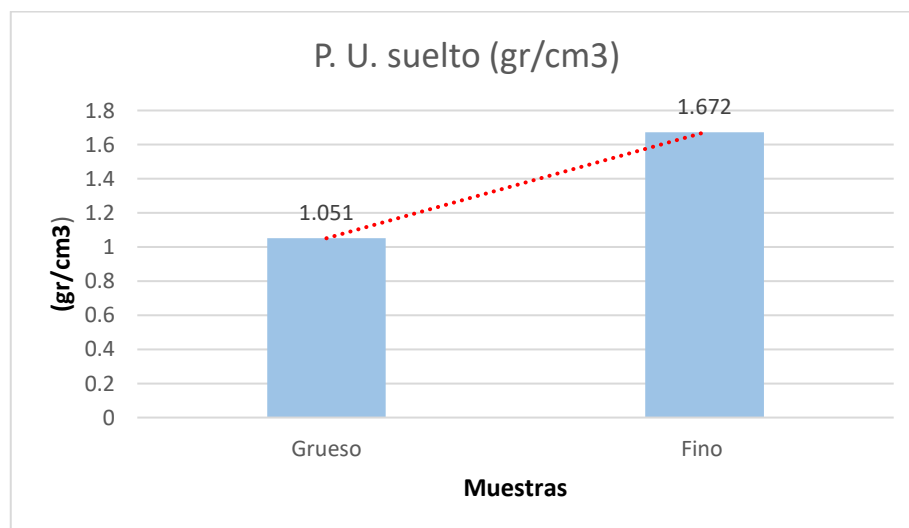
**Tabla 13**

*Valores promedios del P.U. suelto*

Ensayos	PU suelto (gr/cm <sup>3</sup> )
Grueso	1.051
Fino	1.672

**Figura 30**

*Representación del P.U. suelto*



Los áridos en sus formas más sueltas se muestran en la tabla con sus pesos unitarios medios; el árido fino tiene una media de 1,672 gr/cm<sup>3</sup> y el árido grueso tiene una media de 1,051 g/cm<sup>3</sup>, presentando el árido grueso valores algo inferiores.

### **E. P.U. compactación del agregado**

**Tabla 14**

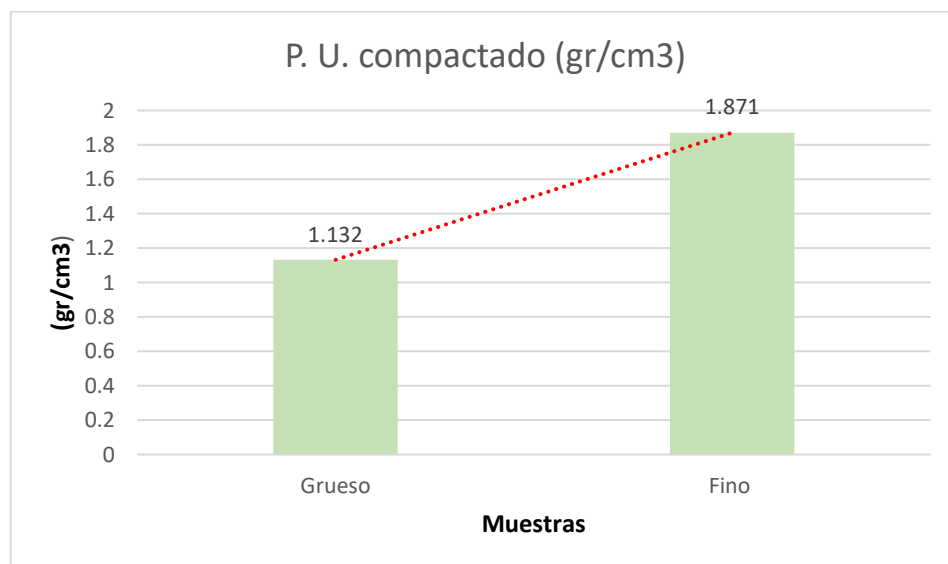
*Valores medios del P.U. compactación*

Pruebas	P.U. compactación (gr/cm <sup>3</sup> )
Grueso	1.132
Fino	1.871

Aquí podemos ver los pesos unitarios medios de los áridos compactaciones en la tabla. La granulometría media de los áridos finos es de 1,871gr/cm<sup>3</sup>, y la de los áridos gruesos es de 1,132g/cm<sup>3</sup>. Los valores se muestran detalladamente en la tabla.

**Figura 31**

*Representación del P.U. compactación*



#### 4.1.1 Relación del diseño de mezcla 210 kg/cm<sup>2</sup>

Para que los resultados de las pruebas de laboratorio sean más fáciles de comprender e interpretar, a continuación, un breve resumen.

##### a) Cantidad de componentes de mezcla patrón

**Tabla 15**

*Distribución de componentes en el diseño de mezcla*

Agregado	Dosificación	Proporción	Dosificación	Proporción
	Peso Seco	Vol.	P. Hum.	Vol.
	(Kg/m <sup>3</sup> )	peso seco	(kg/m <sup>3</sup> )	P. Hum.
Cemento	361	1	361	1
Agua	205	0.57	182	0.50
Agrd.	945	2.62	916	2.54
Agrd. Fino	762	2.11	737	2.04
Aire	2.00%		2.00%	

Para hacer una briqueta se necesita un kilo de cemento y 2,11 kg de A.F.; la tabla también muestra los pesos de los diferentes ingredientes utilizados en la investigación en kilogramos.

**Tabla 16***Dosificación para el c°*

	Dosificación				
	Peso seco (kg)	Materiales (kg)	4%	8%	12%
Cemento	361	2.622	2.516	2.411	2.306
Agrd. Fino	762	4.206	4.205	4.205	4.205
Agrd. Grueso	945	5.702	5.701	5.701	5.701
Agua	205	1.148	1.147	1.144	1.146
Óxido de calcio			0.103	0.210	0.312

La tabla n° 16 muestra que para un espécimen con unas dimensiones de 0,15 m de diámetro y 0,30 m de altura, el Vol. del espécimen es de 0,00533 m<sup>3</sup>. La probeta contiene 5,701 kg de árido grueso, 4,205 kg de árido fino, 1,147 ml de agua y 2,621 kg de cemento. Además, encontramos que el 4%, 8% y 12% de cal serían un sustituto adecuado del cemento.

#### **4.1.2 Estudio de las pruebas de concreto en fase fresca**

##### **a) Asentamiento (Slump)**

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el aspecto relacionado con la consistencia de la trabajabilidad del hormigón, definida por el asentamiento, se utilizan una varilla de 5/8» y un cono de abrams.

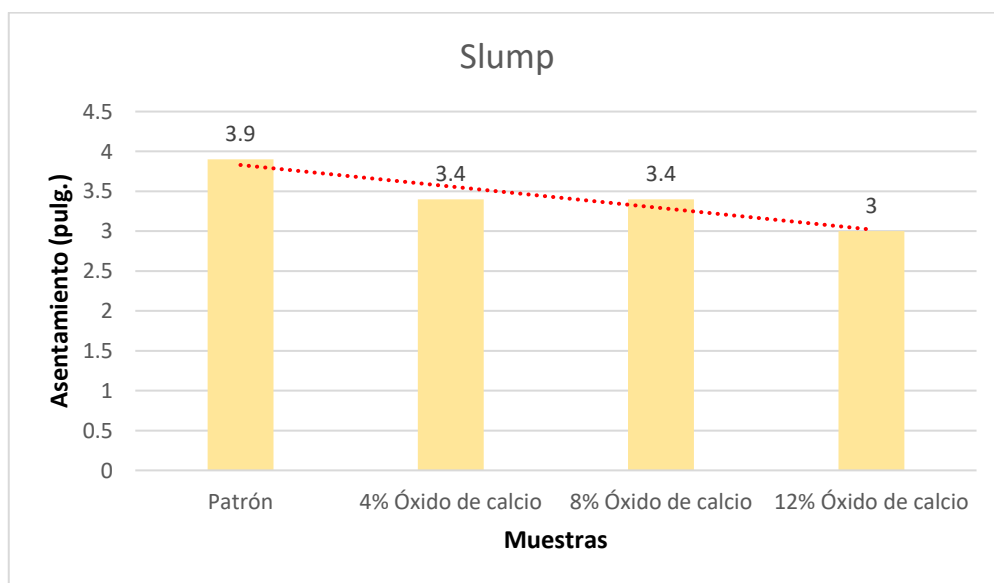
**Tabla 17**

*Asentamiento alcanzado.*

Ensayos	Slump
Patrón	3.9"
4% Ox.Cal.	3.4"
8% Ox.Cal.	3.4"
12% Ox.Cal.	3"

**Figura 32**

*Verificación del asentamiento*



La cal aumenta el asentamiento y disminuye la trabajabilidad, como se muestra en la Figura N°32, cuando se aumenta la cantidad de cal en una mezcla. Los niveles de cal del 4% y 8% no tuvieron ningún efecto discernible sobre la trabajabilidad durante la preparación, mientras que el 12% de cal aceleró el secado, provocando un llenado precipitado de los moldes metálicos. A pesar de ello, la mezcla era la misma que cuando no se añadía cal.

### 4.1.3 Evaluación de la resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$

#### a. $F'c$ de la muestra base

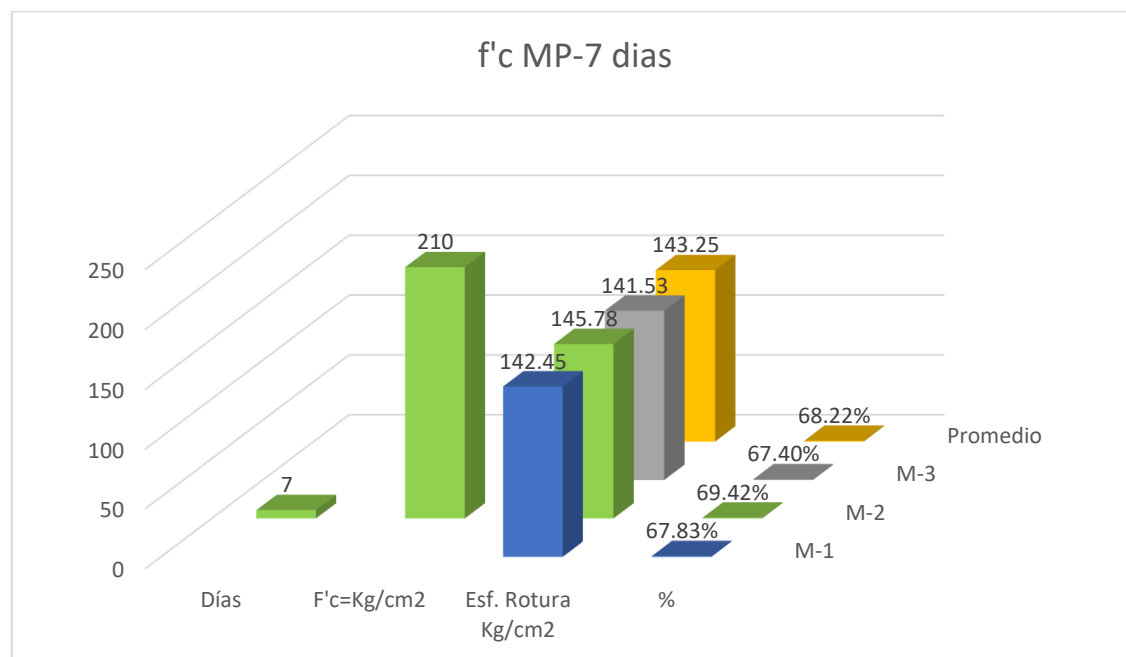
**Tabla 18**

*F'c muestra base a los 7 días*

Ejemplares	Días	Resistencia $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia $f'c$ %
E-1	7	210	142.45	67.83%
E-2	7	210	145.78	69.42%
E-3	7	210	141.53	67.40%
<b>Prom.</b>	<b>7</b>	<b>210</b>	<b>143.25</b>	<b>68.22%</b>

**Figura 33**

*Datos hallados de  $f'c$  MP-7 días*



Al término de los siete días, se evaluó la  $f'c$  mediante tres ejemplares de referencia: E-1 = 142,45, E-2 = 145,78, y E-3 = 141,53 kg/cm<sup>2</sup>, respectivos obteniendo un valor total de 143,25 kg/cm<sup>2</sup>.

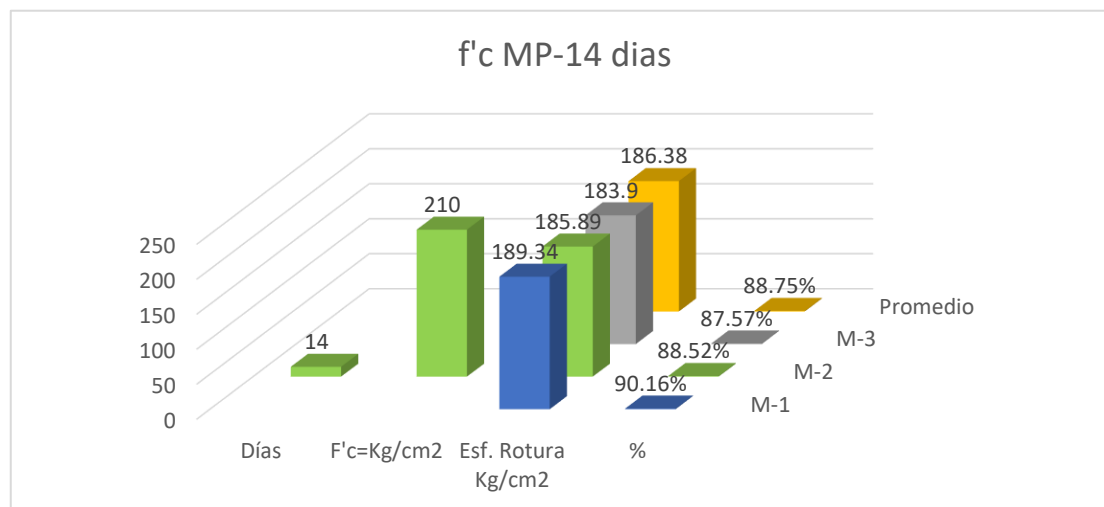
**Tabla 19**

*F'c muestra base a los 14 días*

Ejemplares	Días	Resistencia $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. de falla (kg/cm <sup>2</sup> )	%
E-1	14	210	189.34	90.16%
E-2	14	210	185.89	88.52%
E-3	14	210	183.90	87.57%
<b>Prom.</b>	<b>14</b>	<b>210</b>	<b>186.38</b>	<b>88.75%</b>

**Figura 34**

*Datos hallados de  $f'c$  MP-14 días*



Con tres ejemplares de muestras, las resistencias a la compresión a 14 días fueron 186,38 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, con valores de 189,34, 185,89 y 183,90 kg/cm<sup>2</sup> para E-1, E-2 y E-3, respectivamente.

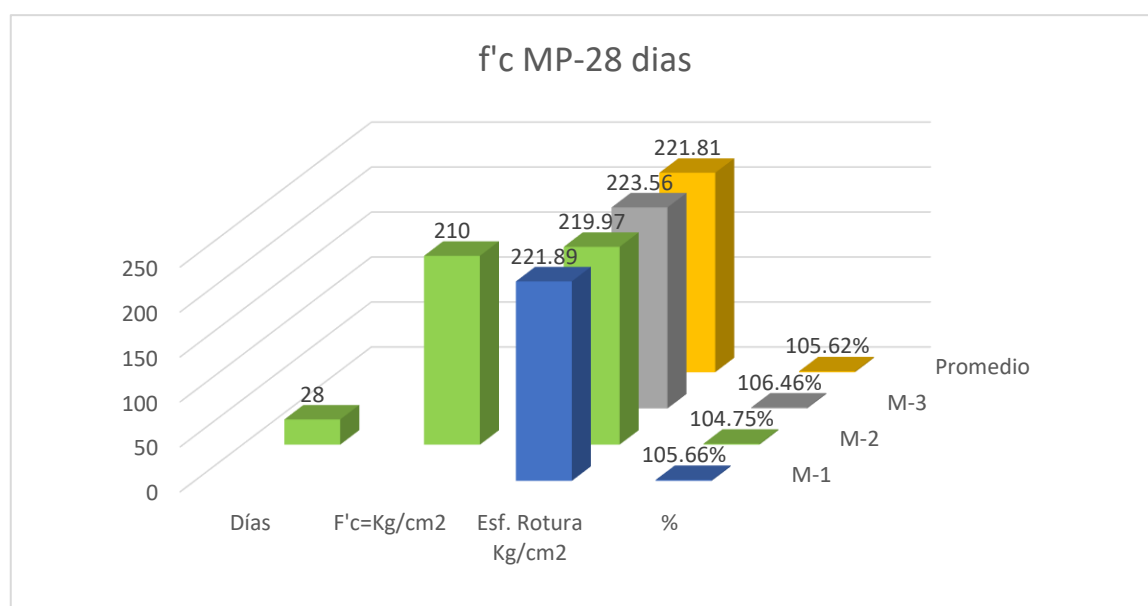
**Tabla 20**

*F'c muestra base a los 28 días*

Ejemplares	Días	Resistencia f'c (kg/cm2)	Esf. de falla (kg/cm2)	%
E-1	28	210	221.89	105.66%
E-2	28	210	219.97	104.75%
E-3	28	210	223.56	106.46%
<b>Prom.</b>	28	<b>210</b>	<b>221.81</b>	<b>105.62%</b>

**Figura 35**

*Datos hallados de f'c MP-28 días*



Después de 28 días, se determinó la  $f'c$  del material utilizando tres Ejemplares de referencia. Los pesos de E-1, E-2 y E-3 fueron de 221,89, 219,97 y 223,56 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, lo que arroja una media de 221,81 kg/cm<sup>2</sup>.

### b. Resist. del C° con 4% de OC

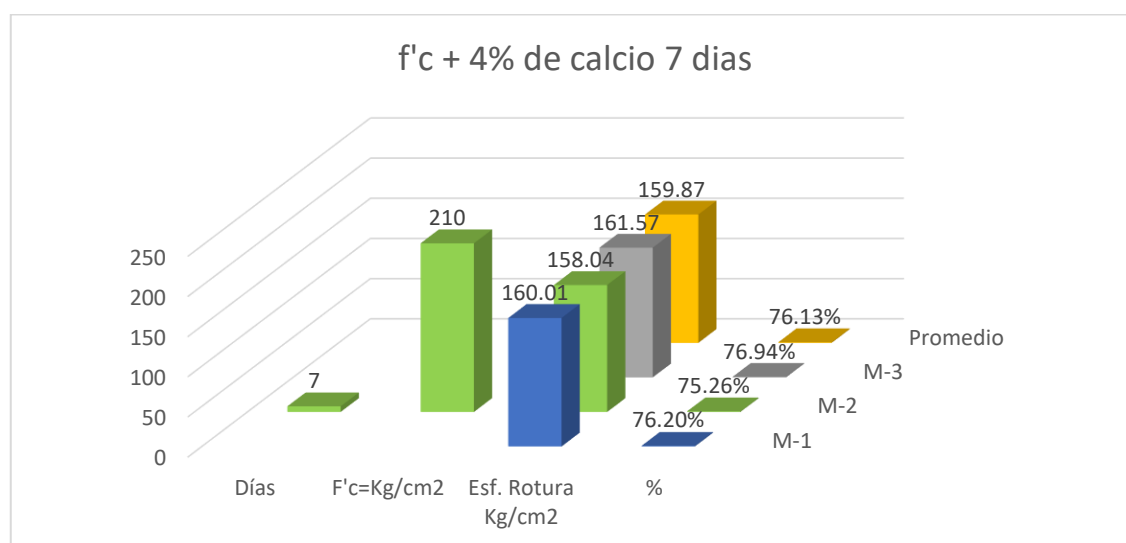
**Tabla 21**

*Resist. del C° con 4% de OC a los 7 días*

Ejemplares	Días	Resistencia $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. de falla (kg/cm <sup>2</sup> )	%
E-1	7	210	160.01	76.20%
E-2	7	210	158.04	75.26%
E-3	7	210	161.57	76.94%
<b>Prom.</b>	<b>7</b>	<b>210</b>	<b>159.87</b>	<b>76.13%</b>

**Figura 36**

*Datos hallados de  $f'c$  + 4% de calcio - 7 días*



Después de siete días, tres ejemplares tratados con OC al 4% mostraron una densidad media de 159,87 kg/cm<sup>2</sup>, con resultados de E-1 = 160,01, E-2 = 158,04 y E-3 = 161,57 kg/cm<sup>2</sup>.

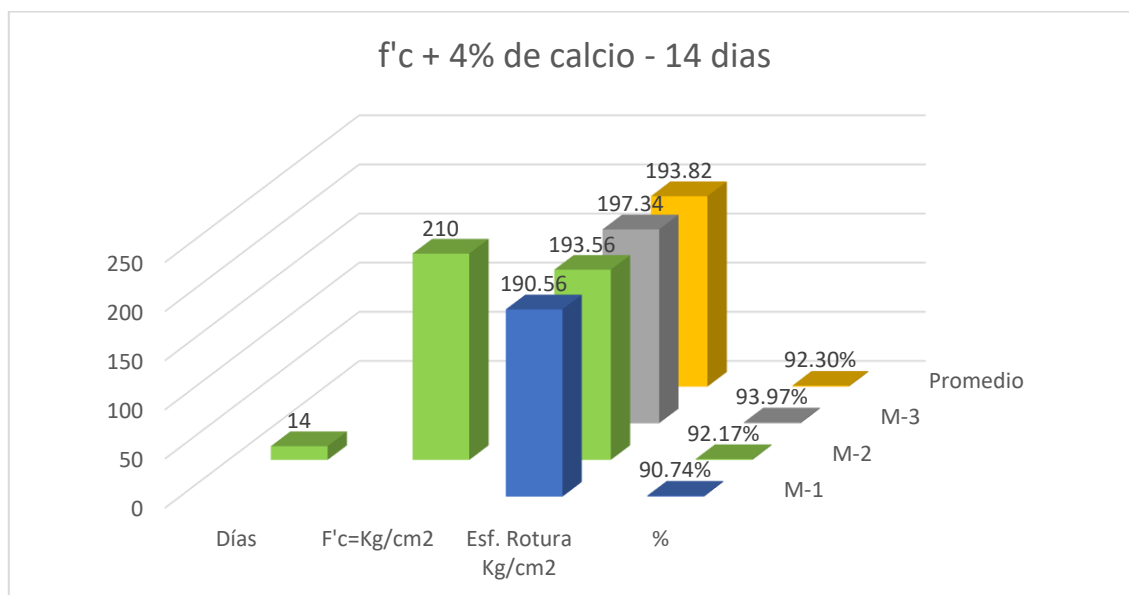
**Tabla 22**

*Resist. del C° con 4% de OC a los 14 días*

Ejemplares	Días	Resistencia f'c (kg/cm2)	Esf. de falla (kg/cm2)	%
E-1	14	210	190.56	90.74%
E-2	14	210	193.56	92.17%
E-3	14	210	197.34	93.97%
<b>Prom.</b>	<b>14</b>	<b>210</b>	<b>193.82</b>	<b>92.30%</b>

**Figura 37**

*Datos hallados de f'c + 4% de calcio - 14 días*



Las resistencias a la compresión de tres Ejemplares se midieron después de 14 días de añadir OC al 4%. El valor medio fue de 193,82 kg/cm<sup>2</sup>, con desviaciones estándar de 190,56, 193,56 y 197,34 kg/cm<sup>2</sup>.

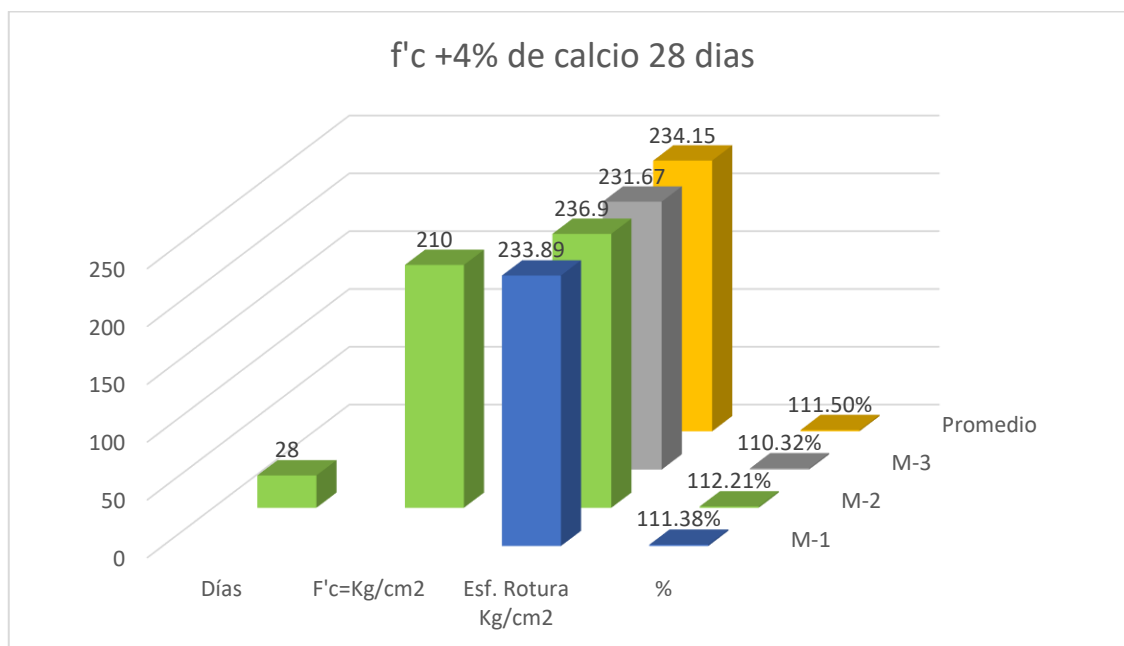
**Tabla 23**

*Resist. del C° con 4% de OC a los 28 días*

Ejemplares	Días	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. de falla (kg/cm <sup>2</sup> )	%
E-1	28	210	233.89	111.38%
E-2	28	210	236.90	112.21%
E-3	28	210	231.67	110.32%
<b>Prom.</b>	28	<b>210</b>	<b>234.15</b>	<b>111.50%</b>

**Figura 38**

*Datos hallados de f'c + 4% de calcio - 14 días*



Las compresiones de tres ejemplares con un 4% de OC se determinaron a los 28 días, con una media de 243,15 kg/cm<sup>2</sup> y resultados de E-1 = 233,89, E-2 = 236,90 y E-3 = 231,67 kg/cm<sup>2</sup>.

### c. Resist. del C° con 8% de Ox.Cal.

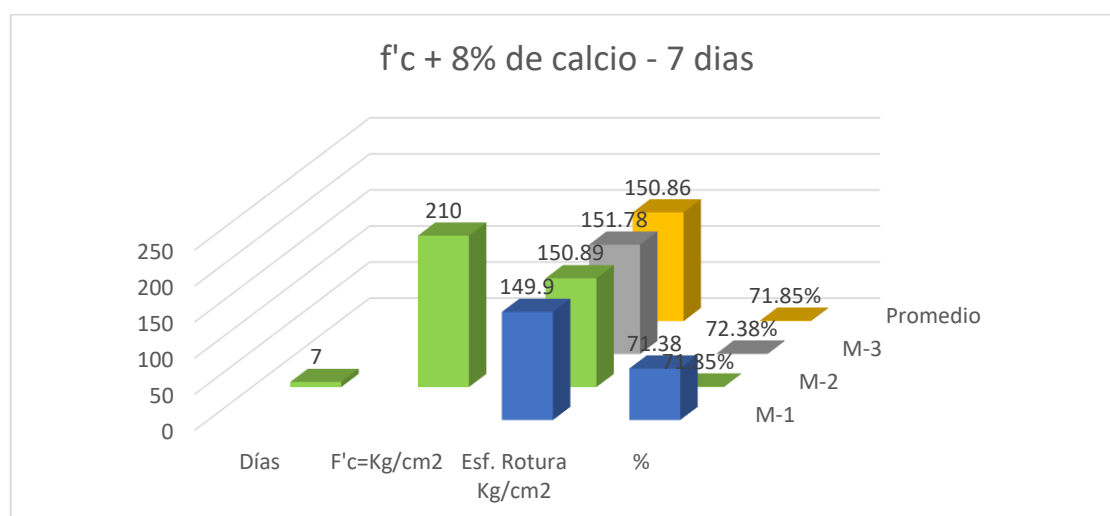
**Tabla 24**

*Resist. del C° con 8% de OC a los 7 días*

Ejemplares	Días	Resistencia f'c (kg/cm2)	Esf. de falla (kg/cm2)	%
E-1	7	210	149.90	71.385
E-2	7	210	150.89	71.85%
E-3	7	210	151.78	72.38%
<b>Prom.</b>	<b>7</b>	<b>210</b>	<b>150.86</b>	<b>71.845%</b>

**Figura 39**

*Datos hallados de f'c + 8% de calcio - 7 días*



Con un 8% de OC añadido a los siete días, tres ejemplares fueron sometidos a pruebas de  $f'c$ , obteniendo densidades de E-1 = 149,90, E-2 = 150,89 y E-3 = 151,78  $\text{kg/cm}^2$ , con un promedio de 150,86  $\text{kg/cm}^2$ .

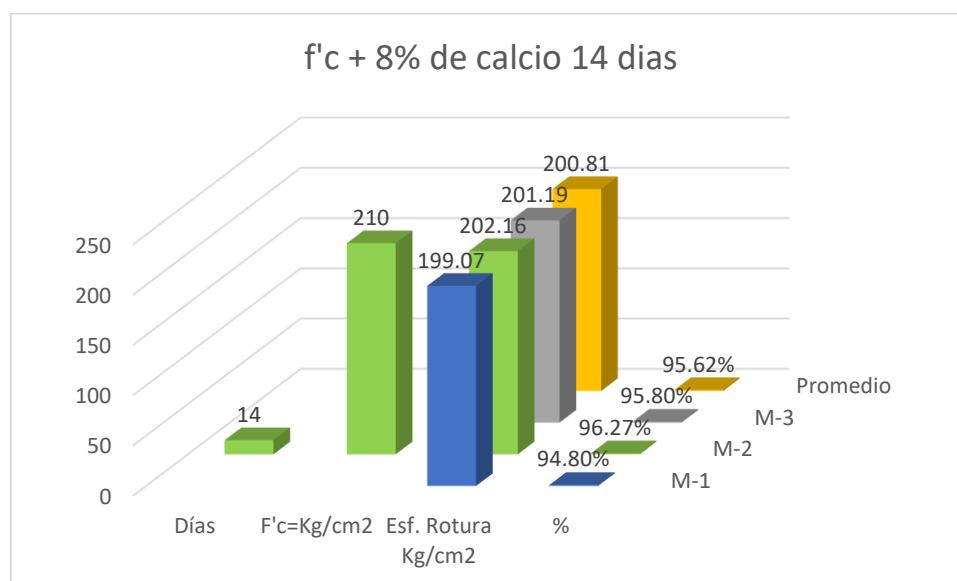
**Tabla 25**

*Resist. del C° con 8% de OC a los 14 días*

Ejemplares	Días	Resistencia $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Esf. de falla ( $\text{kg/cm}^2$ )	%
E-1	14	210	199.07	94.80%
E-2	14	210	202.16	96.27%
E-3	14	210	201.19	95.80%
<b>Prom.</b>	<b>14</b>	<b>210</b>	<b>200.81</b>	<b>95.62%</b>

**Figura 40**

*Datos hallados de  $f'c$  + 8% de calcio – 14 días*



Las resistencias a la compresión de tres Ejemplares se midieron después de 14 días de añadir 8% de Ox.Cal.. Con E-1= 199,07 kg/cm<sup>2</sup>, E-2= 202,16 kg/cm<sup>2</sup>, y E-3= 201,81 kg/cm<sup>2</sup>, el valor medio fue de 200,81 kg/cm<sup>2</sup>.

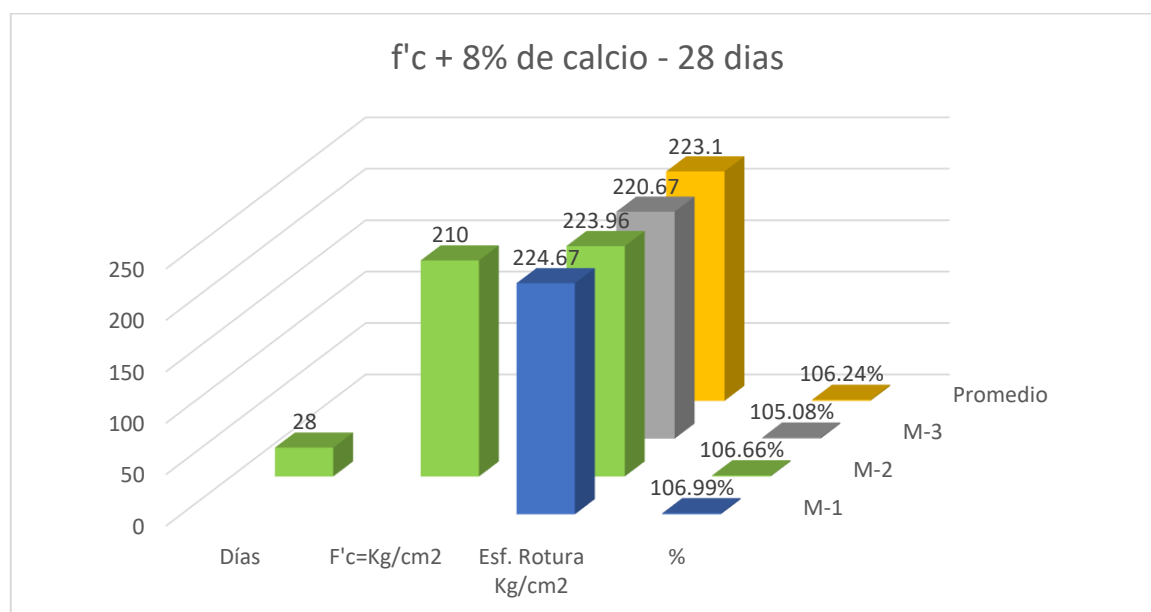
**Tabla 26**

*Resist. del C° con 8% de OC a los 28 días*

Ejemplares	Días	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. de falla (kg/cm <sup>2</sup> )	%
E-1	28	210	224,67	106.99%
E-2	28	210	223.96	106.66%
E-3	28	210	220.67	105.08%
<b>Prom.</b>	28	<b>210</b>	<b>223.1</b>	<b>106.24%</b>

**Figura 41**

*Datos hallados de f'c + 8% de calcio – 28 días*



Tras un período de 28 días, se determinaron las resistencias a la compresión combinando tres Ejemplares que contenían un 8% de Ox.Cal.. La densidad media fue de 223,1 kg/cm<sup>2</sup>, con resultados de E-1 = 224,67, E-2 = 223,96 y E-3 = 220,67 kg/cm<sup>2</sup>.

### d. Resist. del C° con 12% de Ox.Cal.

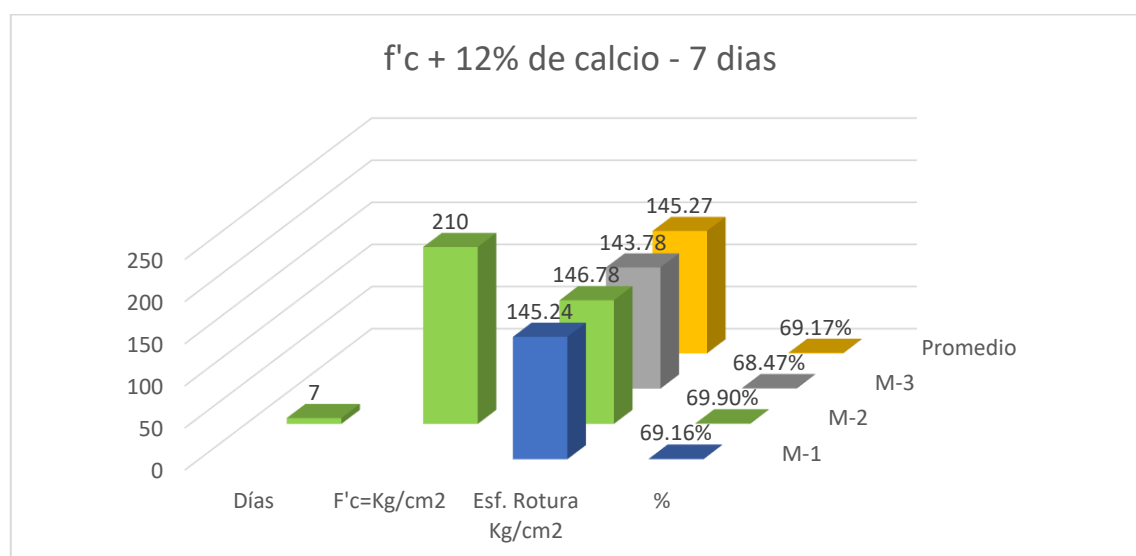
**Tabla 27**

*Resist. del C° con 12% de OC a los 7 días*

Ejemplares	Días	Resistencia f'c (kg/cm2)	Esf. de falla (kg/cm2)	%
E-1	7	210	145.24	69.16%
E-2	7	210	146.78	69.90%
E-3	7	210	143.78	68.47%
<b>Prom.</b>	<b>7</b>	<b>210</b>	<b>145.27</b>	<b>69.17%</b>

**Figura 42**

*Datos hallados de f'c + 12% de calcio – 7 días*



Después de 7 días, se evaluó la  $f'c$  de cuatro ejemplares con un 12% de Ox.Cal., obteniendo un valor medio de 145,27 kg/cm<sup>2</sup> y valores individuales de 145,24, 146,78 y 143,78 kg/cm<sup>2</sup>.

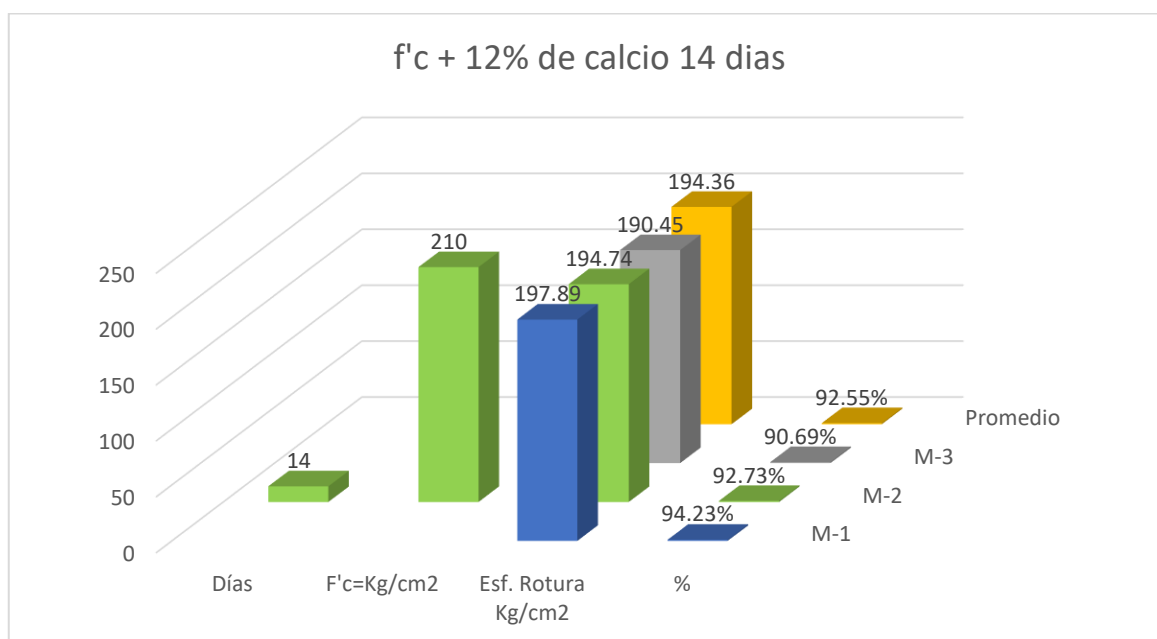
**Tabla 28**

*Resist. del C° con 12% de OC a los 14 días*

Ejemplares	Días	Resistencia $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. de falla (kg/cm <sup>2</sup> )	%
E-1	14	210	197.89	94.23%
E-2	14	210	194.74	92.73%
E-3	14	210	190.45	90.69%
<b>Prom.</b>	<b>14</b>	<b>210</b>	<b>194.36</b>	<b>92.55%</b>

**Figura 43**

*Datos hallados de  $f'c$  + 12% de calcio – 14 días*



Tras 14 días de integración del OC al 12%, la resistencia media a la compresión de tres Ejemplares fue de 194,36 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados revelaron una gama de resistencias a la compresión.

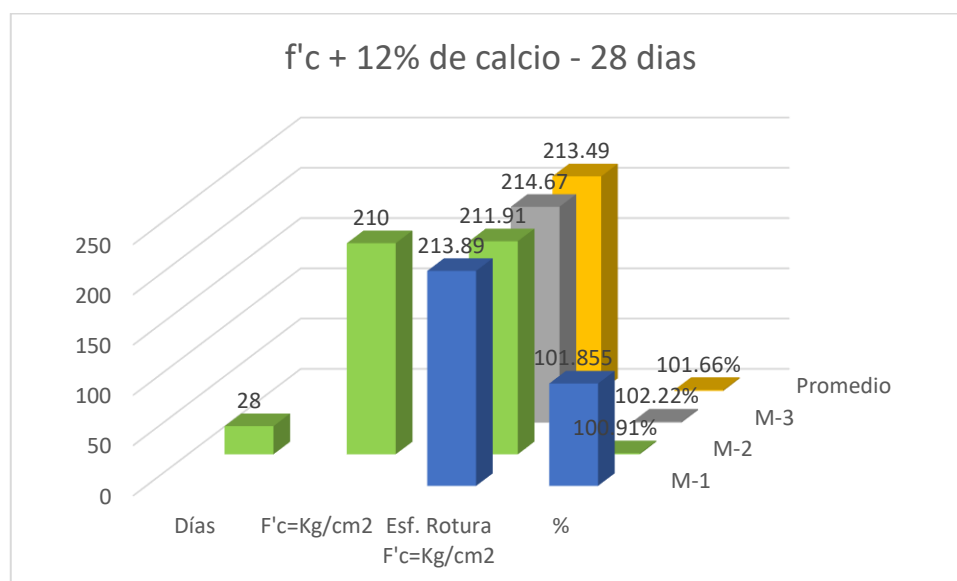
**Tabla 29**

*Resist. del C° con 12% de OC a los 28 días*

Ejemplares	Días	Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia f'c %
E-1	28	210	213.89	101.855
E-2	28	210	211.91	100.91%
E-3	28	210	214.67	102.22%
<b>Prom.</b>	28	<b>210</b>	<b>213.49</b>	<b>101.66%</b>

**Figura 44**

*Datos hallados de f'c + 12% de calcio – 28 días*



Al final del período de 28 días, se determinó la  $f_c$  de tres Ejemplares que contenían un 12% de Ox.Cal.; estas Ejemplares arrojaron valores E-1, E-2 y E-3, con una media de 213,49 kg/cm<sup>2</sup> para la mezcla con un 12% de Ox.Cal..

#### 4.1.4 Resumen de resultados de compresión Prom.

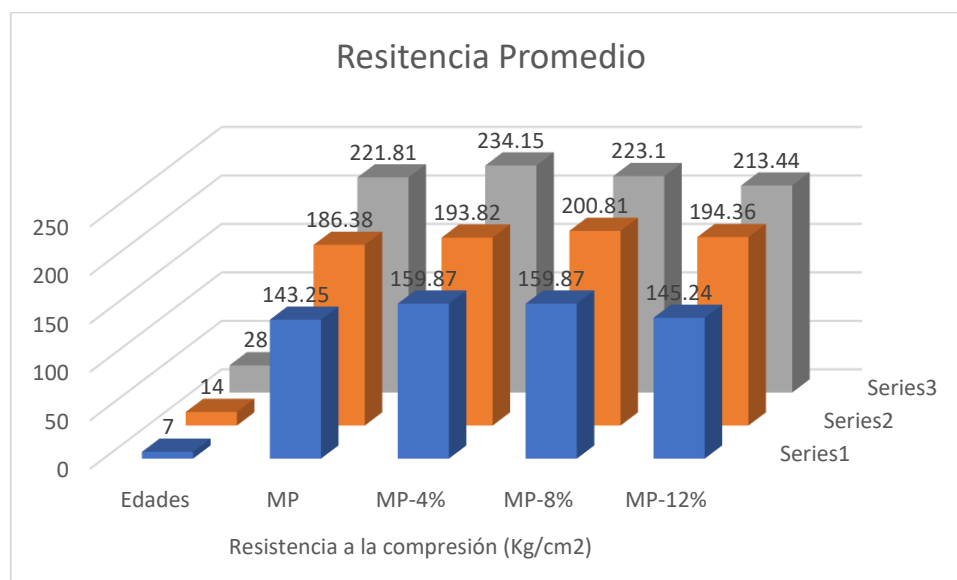
**Tabla 30**

*Resumen de la resistencia Prom.*

Edades	F <sup>c</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )			
	MP	MP-4%	MP-8%	MP-12%
7	143.25	159.87	159.87	145.24
14	186.38	193.82	200.81	194.36
28	221.81	234.15	223.1	213.44

**Figura 45**

*Valores Prom.s de resist. del C° con adición de calcio*



La resistencia de la muestra estándar aumenta de 221,81 a 234,15 kg/cm<sup>2</sup> al añadir un 4% de Ox.Cal.



## 4.2 Discusión de resultados

Para conseguir una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> se tuvieron en cuenta las propiedades mecánicas y físicas de los áridos de la cantera de Cabanillas. Éstas se evaluaron mediante análisis granulométricos y otros parámetros como el peso específico, la absorción, la humedad y los pes. Unit.. Como consecuencia, el peso específico del árido fino fue de 2,57 g/cm<sup>3</sup> y el del grueso de 2,63 g/cm<sup>3</sup>, con unos porcentajes de absorción de 5,67% y 2,13%, respectivamente. El diseño de la mezcla se desarrolló utilizando estos datos.

Tras añadir un 4% de cal a los áridos de la cantera de Cabanillas, se alcanzó una resistencia de 159,87 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, de 193,82 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y de 234,15 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Los datos muestran que la resistencia del hormigón se mejora considerablemente con el paso del tiempo.

El uso de áridos de cantera de Cabanillas y la adición de un 8% de cal dio lugar a resistencias a compresión de 150,86 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, 200,81 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días y 223,10 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, lo que también muestra una disminución con el paso del tiempo en comparación con los áridos de cantera de Cabanillas, pero aun así un aumento.

Los resultados fueron menos elevados cuando se añadió 12% de Ox.Cal.: 145.24 kg/cm<sup>2</sup> a 7 días, 194.36 kg/cm<sup>2</sup> a 14 días, y 213.44 kg/cm<sup>2</sup> a 28 días. Aunque la resistencia fue baja en comparación con la muestra sin aditivos, también se notó una mejora.

En conclusión, el aumento de la f'c del hormigón se consigue añadiendo OC en porcentajes del 4%, 8% y 12%, siendo las concentraciones más bajas del aditivo las que muestran mejores resultados.

## CONCLUSIONES

1. Los resultados muestran que después de 28 días, la  $f'c$  del hormigón ( $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) es mucho mayor tras añadir Ox.Cal.. La adición de un 4% de OC produce los mejores resultados, alcanzando una resistencia de 234,15 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados positivos apoyan la viabilidad y la recomendación de añadir un 4% de OC a la mezcla.
2. Los valores de resistencia para los distintos porcentajes de adición a los 28 días son los siguientes: 0% (221,81 kg/cm<sup>2</sup>), 4% (234,15 kg/cm<sup>2</sup>), 8% (223,10 kg/cm<sup>2</sup>) y 12% (213,44 kg/cm<sup>2</sup>). Los resultados demuestran que el OC aumenta la  $f'c$ , con una concentración efectiva máxima del 4%.

Utilizando un 4% de cal se obtuvo el mejor diseño de mezcla para alcanzar 210 kg/cm<sup>2</sup>, lo que supone una mejora del 5,88% respecto al hormigón fabricado sin aditivos.

3. Las mezclas se comportaron de forma similar al hormigón convencional cuando se les añadió cero, cuatro u ocho por ciento de cal, sin efecto perceptible sobre la trabajabilidad. Sin embargo, la mezcla tiende a fraguar más rápido con un 12% de cal, por lo que habrá que masajearla con mayor rapidez.

Para obtener resultados óptimos en términos de  $f'c$  y coste económico, se recomienda un porcentaje de adición de cal del 4%. Con ello se consigue una mejora sustancial de la resistencia sin aumentar significativamente el coste por metro cúbico de hormigón.



## RECOMENDACIONES

1. Animamos a seguir estudiando la inclusión de cal como opción económica para aumentar la  $f'c$  del hormigón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , con el objetivo de minimizar la dispersión de los resultados en las mezclas, de modo que podamos recoger datos más exactos.
2. En cuanto a la trabajabilidad, se recomienda que el contenido de cal no supere el 8%. Cualquier proporción superior a esta hará que la mezcla fragüe más rápido y sea más difícil de trabajar.
3. Por último, para reducir los costes de fabricación del hormigón sin sacrificar sus cualidades, se aconseja que en futuros estudios se investigue la utilización de sustitutos de la cal que puedan sustituir bien al cemento.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdelatif, Y., Abdel-Aal, G., Fouda, A., & Alsoukarry, T. (2020). Evaluación de nanopartículas de OC de residuos industriales sobre el rendimiento de pastas de cemento endurecido: estudio fisicoquímico.

Albiluz, E. (2020). Aplicación del OC como propuesta de control de la saturación en el material de afirmado. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7840>

Ayuque, E. (2019). Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido utilizando cementos comerciales en la ciudad de Huancavelica. Obtenido de Universidad Nacional de Huancavelica: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3178>

Calabuig, R. (2015). Efecto de la adicción de cal en las propiedades mecánicas y durabilidad de hormigones con alto contenidos en cenizas volantes silíceas.

Chavarry, C., Chavarría, L., A, V., Pereyra, E., Arieta, J., & Reginfo, C. (28 de 02 de 2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. Obtenido de <http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/230>

Concrete, I. A. (2019). Estados Unidos de Norte América. Obtenido de <https://www.concrete.org/>

Cruces, J., & Quinta, F. (2018). Diseños de mezclas del concreto por el método ACI,  $F'c = 210\text{kg/cm}^2$ . Obtenido de Universidad Nacional de San Agustín: <https://xdocs.pl/doc/disenio-de-mezclas-210docx-loxw2q7rv5nx>



Duran, J. C., & Mendoza, R. (2017). Influencia de sílice en el proceso de calcinación para reducir el contenido de quemado en el Ox.Cal.. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4615/IQdualjc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Durand, A. (2017). Influencia del OC en la trabajabilidad fraguado, compresión, densidad, porosidad, y absorción del concreto para elemntos estructurales Trujillo. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.hya.2017.05.004>

García, J. (2017). Elaboración de morteros de cal y bastardos para albañilería fabricados con áridos siderúrgicos. Universidad de Burgos, Burgos, España. Obtenido de <https://riubu.ubu.es/handle/10259/5174>

GONZALES SACSI, S., & TICONA CANSAYA, K. A. (2016). "Evaluación de la influencia de la granulometría de piedra caliza, concentración de carbonato de calcio tiempo de residencia y temperatura de calcinación para mejorar el rendimiento en la obtención de Ox.Cal.. obtenido de universidad nacional de san agustín de arequipa: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2403/IQticaka.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Llatas, E. I. (2015). Resistencia a la compresión axial del concreo utilizando agregado de piedra caliza triturada lavada. Tesis . Universidad privada del norte, Cajamarca.

Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). Norma E060. Obtenido de <http://www3.vivienda.gob.pe/destacados/producto.aspx>



Montoya, C. M. (03 de 01 de 2017). Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad,  $f'c$  y durabilidad del concreto. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193955500001.pdf>

Nemocon, M. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cañamo. Universidad Católica de Colombia, Colombia.

Pacco, J. F. (2016). Efecto de la adición de cal en la  $f'c$  de un concreto. Obtenido de Universidad Nacional del Altiplano - Puno: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3677>

Pacheco, L. (2017). Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Obtenido de <http://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/226>

Padua, C. (2019). Uso del OC en el proceso del concreto para elementos estructurales, en la provincia de Huaura. Obtenido de <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/2930>

Ramirez, M. (2017). Determinación de la manejabilidad de mezclas de concreto de bajo asentamiento utilizando el método de ensayo del consistómetro vebe. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2017/02/09/Ram%C3%ADrez-Maria.pdf>

84

Rocha, F. J. (2016). Uso de carbonato, óxido y sulfato de calcio, en alta concentración en tubos de goteo. Obtenido de <http://www.inovagri.org.br>



Rosell, J. (2018). HORMIGÓN DE CAL PARA LA RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DEL. REHABEND, 7.

Salman, A. M. (2020). Estudio sobre hormigón de alta resistencia con cal y cenizas volantes bajas en calcio. ResearchGate, 9.

Silva, Y., Rojas, J., Gamboa, J., Gordillo, M., & Delvasto, S. (2019). Optimización de la  $f'c$  usando un diseño de mezcla de vértices extremos, en concretos ternarios basados en residuo de mampostería y cal hidratada. Obtenido de Revista EIA: <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1177>.

Vasquez, C. J. (2017). Resistencia en concreto con cemento sustituido en un 5% y 7% por arcilla de Carhuaz - Ancash. Obtenido de [http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/1526/Tesis\\_50979.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/1526/Tesis_50979.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Velásquez, D. (2019).  $F'c$  del concreto, sustituyendo al cemento en 8% y 12% por combinación de cal y ceniza de la planta de maíz. Obtenido de Universidad San Pedro: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14296>

Wu-Jian, Tao-Hua, Y., Li-Xiao, L., & Gan-Lin, F. (2020). Mecanismo de inhibición y caracterización electroquímica de la lixiviación de calcio de compuestos de cemento reforzado con óxido de grafeno.



# ANEXOS



## **ANEXO 01**

### **MATRIZ DE CONSISTENCIA**



### Matriz de consistencia

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE OXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cómo será las propiedades mecánicas de un concreto elaborado con la adición de Ox.Cal. en la ciudad de Puno?	Analizar las propiedades mecánicas de un concreto elaborado con la adición de Ox.Cal. en la ciudad de Puno.	La adición de Ox.Cal. mejora las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Puno	VD: Propiedades mecánicas del concreto.	Pruebas de granulométrico Peso unitario, absorción y humedad. Ensayo de compresión	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	VI: Ox.Cal..	Proporciones 0%, 4%, 8% y 12% de Ox.Cal..	<b>Nivel:</b> Descriptivo
¿Cómo será la caracterización del agregado de la cantera Cabanillas?	Determinar la caracterización del agregado de la cantera Cabanillas.	Los agregados de la cantera Cabanillas son positivos para el diseño de un concreto.			
¿Cómo será el diseño de mezclas con la adición de Ox.Cal. en la ciudad de Puno?	Determinar el diseño de mezclas con la adición de Ox.Cal. en la ciudad de Puno.	El diseño de mezclas optimo con los agregados de la cantera Cabanillas varia con respecto a la cantidad de Pruebas.			
¿Cuál será la trabajabilidad del concreto con la adición de Ox.Cal. en la ciudad de Puno?	Analizar la trabajabilidad del concreto con la adición de Ox.Cal. en la ciudad de Puno	La adición de Ox.Cal. es positiva en la trabajabilidad de un concreto.			
¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto con la adición 4%, 8% y 12% de Ox.Cal. en la ciudad de Puno?	Analizar la resistencia a compresión del concreto con la adición 4%, 8% y 12% de Ox.Cal. en la ciudad de Puno	La adición de Ox.Cal. aumenta la resistencia a la compresión del concreto.			



## **ANEXO 02**

### **PRUEBAS DE LABORATORIO**



### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.022:2013-NTP 400.021:2013)

**PROYECTO :** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO

**SOLICITANTE :** Bach. FREDY RONALD CURAS BÉNITO

**UBICACIÓN :** Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

**CANTERA :** CABANILLAS

**FECHA :** 25 de Julio del 2024

### ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS AGREGADO FINO

Malla	Peso retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Que pasa
3/8"		0.00	0.00	100.00
No4	14.99	0.70	0.70	99.30
No8	372.01	17.49	18.19	81.81
No16	537.09	25.25	43.44	56.56
No30	584.20	27.46	70.90	29.10
No 50	374.09	17.58	88.48	11.52
No100	181.02	8.51	96.99	3.01
No200	49.00	2.30	99.29	0.71
FONDO	15.00	0.71	100.00	0.00
SUMA	2127.40	100.00		

Observaciones sobre el análisis granulométrico

Mf= MÓDULO DE FINEZA

2.71%

Mf=suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz /100

ENSAYO	1	2	Promedio
Wo= Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	489.40	492.10	490.75
v= Volumen del frasco (cm3)	500.00	500.00	500.00
Va= Peso en gr o vol. Cm3 del agua añadida al frasco	304.50	307.15	305.83
a. Peso específico de la masa $Pe=Wo/(V-Va)$	2.50	2.55	2.53
b. Peso específico de la masa Saturada con superficie seca $Pesss=500/(V-Va)$	2.56	2.59	2.58
c. Peso específico Aparente $Pea=Wo/((V-Va)-(500-Wo))$	2.65	2.66	2.65
d. Absorción $Ab=((500-Wo)*100/Wo)$	3.68%	5.66%	5.67%

Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A.  
JEFATURA  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
103267



## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(NTP 400.022:2013-NTP 400.021:2013)

**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUÑO

**SOLICITANTE** : Bach FREDY RONALD CURASI BENTO

**UBICACIÓN** : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

**CANTERA** : CABANILLAS

**FECHA** : 25 de Julio del 2024

## ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS AGREGADO GRUESO

Malla	Peso retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Que pasa
2"				100.00%
1 1/2"	38.100	430.01	5.58	94.32
1	25.400	1501.01	19.48	74.50
3/4"	19.050	1069.00	13.87	60.38
1/2"	12.700	1683.05	21.84	38.15
3/8"	9.525	945.01	12.26	25.67
4	6.350	1309.02	16.99	8.39
FONDO	9.01	0.12	100.00	0.00
SUMA	7572.17	100.00		
Observaciones sobre el análisis granulométrico.				
Mf= MÓDULO DE FINEZA			5.98%	

Mf= suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz /100

ENSAYO	1	2	Promedio
A= Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	5926.00	5926.00	5926.00
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	6000.00	6000.00	6000.00
C= Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	3798.52	3773.68	3786.10
a. Peso específico de la masa $P_e = A/(B-C)$	2.69	2.66	2.68
b. Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca $P_{ess} = B/(B-C)$	2.73	2.70	2.71
c. Peso específico Aparente $P_{ea} = A/(A-C)$	2.79	2.75	2.77
d. Absorción $[(B-A) \cdot 100]/A$	2.14%	2.15%	2.13%

Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FIGP - CAP. INGENIERIA CIVIL

M.Sc. ARNALDO YANA TORRES  
CIP. 103257



## CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)

ASTM D-2216 MTC E 108-2000

**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUÑO

**SOLICITANTE** : Bach. FREDY RONALD CURASI BENITO

**UBICACIÓN** : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

**CANTERA** : CABANILLAS

**FECHA** : 01 de Agosto del 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

ENSAYO N°	1	2
Peso del recipiente (g)	0.00	0.00
Peso del recipiente (g) + Muestr. Hum. (g)	395.6	395.6
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	328.2	328.2
Peso del agua (g).	10.85	10.74
Peso de Muestra Seca. (g).	328.17	328.17
Contenido de Humedad. (%)	3.31	3.27
Contenido de Humedad Promedio (%)	3.29%	

### CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO

ENSAYO N°	1	2
Peso del recipiente (g)	0.00	0.00
Peso del recipiente (g) + Muestr. Hum. (g)	422.20	422.20
Peso del Recipiente + Muestr.Seca.(g)	348.20	348.20
Peso del agua (g).	6.98	6.84
Peso de Muestra Seca. (g).	348.20	348.20
Contenido de Humedad. (%)	2.00	1.96
Contenido de Humedad Promedio (%)	1.98%	

Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante!

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL

*Mstr. Arnaldo Yana Torres*  
C.P. 103257



## NTP 400.017:2011 PESOS UNITARIOS

**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. FREDY RONALD CURAS BENITO

**UBICACIÓN** : Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

**CANTERA** : CABANILLAS

**FECHA** : 01 de Agosto del 2024

### AGREGADO FINO SUELTO

PESO DEL MOLDE	6547	6547	6547
VOLUMEN DEL MOLDE	2110	2110	2110
COLOCACION DE LA MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	10075	10072	10075
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3528	3525	3528
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.672	1.671	1.672
PROMEDIO		1.672	

### VARILLADO/COMPACTADO

PESO DEL MOLDE	6547	6547	6547
VOLUMEN DEL MOLDE	2110	2110	2110
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPAS	25	25	25
COLOCACION DE LA MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	10496	10494	10495
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3949	3947	3948
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.872	1.871	1.871
PROMEDIO		1.871	

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

  
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL  
 UANCV



### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS

## AGREGADO GRUESO SUELTO

PESO DEL MOLDE	6547	6547	6547
VOLUMEN DEL MOLDE	2110	2110	2110
COLOCACION DE LA MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	8767	8763	8766
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	2220	2216	2219
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.052	1.050	1.052
PROMEDIO		1.051	

## VARILLADO/COMPACTADO

PESO DEL MOLDE	6547	6547	6547
VOLUMEN DEL MOLDE	2110	2110	2110
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPAS	25	25	25
COLOCACION DE LA MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	8934	8934	8936
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	2387	2387	2389
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.131	1.131	1.132
PROMEDIO			

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Mtr. Arnaldo Yana Torres



### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS

## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO CON LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUNO

**SOLICITANTE:** Bach. FREDY RONALD CURASI BENITO

**UBICACIÓN:** Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

**CANTERA:** CABANILLAS

**FECHA:** 25 de Julio del 2024

### Resumen de resistencia a la compresión de 7 días concreto patrón

Muestras	Días	F' <sub>c</sub> =Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F' <sub>c</sub> =Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1	7	210	142.45
CP-2	7	210	145.78
CP-3	7	210	141.53
<b>Promedio</b>			<b>143.25</b>

### Resumen de resistencia a la compresión de 14 días concreto patrón

Muestras	Días	F' <sub>c</sub> =Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F' <sub>c</sub> =Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1	14	210	189.34
CP-2	14	210	185.89
CP-3	14	210	183.9
<b>Promedio</b>			<b>189.34</b>

### Resumen de resistencia a la compresión de 28 días concreto patrón

Muestras	Días	F' <sub>c</sub> =Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F' <sub>c</sub> =Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1	28	210	221.89
CP-2	28	210	219.97
CP-3	28	210	223.56
<b>Promedio</b>			<b>221.89</b>



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUES  
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
103257



# TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUES  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

## Resumen de resistencia a la compresión de 7 días con 4% de óxido de calcio

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 4% CR	7	210	160.01
CP-2 + 4% CR	7	210	158.04
CP-3 + 4% CR	7	210	161.57
<b>Promedio</b>			<b>159.87</b>

## Resumen de resistencia a la compresión de 14 días con 4% de óxido de calcio

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 4% CR	14	210	190.56
CP-2 + 4% CR	14	210	193.56
CP-3 + 4% CR	14	210	197.34
<b>Promedio</b>			<b>193.82</b>

## Resumen de resistencia a la compresión de 28 días con 4% de óxido de calcio

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 4% CR	28	210	233.89
CP-2 + 4% CR	28	210	236.9
CP-3 + 4% CR	28	210	231.67
<b>Promedio</b>			<b>234.15</b>

## Resumen de resistencia a la compresión de 7 días con 8% de óxido de calcio

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 12% CR	7	210	149.9
CP-2 + 12% CR	7	210	150.89
CP-3 + 12% CR	7	210	151.78
<b>Promedio</b>			<b>150.86</b>

## Resumen de resistencia a la compresión de 14 días con 8% de óxido de calcio

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 12% CR	14	210	199.07
CP-2 + 12% CR	14	210	202.16
CP-3 + 12% CR	14	210	201.19
<b>Promedio</b>			<b>200.81</b>



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUES  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103257



# TESIS UANCV

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



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

## Resumen de resistencia a la compresión de 28 días con 8% de óxido de calcio.

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 12% CR	28	210	224.67
CP-2 + 12% CR	28	210	223.96
CP-3 + 12% CR	28	210	220.67
<b>Promedio</b>			<b>222.32</b>

## Resumen de resistencia a la compresión de 7 días con 12% de óxido de calcio

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 18% CR	7	210	145.24
CP-2 + 18% CR	7	210	146.78
CP-3 + 18% CR	7	210	143.78
<b>Promedio</b>			<b>145.27</b>

## Resumen de resistencia a la compresión de 14 días con 12% de óxido de calcio

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 18% CR	14	210	197.89
CP-2 + 18% CR	14	210	194.74
CP-3 + 18% CR	14	210	190.45
<b>Promedio</b>			<b>194.36</b>

## Resumen de resistencia a la compresión de 28 días con 12% de óxido de calcio

Muestras	Días	F'c=Kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Rotura F'c=Kg/cm <sup>2</sup>
CP-1 + 18% CR	28	210	213.89
CP-2 + 18% CR	28	210	211.91
CP-3 + 18% CR	28	210	214.67
<b>Promedio</b>			<b>213.49</b>

## Resumen de la resistencia a la compresión promedio

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )				
Edades	CP	CP-4%	CP-8%	CP-12%
7	143.25	159.87	159.87	145.24
14	186.38	193.82	200.81	194.36
28	221.81	234.15	223.15	213.44

Nota: las muestras fueron puestas por el solicitante.

  
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
 JEFATURA  
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
 UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL





## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D4216 - D2216 - D427 + D2487)

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO ELABORADO

CON LA ADICIÓN DE ÓXIDO DE CALCIO EN LA CIUDAD DE PUÑO

**SOLICITANTE:** Bach. FREDY RONALD CURASI BENITO

**UBICACIÓN:** Laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV

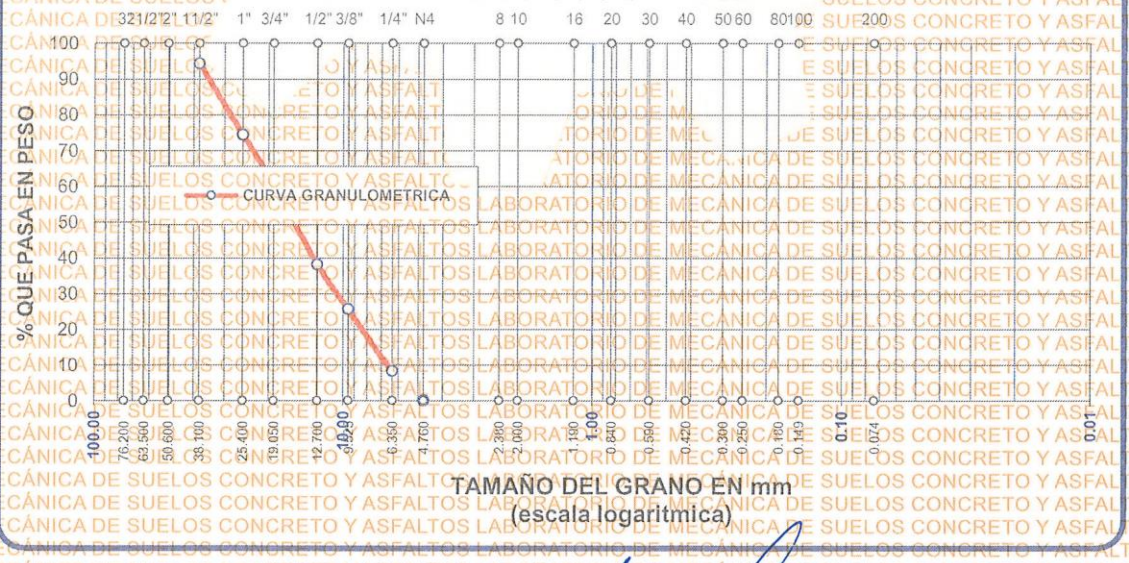
**CANTERA:** CABANILLAS

**FECHA:** 25 de Julio del 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	MATERIAL OBTENIDO
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.600					
1 1/2"	38.100	430.01	5.68	5.68	94.32	GRAVA GRUESA
1"	25.400	1501.01	19.82	25.50	74.50	GRAVA FINA
3/4"	19.050	1069.00	14.12	39.62	60.38	
1/2"	12.700	1683.05	22.23	61.85	38.15	ARENA GRUESA
3/8"	9.525	945.01	12.48	74.33	25.67	
1/4"	6.350	1309.02	17.29	91.61	8.39	ARENA MEDIA
No4	4.760	626.06	8.27	99.88	0.12	
No8	2.380					ARENA FINA
No10	2.000					
No16	1.190					LIMOS
No20	0.840					
No30	0.590					
No40	0.420					
No 50	0.300					
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149					
No200	0.074					
BASE		9.01	0.12	100.00	0.00	
TOTAL		7572.17	100.00			

### CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



Nota: las muestras fueron puestas

LABORATORIO M.S.C.A. FEATURA

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUES  
OFICINA DE INGENIERIA CIVIL

*Fredy Ronald Curasi Benito*



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 31/12/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Jredy Ronald Curosi Bonito

Dirección: Urb. Virgen de las Mercedes 112 "F" 21 13

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71038142

Teléfono: 935745417 email: Ronald bonito54@gmail.com

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

Dirección: \_\_\_\_\_

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

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

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Ingeniería y Ciencias Paras

Escuela Profesional o Mención: Ingeniería Civil

Título o Grado Académico a optar: Ingeniero Civil

Asesor: Mgtr Franz Joseph Bara hona aproado

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: Análisis de la resistencia mecánica de un Concreto elaborado con la adición de óxido de calcio en la ciudad de puno

Palabras claves, (3 a 5 términos): Concreto, óxido de calcio, trabajabilidad.

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

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: Tecnología de la Construcción - P17

*[Handwritten signature]*

Firma de Autor



huella digital

31 de diciembre del 2009

Fecha