



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL HORMIGÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y EL HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, PARA CONSTRUCCIÓN DE PISOS EN VIVIENDAS ECO AMIGABLES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

ELIANA PAOLA PONCE LÓPEZ

VANESSA ALEXANDRA RICARDO POZO

**TUTOR:**

ARQ. GILDA GRACIELA RUBIRA GÓMEZ, Mg.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA  
ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL HORMIGÓN DE FIBRA  
DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y EL HORMIGÓN CON  
CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, PARA CONSTRUCCIÓN DE  
PISOS EN VIVIENDAS ECO AMIGABLES EN LA PROVINCIA  
DE SANTA ELENA”

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTOR:**

ELIANA PAOLA PONCE LÓPEZ  
VANESSA ALEXANDRA RICARDO POZO

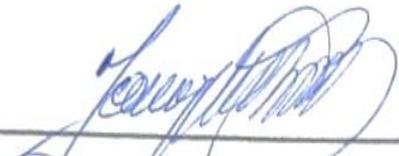
**TUTOR:**

ARQ. GILDA GRACIELA RUBIRA GÓMEZ, Mg.

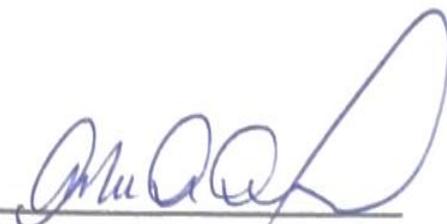
LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

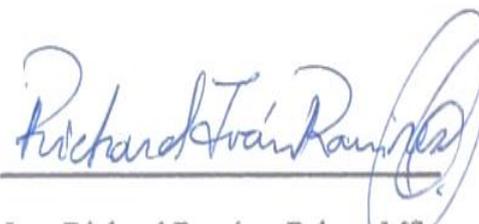
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.   
Ing. Johny Raúl Villao Borbor, MSc.

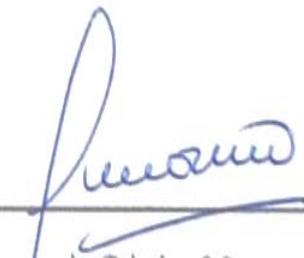
**DIRECTOR DE CARRERA**

f.   
Arq. Gilda Graciela Rubira Gómez, Mgtr.

**DOCENTE TUTOR**

f.   
Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.

**DOCENTE ESPECIALISTA**

f.   
Ing. Lucrecia Cristina Moreno, PhD

**DOCENTE UIC**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de Integración Curricular está dedicado especialmente a Dios, él que ha sido mi fortaleza y mi sustento día a día, llenándome de bendiciones y permitiéndome llegar a mi meta tan anhelada.

A mis padres Bélgica López y Miguel Ponce por darme su amor y confianza, y por siempre motivarme a seguir adelante.

A mis hijos Pamela y Guillermo Castro Ponce que han sido mi motor, mi inspiración para no desmayar y lograr terminar mi carrera profesional.

A mis hermanos Angel Gabriel, Johnny Marcelo, José Gregorio y Carlos David que los amo con mi vida gracias por estar conmigo siempre.

A mi pareja Diego Plúas que desde el día uno ha estado conmigo dándome siempre palabras de motivación y apoyándome en lo que necesite.

A mis familiares en general gracias por siempre darme una palabra de motivación, por confiar en mí y brindarme sus respetos y consideración.

***ELIANA PAOLA PONCE LÓPEZ***

Este trabajo de titulación se lo dedico a Dios por darme la fortaleza y sabiduría de seguir adelante en mis estudios y cumplir mi meta de ser una profesional.

A mis padres Alexandra Pozo Pozo y Alfonso Ricardo Del Pezo por ser un ejemplo para seguir ya que ellos me han apoyado desde mis inicios en mi vida estudiantil y son mi motor principal para terminar mi tesis.

A mis hermanos Wellington, Kevin y Melanie Ricardo Pozo quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer.

A mi pareja Elvis Rivera Beltrán por su sacrificio, por su esfuerzo para salir adelante y por su apoyo incondicional.

A mi hija Mia Rivera Ricardo y a mi sobrina Shelmy Ricardo Chonata por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día.

Al resto de mis familiares agradecida con cada uno de ellos por creer en mí y apoyarme en cada decisión de mis proyectos.

A Eliana Ponce López mi amiga, mi compañera de tesis ya que el camino no ha sido fácil, pero gracias por apoyarme para así superar cada obstáculo que se nos presentó en el camino, así que inmensamente estoy agradecida y me siento feliz por culminar una etapa más llena de éxitos para nuestra carrera profesional.

***VANESSA ALEXANDRA RICARDO POZO***

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## CERTIFICADO ANTIPLAGIO

**DOCENTE MSc. ARQ. GILDA RUBIRA GOMEZ**

ID del documento: 1484c9340f91dea508ffe27a8d3d01b3d59ae954

La Libertad, noviembre 26 del 2023

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL HORMIGON DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y EL HORMIGON CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, PARA CONSTRUCCION DE PISOS EN VIVIENDAS ECO AMIGABLES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA", elaborado por las estudiantes ELIANA PAOLA PONCE LOPEZ, C.I.0924741408 Y VANESSA ALEXANDRA RICARDO POZO, C.I. 2450489873, de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema Anti plagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 1% de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Cordialmente.

  
**Arq. Gilda Rubira Gómez, MSc.**  
**C.I.: 0904978079**  
**DOCENTE TUTOR**

P.D.- Adjunto Informe de Análisis Copilatio  
C.c.- Archivo

# REPORTE DE SIMILITUD



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



## TESIS CAÑA Y PAPEL - PONCE Y RICARDO

< 1%  
 Textos sospechosos

0

- < 1% Similitudes
- < 1% Idioma no reconocido
- 0% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS CAÑA Y PAPEL - PONCE Y RICARDO.pdf    Depositante: GLDA GRACIELA RUIBIRA GÓMEZ    Número de palabras: 13.198  
 ID del documento: 1484c9342f91de2508f1e27a8d3001b3d59ae954    Fecha de depósito: 27/11/2023    Número de caracteres: 89.083  
 Tamaño del documento original: 2.81 MB    Tipo de carga: interfaz    fecha de fin de análisis: 27/11/2023

Ubicación de las similitudes en el documento



### Fuentes de similitudes

#### Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	es.wikipedia.org   Caña de azúcar - Wikipedia, la enciclopedia libre <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar">https://es.wikipedia.org/wiki/Ca%C3%B1a_de_az%C3%BAcar</a>	< 1%		Fuente detectada: 17/11/2023

#### Fuentes con similitudes fortuitas

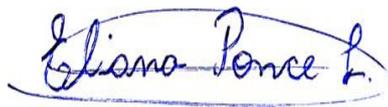
Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uta.edu.ec   Análisis de la influencia de la velocidad de carga, en la... 			

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **ELIANA PAOLA PONCE LÓPEZ** y **VANESSA ALEXANDRA RICARDO POZO**, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL HORMIGÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y EL HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, PARA CONSTRUCCIÓN DE PISOS EN VIVIENDAS ECO AMIGABLES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

**Atentamente,**



---

**Eliana Paola Ponce López**

**AUTOR DE TESIS**

**C.I. 0924741408**



---

**Vanessa Alexandra Ricardo Pozo**

**AUTOR DE TESIS**

**C.I. 2450489873**

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR



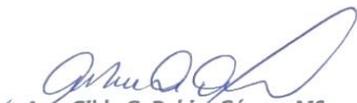
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICADO DOCENTE TUTOR**  
**ARQ. GILDA RUBIRA GOMEZ, MSc.**  
**TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACION**  
**Universidad Estatal Península de Santa Elena**

La Libertad, Noviembre 27 del 2023

Certifico en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL HORMIGON DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y EL HORMIGON CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, PARA CONSTRUCCION DE PISOS EN VIVIENDAS ECO AMIGABLES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA", elaborado por las estudiantes ELIANA PAOLA PONCE LOPEZ, C.I.0924741408 y VANESSA ALEXANDRA RICARDO POZO, C.I. 2450489873, de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

  
Arq. Gilda G. Rubira Gómez, MSc  
C.I.: 0904978079  
DOCENTE TUTOR

C.c.- Archivo

# CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA

La Libertad, noviembre 30 del 2023.

Lic. ALEXI JAVIER HERRERA REYES

*Magíster En Diseño Y Evaluación  
De Modelos Educativos*

## Certifica:

Que después de revisar el contenido del trabajo de integración curricular en opción al título de INGENIERO CIVIL de: PONCE LÓPEZ ELIANA PAOLA & RICARDO POZO VANESSA ALEXANDRA, cuyo tema es: “ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL HORMIGÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y EL HORMIGÓN CON FIBRA DE CAÑA, PARA CONSTRUCCION DE PISOS EN VIVIENDAS ECO AMIGABLES, EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”, me permito declarar que el trabajo investigativo se encuentra idóneo y puede ser expuesto ante el jurado respectivo para la defensa del tema en mención.

Es todo cuanto puedo manifestar en honor a la verdad.



Docente de Español A: Literatura  
C.I. 0924489255  
Reg. Senescyt: 1050-14-86052904  
Teléfono: 0962989420  
e-mail: alexiherrerareyes@hotmail.com

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios principalmente por darme la vida, llenarme de fortalezas y conocimientos, por brindarme la oportunidad de terminar mis estudios y llegar ser la profesional que he anhelado con todo mi ser.

A mi familia que siempre me han apoyado dándome palabras de motivación para seguir adelante, mi madre que siempre me ha impulsado y fortalecido con cada una de sus oraciones, mi hija Pamela que como siempre le he dicho ha sido mi ayuda idónea siempre ayudándome en casa con su hermano, yo se hija que te hice madurar muy rápido, pero si no hubiera sido por tu ayuda, esta mujer no hubiera podido dejar ciertas responsabilidades, tú siempre estuviste ahí para ayudar a mamá.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Península de Santa Elena ya que cada uno de ellos a lo largo de mi carrera me aporó con sus conocimientos para fortalecerme como profesional y principalmente a mi tutora la Arq. Gilda Rubira por guiarme y estar siempre dispuesta con sus conocimientos para la elaboración de mi trabajo de titulación.

A mis amigos Carlos, Jefferson, Josue, Emanuel y con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas les agradezco por su apoyo, amabilidad y compañía en los momentos de estrés, de alegría y de sacrificios para poder culminar esta meta, en especial a mi compañera de tesis, mi amiga Vanessa Ricardo que a pesar de toda la presión que nos causamos hemos logrado culminar esta carrera, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad los quiero mucho.

***ELIANA PAOLA PONCE LÓPEZ***

Agradezco a Dios porque me permitió que acabe una etapa más en mi vida estudiantil, por brindarme sabiduría y bendiciones.

A mi familia que me brinda su confianza y apoyo incondicional desde el inicio de mi carrera, a mis padres que me han sabido comprender en esta etapa estudiantil, a mis hermanos que me ayudaron en lo necesario, a mi tía Jacinta Del Pezo, a mi tío Rosendo Pozo y a mi tío Pablo Pozo que me brindaron su consejo y ánimos para salir adelante.

A mis amigos Jefferson Suarez, Josué Suarez, Emmanuel Gonzabay y Carlos Laínez por brindarme ese ánimo de que si se puede superar cada obstáculo juntos.

A Diego Plúas por brindarme su amistad, confianza, y apoyo en este proyecto de investigación.

A mi tutora de tesis la arquitecta Gilda Rubira por motivarme, por su aporte importante y participación en el desarrollo de la tesis.

Al laboratorio de suelos, hormigones y asfalto que nos prestaron sus instalaciones para poder realizar los ensayos de nuestra tesis.

A los docentes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena de la Carrera de Ingeniería Civil por enseñarme, por compartir sus conocimientos y guiarme para ser una persona profesional.

***VANESSA ALEXANDRA RICARDO POZO***

# TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO .....	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	vii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	viii
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGÍA .....	ix
AGRADECIMIENTOS .....	x
TABLA DE CONTENIDO .....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xvi
LISTA DE TABLAS .....	xix
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT .....	xxii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	23
1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.2. ANTECEDENTES.....	25
1.3. HIPÓTESIS.....	27
1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	27
1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	27
1.4. OBJETIVOS .....	28
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	28
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
1.5. ALCANCE .....	28
1.6. VARIABLES.....	29
1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	29
1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	29
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	30
2.1. HORMIGÓN.....	30
2.2. TIPOS DE HORMIGÓN .....	30
2.2.1. HORMIGÓN ARMADO.....	31

2.2.2. HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA (HAR). .....	31
2.2.3. HORMIGÓN PRETENSADO Y POSTENSADO. ....	31
2.2.4. HORMIGÓN POSTENSADO. ....	32
2.2.5. HORMIGÓN DE ALTO DESEMPEÑO (HAD). ....	32
2.2.6. HORMIGÓN LIGERO. ....	33
2.2.7. HORMIGÓN AIREADO O CELULAR. ....	33
2.2.8. HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO (HCR). ....	34
2.2.9. HORMIGÓN PROYECTADO. ....	34
2.2.10. HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS. ....	34
2.2.11. HORMIGÓN TRASLUCIDO. ....	35
2.2.12. HORMIGÓN ANTIBACTERIANO Y FUNGICIDA. ....	35
2.2.13. HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE (HAC). ....	36
2.2.14. HORMIGÓN DRENANTE. ....	36
2.2.15. HORMIGÓN CICLÓPEO. ....	36
2.2.16. HORMIGÓN DE ALTA DENSIDAD. ....	37
2.2.17. HORMIGÓN EXCAVABLE. ....	37
2.3. COMPONENTES DEL HORMIGÓN. ....	38
2.3.1. CEMENTO. ....	38
2.3.2. AGREGADOS. ....	41
2.3.3. AGUA. ....	46
2.3.4. ADITIVO. ....	47
2.4. DISEÑO DE LA MEZCLA. ....	48
2.4.1. MÉTODO ACI. ....	48
2.5. PAPEL RECILADO. ....	51
2.5.1. FABRICACIÓN DEL PAPEL. ....	52
2.5.2. IMPACTO AMBIENTAL DEL PAPEL. ....	52
2.5.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA. ....	53
2.6. CAÑA DE AZÚCAR. ....	53
2.6.1. CAÑA DE AZÚCAR EN EL MUNDO. ....	53
2.6.2. SECTOR AGRÍCOLA ECUATORIANO. ....	54
2.6.3. BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN ECUADOR. ....	54
2.6.4. USOS BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN ECUADOR. ....	54
2.6.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR. ....	55

2.6.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CENIZA DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR. ....	55
2.7. NORMAS AMBIENTALES .....	56
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	57
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	57
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....	57
3.1.2. NIVEL.....	57
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	58
3.2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	58
3.2.2. METODOLOGÍA DE DISEÑO. ....	58
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	58
3.3.1. POBLACIÓN.....	58
3.3.2. MUESTRA.....	59
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	60
3.5. METODOLOGIA DEL O.E1: CARACTERIZAR LOS AGREGADOS, CEMENTO, AGUA, FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR PARA DISEÑAR EL HORMIGÓN CON EL MÉTODO ACI 211.1. ....	62
3.6. METODOLOGIA DEL O.E2: DISEÑAR UNA MEZCLA DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y UN HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'C=210 \text{ kg cm}^2$ /A LOS 28 DÍAS MEDIANTE EL MÉTODO ACI 211.1.....	62
3.7. METODOLOGIA DEL O.E3: EVALUAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LOS PERIODOS DE 3, 7, 14 Y 28 DÍAS. ....	63
3.8. EJECUCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES .....	63
3.8.1. ADQUISICIÓN DEL CEMENTO, DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO.....	63
3.8.2. ADQUISICIÓN DEL PAPEL RECICLADO. ....	64
3.8.3. ADQUISICIÓN DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR. ....	67
3.9. ENSAYOS DE LOS RESPECTIVOS AGREGADOS.....	70
3.9.1. AGREGADOS GRUESOS Y FINOS.....	70
3.10. DISEÑO DE MEZCLA PARA HORMIGON PROPORCIONAMIENTO DE COMPONENTES ARA 1M3 DE HORMIGON (METODO ACI 211.1)..	77

3.10.1. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS CON DIFERENTES PORCENTAJES DEL DISEÑO DE HORMIGÓN.....	82
3.10.2. ENSAYO DE REVENIMIENTO DEL HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO.....	84
3.10.3. ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS.....	84
3.10.4. ENSAYO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	85
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	87
4.1. RESULTADO DEL O.E1: CARACTERIZAR LOS AGREGADOS, CEMENTO, AGUA, FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR PARA DISEÑAR EL HORMIGÓN CON EL MÉTODO ACI 211.1. ....	87
4.1.1. RESULTADOS DEL ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (NTE INEN 696). ....	87
4.1.2. RESULTADO DEL ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO. ....	90
4.1.3. RESULTADOS DEL ENSAYO DE DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO CON LA NORMA NTE INEN 857 Y EL AGREGADO FINO CON LA NORMA NTE INEN 856. ....	91
4.1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD CON LA NORMA NTE INEN 862 DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO. ....	92
4.2. RESULTADOS DEL O.E2: DISEÑAR UNA MEZCLA DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y UN HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'C=210 \text{ kg cm}^2$ /A LOS 28 DÍAS MEDIANTE EL MÉTODO ACI 211.1. ....	93
4.2.1. DOSIFICACIÓN CON LA NORMA ACI 211.1.....	93
4.3. RESULTADOS DEL O.E3: EVALUAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LOS PERIODOS DE 3, 7, 14 Y 28 DÍAS. ....	95
4.3.1. HORMIGÓN CONVENCIONAL.....	95
4.3.2. HORMIGÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO CON EL 5%. ....	98
4.3.3. HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR CON EL 5%. ....	101
4.3.4. HORMIGÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO CON EL 10%. ....	104
4.3.5. HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR CON EL 10%. ....	106

4.3.6. RESULTADOS DE COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A ROTURAS ALTAS Y BAJAS EN LOS 28 DÍAS (HORMIGÓN NORMAL, 5% DE HORMIGÓN CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y 5% DE HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR).....	112
4.3.7. RESULTADOS DE COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A ROTURAS ALTAS Y BAJAS EN LOS 28 DÍAS (HORMIGÓN NORMAL, 5% , 10% HORMIGÓN CON FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL Y 5%, 10% HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR). .....	114
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1. CONCLUSIONES .....	117
5.2. RECOMENDACIONES .....	118
BIBLIOGRAFÍA.....	119
ANEXOS.....	123

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1_Ferretería Blanca venta de materiales.....	64
Figura 2_Ubicación Ferretería Blanca – Google maps .....	64
Figura 3_Universidad Estatal Península de Santa Elena.....	65
Figura 4_Ubicación UPSE – Google maps.....	65
Figura 5_Recolección de papel reciclado en oficinas de la UPSE.....	66
Figura 6_Papel blanco, cortado y remojado por 24 horas.....	66
Figura 7_Barrio 7 de Septiembre .....	67
Figura 8_Local de venta de jugos de caña .....	67
Figura 9_Recolección de bagazo de caña de azúcar .....	68
Figura 10_Secado de bagazo de caña al sol .....	68
Figura 11_Quema de bagazo de caña de azúcar .....	70
Figura 12_Tamizado de cenizas de caña de azúcar.....	70
Figura 13_Tamizado de agregado fino.....	70
Figura 14_Agregado fino – Peso volumétrico suelto.....	72
Figura 15_Agregado grueso – Peso volumétrico suelto y varillado .....	72
Figura 16_Agregado grueso – material remojado por 24horas.....	73
Figura 17_Agregado grueso - Ensayo Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S).....	74

Figura 18_Agregado grueso – Porcentaje de absorción (horno 24horas).....	74
Figura 19_Agregado fino – material remojado por 24horas.....	75
Figura 20_Agregado fino – Secado al ambiente .....	75
Figura 21_Ensayo Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S) .....	75
Figura 22_Ensayo cono truncado – humedad superficial .....	76
Figura 23_Contenido de Humedad – agregados al horno 24 horas .....	76
Figura 24_Materiales dosificados para la mezcla de hormigón.....	83
Figura 25_Ensayo de revenimiento - cono de Abrams .....	84
Figura 26_Elaboración de cilindros de hormigón reforzados .....	85
Figura 27_Lectura de resistencia de cilindros a los 3, 7 14, 28 .....	85
Figura 28_Curva granulométrica del agregado grueso .....	88
Figura 29_Curva granulométrica del agregado fino .....	89
Figura 30_Cuadro de resistencias alta – hormigón convencional.....	96
Figura 31_Cuadro de resistencias baja – hormigón convencional.....	98
Figura 32_Cuadro de resistencias alta – hormigón de celulosa de papel reciclado... .....	99
Figura 33_Cuadro de resistencias baja – hormigón de celulosa de papel reciclado .....	100
Figura 34_Cuadro de resistencias alta – hormigón con ceniza de caña de azúcar .....	102
Figura 35_Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar .....	103
Figura 36_Cuadro de resistencias alta – hormigón con celulosa de papel reciclado .....	105
Figura 37_Cuadro de resistencias baja – hormigón con celulosa de papel reciclado .....	106
Figura 38mCuadro de resistencias alta – hormigón con ceniza de caña de azúcar .....	107
Figura 39_Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar .....	109
Figura 40_Comparación de resistencia a roturas altas (Hormigón normal, 5% de celulosa de papel reciclado y 5% de ceniza de caña de azúcar).....	110
Figura 41_Comparación de resistencia a roturas bajas (Hormigón normal, 5% de celulosa de papel reciclado y 5% de ceniza de caña de azúcar )......	110
Figura 42_Comparación de resistencia a roturas altas (Hormigón normal, 10% de celulosa de papel reciclado y 10% de ceniza de caña de azúcar).....	111

Figura 43 Comparación de resistencia a roturas bajas (Hormigón normal, 10% de celulosa de papel reciclado y 10% de ceniza de caña de azúcar ).....	112
Figura 44 Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar .....	114
Figura 45 Cuadro de resistencia promedio baja .....	115
Figura 46 Cuadro de resistencia promedio alta.....	116

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación de tipos de cementos Portland.....	39
Tabla 2	Análisis Granulométrico del agregado fino.....	42
Tabla 3	Análisis Granulométrico del agregado grueso .....	44
Tabla 4	Revenimientos recomendados para los diversos tipos de construcción... 49	
Tabla 5	Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión .....	50
Tabla 6	Agua de mezcla, contenido de aire y tamaño nominal del agregado. ....	50
Tabla 7	Tamaño máximo nominal del agregado grueso.....	51
Tabla 8	Componentes químicos de las fuentes de pasta y papel.....	53
Tabla 9	Propiedades químicas de bagazo de caña de azúcar.....	55
Tabla 10	Composición física del bagazo.....	55
Tabla 11	Resistencia a la compresión promedio .....	77
Tabla 12	Revenimientos recomendados por ACI, en diversas obras de concreto. 78	
Tabla 13	Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaño máximos de agregados.....	78
Tabla 14	Datos para el cálculo de la relación a/c por interpolación lineal.....	79
Tabla 15	Volumen del agregado grueso (m <sup>3</sup> ) por volumen unitario del concreto. 80	
Tabla 16	Datos para el cálculo del vol. Del agregado grueso por interpolación lineal.....	80
Tabla 17	Volumen absoluto de materiales para 1 m <sup>3</sup> de hormigón. ....	81
Tabla 18	Corrección por humedad de los agregados. ....	81
Tabla 19	Corrección por humedad y absorción superficial de los agregados. ....	81
Tabla 20	Corrección por humedad y absorción.....	82
Tabla 21	Dosificación del hormigón.....	83
Tabla 22	Granulometría del agregado grueso .....	88
Tabla 23	Granulometría del agregado fino.....	89
Tabla 24	Peso volumétrico agregado grueso.....	90
Tabla 25	Peso volumétrico varillado del agregado grueso.....	90
Tabla 26	Peso volumétrico del agregado fino .....	91
Tabla 27	Ensayo de densidad y absorción del agregado grueso .....	91
Tabla 28	Ensayo de densidad y absorción del agregado fino.....	92
Tabla 29	Contenido de humedad del agregado grueso.....	92

Tabla 30	Contenido de humedad del agregado fino.....	93
Tabla 31	Dosificación diseño de hormigón.....	94
Tabla 32	Diseño de hormigón .....	94
Tabla 33	Resultados de roturas alta (Hormigón convencional). .....	96
Tabla 34	Resultados de roturas en baja (Hormigón convencional).....	97
Tabla 35	Resultados de roturas en alta – hormigón con celulosa de papel reciclado .....	99
Tabla 36	Cuadro de resistencias baja – hormigón con celulosa de papel reciclado .....	100
Tabla 37	Cuadro de resistencias alta – hormigón con ceniza de caña de azúcar	101
Tabla 38	Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar .....	103
Tabla 39	Cuadro de resistencias alta – hormigón con celulosa de papel reciclado .....	104
Tabla 40	Cuadro de resistencias baja – hormigón con celulosa de papel reciclado .....	105
Tabla 41	Cuadro de resistencias alta – hormigón con ceniza de caña de azúcar	107
Tabla 42	Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar	108
Tabla 43	Cuadro de comparación de resistencias a roturas altas en los 28 días (Hormigón normal, 5% hormigón con fibra de celulosa de papel reciclado y 5% hormigón con ceniza de caña de azúcar).....	113
Tabla 44	Cuadro de comparación de resistencias a roturas bajas en los 28 días (Hormigón normal, 5% hormigón con fibra celulosa de papel reciclado y 5% hormigón con ceniza de caña de azúcar).....	113

# **“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE EL HORMIGÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y EL HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, PARA CONSTRUCCIÓN DE PISOS EN VIVIENDAS ECO AMIGABLES EN LA PROVINCIA DE SANTA ELENA”**

**Autores:** Eliana Paola Ponce López y Vanessa Alexandra Ricardo Pozo

**Tutor:** Arq. Gilda Graciela Rubira Gómez, Mg.

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo analizar y comparar entre el hormigón de fibra de celulosa de papel reciclado y el hormigón con ceniza de caña de azúcar, para construcción de pisos en viviendas eco amigables en la provincia de Santa Elena, mediante los resultados experimentales utilizando la fibra de celulosa de papel reciclado con un 5% y 10% y la ceniza de caña de azúcar con un 5% y 10% como sustitución parcial del cemento para un diseño de hormigón con la norma ACI 211.1, realizando 5 mezclas de hormigón para cada probeta ensayada, se obtuvieron distintas resistencias con roturas a alta y baja compresión. El estudio concluyó en la comparación de diferentes valores obtenidos en la rotura de 3, 7, 14 y 28 días en donde se presentó una curva de resistencias en relación con el hormigón patrón, definiendo que el hormigón con ceniza de caña de azúcar cumplió una resistencia mayor o igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**PALABRAS CLAVE:** fibra de celulosa de papel reciclado, ceniza de caña de azúcar, resistencia a compresión.

**"COMPARATIVE STUDY BETWEEN RECYCLED PAPER CELLULOSE FIBER CONCRETE AND CONCRETE WITH SUGAR CANE ASH, FOR THE CONSTRUCTION OF FLOORS IN ECO - FRIENDLY HOMES IN THE PROVINCE OF SANTA ELENA".**

**Autores:** Eliana Paola Ponce López y Vanessa Alexandra Ricardo Pozo

**Tutor:** Arq. Gilda Graciela Rubira Gómez, Mg.

## **ABSTRACT**

The objective of this research is to analyze and compare between recycled paper cellulose fiber concrete and sugarcane ash concrete, for the construction of floors in eco-friendly homes in the province of Santa Elena, through the experimental results using recycled paper cellulose fiber with 5% and 10% and sugarcane ash with 5% and 10% as a partial substitution of cement for a concrete design with the ACI 211.1 standard, making 5 concrete mixtures for each specimen tested, different strengths were obtained with high and low compression breaks. The study concluded in the comparison of different values obtained in the breakage of 3, 7, 14 and 28 days where a resistance curve was presented in relation to the standard concrete, defining that the concrete with sugarcane ash met a resistance greater than or equal to 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**KEY WORDS:** cellulose fiber from recycled paper, sugarcane ash, compressive strength.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En hormigón es un material omnipresente en la industria de la construcción, desempeña un papel crucial al ofrecer cambios e innovaciones significativas en las infraestructuras. Las investigaciones científicas en torno al hormigón se han llevado a cabo en diversos campos del conocimiento desde 1977 y experimentaron un notable aumento a partir del 2005 como lo señalan Mochón Bezares & Sorli Rojo (2021), p. (8), estos estudios han arrojado resultados positivos impulsando la evolución continua de este material fundamental en la construcción.

La industria de la construcción desempeña un papel importante al contribuir a la degradación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales. Como resultado investigadores e ingenieros han estado explorando materiales de construcción alternativos que sean más sostenibles y ecológicos, uno de estos materiales es el hormigón de fibra de papel reciclado que utiliza fibras celulósicas de origen vegetal procedentes del papel reciclado, estas fibras se pueden convertir en materiales compuestos de alto valor utilizando técnicas comunes como la compresión, otro material alternativo en estudio es el hormigón con ceniza de caña de azúcar este material se utiliza el bagazo de caña de azúcar reducido a ceniza que son de bajo costo menos peligrosos en comparación con las fibras sintéticas y poseen una alta resistencia mecánica específica tanto el hormigón de fibra de papel reciclado como el hormigón con ceniza de caña de azúcar se han mostrado prometedores en la mejora de las propiedades de fractura del hormigón tradicional numerosos estudios han investigado las propiedades de resistencia, el rendimiento físico y la durabilidad de estos hormigones reforzados para productos de construcción, también se destacan las perspectivas comerciales de estos nuevos materiales de construcción para la construcción de viviendas ecológicas y económicas .

Actualmente la sostenibilidad ambiental se ha convertido en un enfoque fundamental en el ámbito de la ingeniería civil, priorizando la búsqueda de construcciones eco amigables, la selección de materiales se orienta hacia la eficiencia energética y la reducción de la contaminación, con el objetivo de mejorar el impacto en el ciclo de vida ambiental, buscando reducir la huella de carbono. El

proceso de producción de cemento es altamente energético, representando el 40% de los costos operacionales y contribuyendo con un 7% de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Ante este panorama, resulta imperativo buscar y desarrollar materiales alternativos que puedan remplazar al cemento en la producción de hormigón.

En el presente trabajo se propone un estudio comparativo entre el hormigón de fibra de celulosa de papel reciclado y el hormigón con ceniza de caña de azúcar, con el propósito de construcción de pisos en viviendas Eco Amigable, consiste en estudiar cada uno de estos materiales, logrando una reducción de cemento en la elaboración del diseño del hormigón convencional, realizando los respectivos ensayos en el laboratorio para demostrar la resistencia a compresión de los hormigones con fibras de celulosa de papel reciclado y el hormigón con ceniza de caña de azúcar.

## **1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

El desafío radica en mejorar la durabilidad y resistencia del hormigón frente a condiciones extremas, lo cual requiere desarrollar técnicas innovadoras, este problema de investigación se centra en utilización de materiales alternativos en la mezcla del hormigón convencional. El hormigón con fibra de celulosa de papel y el hormigón con ceniza de caña de azúcar, a pesar de ser unas alternativas prometedoras y sostenibles en la construcción, garantiza su aplicabilidad y seguridad en una variedad de contextos de construcción. Es crucial desarrollar una solución que combine mejor rendimiento en un enfoque sostenible para satisfacer las necesidades de la construcción moderna.

De acuerdo con Montaña Betancourt & Zarta (2017), p. (19) destaca que el descenso en el consumo de papel debido a la era digital plantea un problema crítico en términos de sostenibilidad ambiental. A pesar de esta tendencia se observa un aumento del 65,5% en la fabricación de papel en países específicos en el año 2014, lo que representa una fuente de contaminación, representa un desafío ambiental significativo, por eso se busca transformar esta producción global de papel en un recurso renovable, la propuesta de Solahuddin, (2022), p. (2) considera la

utilización de hormigón de papel reciclado, reduciendo la dependencia del cemento y empleando fibra de celulosa reciclada, plantea un nuevo material para la construcción.

EL cultivo de la caña de azúcar tiene un impacto ambiental notable en el suelo, aire y agua debido a diversos procesos involucrados en su producción Carrión L et al., (2020), p. (1) ha señalado que la introducción de ceniza provenientes de la caña de azúcar en la composición del hormigón conlleva a un incremento sustancial en su resistencia ante esfuerzos, por eso se busca optimizar sus propiedades físicas y mecánicas para satisfacer los requisitos en el entorno de construcción, se debe evaluar el impacto del hormigón con ceniza de caña de azúcar en comparación con materiales convencionales.

## **1.2. ANTECEDENTES**

Mesh (2019) argumenta que a nivel mundial el uso de las fibras implantadas con el hormigón mejora su calidad y evita la formación de grietas y fisuras. Las fibras se han utilizado en la construcción desde la antigüedad para reforzar los materiales, con el fin de reducir el cemento y agregar fibras que son alternativas en la innovación para la construcción, que ayudan a mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

Desde el punto de vista de Valarezo (2022) detectan debilidades en el proceso de control de calidad de los proyectos de construcción en el Ecuador en hormigones con fibras, por eso varias entidades constructivas adquieren programas de certificación del American Concrete Institute, que proporciona información sobre el control de calidad del hormigón, su proceso a evaluar, que proponen medidas preventivas para mejorar la calidad y reducir riesgos en las obras civiles.

A partir de los últimos años se han observado un aumento en la investigación sobre el uso de fibra de celulosa de papel en el hormigón como una alternativa sostenible a las fibras convencionales, el interés en las fibras radica en su origen renovable y biodegradable, lo que hace que sea una opción atractiva para la construcción, Solahuddin, (2022), p. (2) manifiesta que el hormigón de papel usado es más ligero

y flexible que el hormigón normal, con este proyecto se produce menos contaminación. Tiene mejor absorción acústica en su investigación se reemplazó el cemento al 5% y 10% de papel usado donde cumplió con sus propiedades mecánicas, físicas y químicas y define que es un material duradero, pero sirve para recubrimientos de paredes y uso de cargas livianas.

Dicho con palabras de Amores (2013) con el papel se generan nuevas ideas ya que el papel donde se crean productos biodegradables elaborados a partir de recursos renovables con el medio ambiente. El reciclaje es importante su ventaja resuelve la eliminación de desechos y su uso reduce la extracción de recursos naturales.

Montaña Betancourt y Zarta (2017) manifiesta que en la ingeniería se han desarrollado artículos que demuestra que se puede utilizar materiales reciclados en la construcción, como por ejemplo el material "PAPERCRETE" se compone por el cemento portland, arena y papel que fue patentado en el año 1928 y en la década de 1970-1980 surgió como una nueva innovación para la construcción. Actualmente Green Work es una empresa colombiana donde produce bloques sísmicos para construcción a base de papel usado, sus bloques son fuertes y tiene la primera fábrica de producir elementos celulósicos a base de papel.

El uso de la ceniza de caña de azúcar se presenta como una alternativa sostenible debido a su origen renovable y biodegradable, esto ha generado interés en la industria de la construcción para reducir la huella ambiental y promover prácticas más amigables con el medio ambiente, se ha demostrado en estudios preliminares que las cenizas de caña de azúcar pueden mejorar la resistencia y tenacidad del hormigón, reduciendo la propagación de grietas y aumentando la durabilidad del material.

Narváez (2017) argumenta que para determinar la influencia en la resistencia a la compresión del uso de ceniza de caña de azúcar como un agregado orgánico elaboraron bloques de mampostería liviana, en donde se analizó en su ensayo a la compresión y resultó que hubo separación entre la fibra y la matriz. Se comprobó que el uso de bloques de mampostería ayuda a reducir peso, aumenta su resistencia a la compresión y cambian sus propiedades y consistencia del hormigón con ceniza de caña de azúcar. Aunque en el campo del hormigón de fibras de caña de azúcar

aun está en etapas tempranas de investigación, surgiere un potencial prometedor para el uso de estas fibras como refuerzo del hormigón, especialmente en términos de sostenibilidad y mejorar las propiedades del material de construcción.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. Hipótesis General.**

La evaluación en el diseño de hormigón con fibra de celulosa de papel reciclado y el hormigón con ceniza de caña de azúcar, mediante ensayos de laboratorio conducirá a la selección del mejor diseño para emplear en la construcción de pisos en viviendas eco amigables, en la provincia de Santa Elena.

#### **1.3.2. Hipótesis Específicos.**

**H.E.1.:** A partir de los resultados obtenidos en ensayos de los agregados presentan sus propiedades físicas y mecánicas que cumplen con las normas establecidas se logra hacer una reducción parcial en cemento por la fibra celulosa de papel reciclado y la ceniza de caña de azúcar.

**H.E.2.:** Mediante el análisis de los resultados de las pruebas de roturas de probetas cilíndricas, se llevará a cabo la evaluación de resistencia del hormigón reforzado con fibra de celulosa de papel reciclado y hormigón reforzado con ceniza de caña de azúcar.

**H.E.3.:** Establecer una comparación entre el hormigón de fibra de celulosa de papel reciclado y el hormigón con ceniza de caña de azúcar, con el objetivo de determinar cuál de ellas satisface los parámetros establecidos por la NEC.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General.**

Comparar el diseño de hormigón mediante las adiciones de fibra de celulosa de papel reciclado y de ceniza de caña azúcar, para obtener una resistencia óptima en la construcción de pisos en viviendas eco amigables en la provincia de Santa Elena.

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

**O.E1.:** Caracterizar los agregados, cemento, agua, fibra de celulosa de papel reciclado y ceniza de caña de azúcar para diseñar el hormigón con el método ACI 211.1.

**O.E2.:** Diseñar una mezcla de hormigón con adición de fibra de celulosa de papel reciclado y un hormigón con ceniza de caña de azúcar, de resistencia a la compresión  $f'c=210 \text{ kg cm}^2$  a los 28 días mediante el método ACI 211.1.

**O.E3.:** Evaluar la resistencia a la compresión del hormigón con fibra de celulosa de papel reciclado y hormigón con ceniza de caña de azúcar, en los periodos de 3, 7, 14 y 28 días.

## **1.5. ALCANCE**

Esta investigación comprende al diseño, elaboración y comparar resistencia a la compresión mayor o igual a  $210 \text{ kg/m}^2$  a los 28 días de un hormigón convencional sustituyendo parcialmente el cemento con fibra de celulosa de papel y un hormigón convencional sustituyendo parcialmente el cemento con ceniza de caña de azúcar mediante el método ACI 211.1. Se utilizará cemento hidráulico tipo GU, los agregados gruesos caliza tamaño nominal máximo 1", con el módulo de finura de

6 - 7, y agregado fino arena negra con el módulo de finura de 2 - 3, fibras de celulosa de papel blanco reciclado 60 – 75 gr/m<sup>2</sup> cortada en tiras de 5 mm x 25 mm (saturadas en agua por 24 horas) y bagazo de caña de azúcar secada al sol y reducida a ceniza.

## **1.6. VARIABLES**

### **1.6.1. Variables Independientes.**

- Fibra de celulosa de papel reciclado, ceniza de caña de azúcar, agua, cemento hidráulico tipo GU, agregados gruesos caliza y agregado fino arena negra

### **1.6.2. Variables Dependientes.**

- Diseño de hormigón con fibra de celulosa de papel reciclado con su curva de resistencia a la compresión del hormigón.
- Diseño de hormigón con ceniza de caña de azúcar con su curva de resistencia a la compresión del hormigón.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

En este capítulo tiene un enfoque técnico de temas relevantes con respecto al trabajo de titulación en donde la investigación se apoya en el análisis de las resistencias del estudio comparativo entre hormigón con fibras de celulosas de papel reciclado y hormigón con ceniza de caña de azúcar, para la construcción de pisos en viviendas ecoamigables en la provincia de Santa Elena, para su desarrollo se requiere conocer sobre el hormigón, propiedades, realización de ensayos, normas de construcción, entre otros aspectos.

### **2.1. HORMIGÓN**

Naiara (2022) describe que el hormigón es un material de construcción compuesto por una mezcla de agregados grueso (piedra), agregado fino (arena), agua, cemento y en ciertas ocasiones se le añade aditivos para mejorar sus propiedades en la mezcla. Es un material homogéneo, económico y adaptable para cualquier estructura, es muy usado en la construcción por el ser humano y juega un papel crucial en la economía del país. Resiste a los ataques químicos, la abrasión o cualquier desgaste en las estructuras. Es un material que se ha usado desde la antigüedad que con el tiempo se van mejorando sus propiedades y se van desarrollando nuevas técnicas y mezclas del hormigón dentro de las obras infraestructurales.

### **2.2. TIPOS DE HORMIGÓN**

Varían según su uso, métodos y propiedades entre ellos tenemos al:

### **2.2.1. Hormigón Armado.**

El hormigón armado es un sistema estructural moderno que demuestra seguridad a lo largo del tiempo, utilizados en varias estructuras de edificios, pisos puentes, etc. Su estructura es de una alta resistencia a la tracción que su mezcla es de hormigón y acero por lo cual se genera un material de refuerzos metálicos. Es un material que garantiza vida útil, pero es un material frágil ya que se corroe y provoca oxidación que se penetra en el acero, por eso se debe evaluar su función y se debe ampliar sus medidas de mantenimientos en las obras civiles.

### **2.2.2. Hormigón de alta resistencia (HAR).**

Cemex (2015) refiere que es un material de alta calidad, adecuado para las construcciones de todo tipo de estructuras con alto desempeño en sus resistencias que son de 50 Mpa a 120 Mpa, es muy beneficiosos en estructuras sostenibles tienden a deformarse menor, menos mantenimiento. Se produce añadiendo cemento y agregados de alta resistencia, cenizas volantes, polco de sílice y otros aditivos no accediendo al 5% en su masa con respecto al cemento. Se debe tener en cuenta que la relación agua/cemento ayuda a reducir la porosidad, su uso está en los edificios, puentes, proyectos marítimos y plantas de tratamientos de aguas residuales.

### **2.2.3. Hormigón pretensado y postensado.**

El hormigón pretensado su elemento es la armadura, se pueden obtener elementos prefabricados con mayor resistencia a la tracción, como señala (Giordani & Leone, 2017) su valor de la carga pretensada no es constante con el tiempo va disminuyendo cuando sufre deformaciones en el acero, por eso se debe calcular su fuerza para la tensión que va a sostener el hormigón. Se puede utilizar materiales de alta resistencia para estructuras más livianas, reduce la deformación, permite que el concreto no tenga grietas, puede soportar sobre cargas sin tener daños en su estructura. Existen varios tipos de uso de pretensado tenemos: el **pretensado con pegado posterior** su esfuerzo se aplica antes de la carga, utilizando cables tensores para alcanzar la tensión luego se rellena con mortero, el **pretensado en banco o**

**adhesivo instantáneo** su pieza premontada viene de fabrica mismo donde insertan cable tenso luego se vierte en el hormigón que se endurezca y lo cortan los extremos de los cables rectos pero se le da la forma poligonal, el **pretensado de solicitaciones y tensiones** es en donde ejercen fuerza centrada en el anclaje y fuerza de pandeo, cuando existe rotura de cables existen las fuerzas concentradas que es la fricción del cable y la cubierta.

#### **2.2.4. Hormigón postensado.**

Becosan (2022) define que es un hormigón que se somete a esfuerzos de compresión después de verter hormigón endurecido para desarrollar sus resistencias en donde neutralizan las tensiones ancladas en el refuerzo metálico que provoca la carga para evitar deformaciones y agrietamientos en sus elementos. Existen dos opciones de completar el postensado del hormigón entre ellos tenemos: el **postensado adherente** es un sistema constructivo en los tubos activamente reforzado que se llena de mortero de cemento de alta resistencia bajo presión para asegurar su adhesión de las barras de acero para evitar la corrosión y el **postensado no adherente** en este los tubos de aceros activos no están rellenos de morteros ya que sus cables conectan con el hormigón en sus puntas de anclaje, sus cables se lubrican en tubos de plásticos para reducir el impacto ambiental y garantizar la durabilidad.

#### **2.2.5. Hormigón de alto desempeño (HAD).**

Como plantea (Yépez & Calderón, 2014) en Ecuador su progreso es lento, para desarrollar este tipo de hormigón su resistencia a la compresión debe ser superior a los 90 Mpa para garantizar su trabajabilidad en la mezcla y evitar corrosión, su resistencia a la abrasión es para revestir zanjas de drenajes en proyectos hidroeléctricos, en este artículo se considera los factores económicos en el mercado local en donde se desarrollan varias mezclas utilizando polvo microsílíce que cumplan la norma ASTM C1240 con aditivos reductores de agua de alto nivel con la norma ASTM C494, su combinación resisten a la corrosión en los 7 días tiene una resistencia de 98 Mpa y a los 28 días 138 Mpa, con este estudio

realizado en Ecuador su desgaste no debe exceder el 0.80% de acuerdo a la norma ASTM C1138.

### **2.2.6. Hormigón ligero.**

Según (Valdez et al., 2010) su densidad debe ser menos de  $2400 \text{ kg/m}^3$  sus ventajas es que es de baja densidad, se construye rápido, menor tarifa de transporte, se usa materiales tradicionales, mejora el medio ambiente y mantiene la temperatura adecuada en las estructuras. En este hormigón se pueden generar alternativas como los desechos agrícolas de arroz, ceniza, materiales inflamables, cenizas volcánicas, etc. En el año 20 a.C. en Roma construyeron un imperio de hormigón ligero que fue de la mezcla de material cementosos hecho de lodo quemado con la piedra pómez, sus ventajas que reducen peso estructural en las cargas de bases, son termoacústicos, no requieren compresión, es la mitad del módulo de elasticidad del hormigón normal, es resistente al fuego ya que tiene baja cohesión de expansión y alto asentamiento.

### **2.2.7. Hormigón aireado o celular.**

(Cervantes, 2010) manifiesta que su densidad varía de 200 a  $1920 \text{ kg/m}^3$ , apto para rellenar suelos, paredes, losas. Las celdas se dividen en elementos de 0,05 a 1,5 mm de diámetro que están cubiertas por una membrana, sustituyen su agregado grueso por burbujas de gas o aire o se puede combinar diversos elementos que provocan expansión en su volumen para generar una espuma de hidrogeno, peróxido, polvo blanqueador, polvo de aluminio no se puede usar agregados del cuarzo y ni químicos que creen burbujas. Sus propiedades son absorción es muy baja cuanto mayor sea el aire menor humedad, resistente al fuego que no provoca grietas, su resistencia es duradero menor peso mayor volumen en la construcción, previene pérdida de calor en invierno y en el verano absorbe y controla la humedad, su montaje rápido se puede mecanizar y cortar fácil a su alta precisión, aislante acústico, compatibilidad al medio ambiente.

### **2.2.8. Hormigón compactado con rodillo (HCR).**

(Torres, 2023) manifiesta que surgió esta alternativa para las construcciones de presas, cuyos precedentes se realizaron a finales de los años 1970 para disminuir el agrietamiento por altas temperaturas del hormigón convencional, el HCR es un hormigón seco, sin prueba de asentamiento, transportado y colado con equipos de movimientos de tierras y compactados con rodillos vibratorios. Este método fue perfeccionado y aplicado en la presa Willow Creek de Oregon (EE. UU.) en 1982 y este proyecto se expandió por todo el mundo, con esta tecnología de hormigón HCR surgió nuevas construcciones en Chile se construyó las obras del ingeniero Luis Uribe en 1990 la presa Pange de 121 metros, en el 2002 la presa Ralco con una altura de 155 metros.

### **2.2.9. Hormigón proyectado.**

De acuerdo con (Rey, 2006) el Hormigón proyectado es lanzado a través de una manguera neumática con alta velocidad para alcanzar su compactación, su uso es para revestimiento estructurales en túneles y taludes, para su elaboración se coloca el mortero con pulverizador de ore que soporta baja presión, su tamaño máximo del agregado es de 8mm. Actualmente utilizan tres procesos de mezclado en seco, mezclado en húmedo y mezclado en semihúmeda. Sus propiedades ayudan a determinar su calidad, para la elaboración se siguen las normas UNE 83600 a UNE 83610. Hay tres tipos según su función: H/MP I es el mortero para superficies, rellenar huecos pequeños y revestimientos protectores. H/MP II y el H/MP III se utiliza para realizar construcciones como túneles, taludes y excavaciones.

### **2.2.10. Hormigón reforzado con fibras.**

Zerbino (2018) revela que es un material con buenas capacidades para controlan las fisuras, tiene mayor rigidez en las edificaciones, resiste a la exposición del agua y es económica y rápido en las construcciones debido a que es un material frágil por eso se agregan refuerzos estructurales para resistir a esfuerzos a la tracción. Desde hace cuatro décadas se han venido realizando estudios y se han ido evolucionando en estas técnicas de hormigón de fibras, se usan en infraestructuras

se han utilizados materiales como fibras vegetales en arcilla cocida o plumas de animales en morteros de mampostería, la mayoría de las fibras se utilizan para incorporar cerámicas, resinas epoxi y matrices plásticas para mejorar sus propiedades, en construcciones de losas de suelo aumenta su separación de juntas, reduce espesores y alarga su vida útil. (Rosa & Rosario, 2019) argumentan que al hormigón tradicional se le pueden insertar fibras en su mezcla hasta conseguir una homogeneidad fácil de trabajar. Las fibras de acero la utilizan para el hormigón proyectado, las fibras de carbono para el hormigón convencional y las fibras de vidrios para obras a largo plazo que soportan esfuerzos a tracción controlando las fisuras y su tenacidad.

### **2.2.11. Hormigón traslucido.**

(Corfo, 2022) expresa que al hormigón tradicional se le pueden agregar varios aditivos a la mezcla para obtener un hormigón potencialmente traslucido, se puede utilizar piezas de vidrios o plásticos como relleno en 1999 el arquitecto de EE. UU. Bill Price siguió perfeccionando su invento, su cualidad es su transparencia que permite la introducción de luz e imágenes hasta dos metros, sin deformaciones visibles. Su resistencia llega a los 4500 kg/cm<sup>2</sup>. Cuando se le añaden resinas y fibras que reemplazan los agregados fino y grueso su consistencia es impermeable y resistente a fuego, en las 48 horas alcanza el 90% de su resistencia.

### **2.2.12. Hormigón antibacteriano y fungicida.**

Umeres y Chávez (2019) surge que este hormigón se usa en estructuras de hospitales, instituciones educativas, gimnasia, piscina, industrias alimenticias, instalaciones de crías de animales y laboratorios. Tiene buen sistema de protección para la salud, donde reduce riesgos de contaminación, inhibe el crecimiento de las bacterias en la superficie. Sus aditivos antimicrobianos se incorporan en el concreto para mantener su actividad antibacteriana durante toda la vida del hormigón, no contiene compuestos tóxicos.

### **2.2.13. Hormigón autocompactante (HAC).**

Como lo hace notar Burón Manuel y Fernández Jaime (2006), es un material que se compacta por su gravedad, mantiene una fluidez y uniformidad en la distribución del encofrado evitando fugas en las juntas de los agregados gruesos. Mejora la seguridad en las obras, su fundición es con mangueras con conductos activos que hacen ruidos su vibrado es interno. Ahorra en costos de los equipos de compactación, en su dosificación se considera que tenga la siguiente mezcla de cemento, agua y agregados finos de 0.125 mm. En España el 50% de las empresas se están especializando en esta nueva técnica, pero su estudio es muy lento

### **2.2.14. Hormigón drenante.**

(Carrasco et al., 2021) enfatiza que se lo conoce como hormigón poroso caracterizado por su estructura granular por pequeños poros, sus canales son una excelente capacidad de drenaje y evita que se formen charcos en la superficie, por su bajo contenido de áridos finos la porosidad es alta, es más ligero que el hormigón tradicional, mejora su arranque en el vehículo con la superficie, resistencia a la compresión. Reduce la absorción de luz. La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Considera que es de buena práctica de gestión para abordar las preocupaciones ambientales ya que brinda a las bacterias aeróbicas la oportunidad de descomponer a los contaminantes arrastrados por los automóviles, mejora la calidad del aire al reducir el calentamiento global. Para que el hormigón sea considerado drenante debe tener menor del 15% y no superar el 25%.

### **2.2.15. Hormigón ciclópeo.**

En la opinión de Mecacon (2019) el hormigón ciclópeo es una mezcla del hormigón tradicional combinado con rocas grandes su tamaño de la piedra debe ser de 10 cm en promedio a su trituración, se originó en Grecia en donde sus construcciones se unían con rocas grandes encimadas y en sus juntas se reducía espacio, su mezcla debe ser 60% hormigón y 40% piedra y las piedras deben tener ciertas propiedades como estar limpias, no presentar grietas, ni desgarros para evitar

fallas estéticas, deben ser redondas su peso de 15 kg, colocar malla simple, su compactación debe ser nivelada y óptima para evitar asentamientos nocivos. Es un método de construcción antiguo su nombre deriva de los ciclopes una raza de gigantes con un ojo en medio en la frente que según es un mito griego.

### **2.2.16. Hormigón de alta densidad.**

Herrera (2010) expresa que debe tener una densidad superior a los 3000 kg/m<sup>3</sup> en su elaboración se emplean metales de densidades de 4000 kg/m<sup>3</sup> a 4800 kg/m<sup>3</sup> donde también mezclan áridos que reducen los costos, su densidad, pero aumenta en su tendencia de aislamiento si hay mayor peso se imponen exigencias adicionales a la mezcladora y a los moldes ya que aumenta su dificultad de transporte, colocación y compactación. S utiliza en los años 60 con el desarrollo de la energía nuclear para la protección radiológica, hoy en día se utiliza como protección de los rayos X y gamma en radiografía industrial, instalaciones médicas y reactores nucleares.

### **2.2.17. Hormigón excavable.**

(Moon, 2017) ratifica que el hormigón excavable se usa para rellenar huecos y zanjas porque posee propiedades autocompactantes, cuando se endurece es fácil cavar es útil en donde se realizan todo tipo de trabajo de reparaciones en realización de obras en redes existentes o nuevas reaperturas de deterioro o elevaciones en calles. Se recomienda que su colado sea a alta velocidad para garantizar que el hormigón llegue a todos los puntos de la zanja, se llena completamente el agujero y se envuelve la tubería que quede enterrada, de esta forma no quedan hueco y hace que el relleno consiga una compactación uniforme.

## **2.3. COMPONENTES DEL HORMIGÓN**

### **2.3.1. Cemento.**

(Sandoval, 2017) argumenta que el cemento es un conglomerado que se elabora de 60% de piedra caliza y 40% de arcilla, después de su calcinación y adición de yeso tiene propiedades endurecedoras al contacto al agua se consigue una resistencia considerada.

#### ***2.3.1.1 Cemento Portland.***

Sanjuán y Chinchón (2004) argumenta que el cemento Portland fue patentado en el año 1824 por el constructor Joseph Asdín y es el cemento más utilizado en la actualidad. Según la norma europea UNE-EN 197-1:2011 dice que el cemento es un conglomerante de un polvo gris que cuando se mezcla con los agregados gruesos y finos y el agua se fragua y se endurece. Se da su nombre por la coloración con la piedra de la isla Portland en el sur de Inglaterra.

#### ***2.3.1.2 Propiedades físicas y mecánicas del cemento.***

Las propiedades físicas y mecánicas del cemento se realizan mediante ensayos, generalmente en las fábricas para asegurar su control de calidad.

##### **a) Propiedades físicas del cemento**

Silva (2019) señala que son las siguientes: Finura, Consistencia normal o Fluidez, Densidad tiempo de fraguado, Expansión en autoclave, Resistencia a la compresión

##### **b) Propiedades mecánicas del cemento**

Tequendama (2021) describe las siguientes: Resistencia Mecánica, Resistencia a la flexión, Ensayo a la compresión

### 2.3.1.3 Tipos de cemento.

La norma **ASTM C 1157/INEN 2380** clasifica los tipos de cemento de la siguiente manera:

- ✓ **Tipo GU** es un cemento para construcción en general.
- ✓ **Tipo HE** es un hormigón con alta resistencia inicial.
- ✓ **Tipo MS** tiene una tolerancia moderada a los sulfatos.
- ✓ **Tipo HS** tiene alta resistencia a los sulfatos.
- ✓ **Tipo MH** es un cemento con un calor de hidratación moderado.
- ✓ **Tipo LH** tiene un bajo calor de hidratación.

**Tabla 1**

*Clasificación de tipos de cementos Portland*

TIPO	DESCRIPCION	NORMA		
		INEM	ASTM	
PUROS	I	Uso común	152	C150
	II	Moderada resistencia a sulfatos Moderado calor de hidratación	152	C150
	III	Elevada resistencia inicial	152	C150
	IV	Bajo calor de hidratación	152	C150
	V	Alta resistencia a la acción de los sulfatos	152	C150
Los tipos IA, IIA, IIIA incluyen incorporador de aire				
COMPUESTOS	IS	Portland con escoria de altos hornos	490	C595
	IP	Portland puzolánico	490	C595
	P	Portland puzolánico (Cuando no se requiere resistencias iniciales altas)	490	C595
	I(PM)	Portland puzolánico modificado	490	C595
	I(SM)	Portland con escoria modificado	490	C595
	S	Cemento de escoria	490	C595
POR DESEMPEÑO	GU	Uso en construcción en general	2380	C1157
	HE	Elevada resistencia inicial	2380	C1157
	MS	Moderada resistencia a sulfatos	2380	C1157
	HS	Alta resistencia a la acción de los sulfatos	2380	C1157
	MH	Moderado calor de hidratación	2380	C1157
	LH	Bajo calor de hidratación	2380	C1157

Si adicionalmente tiene R, indica baja reactividad con áridos álcali-reactivos

*Fuente:* INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO

INECYC (2007)

#### **2.3.1.4 Hidratación del cemento.**

Debido a las necesidades locales y las nuevas tecnologías. Los tipos de cemento han evolucionado sin dejar de seguir la normativa equivalente, o **ASTM C150/INEN 152**, que cubre los requisitos cementos portland puros (tipos I-VI), **ASTM C595/INEN 490** donde contiene cementos con aditivos puzolánicos (tipo IP), **ASTM C1157/INEN 2380** cuyo principal requisito es el rendimiento del hormigón hidráulico. La norma **ASTM C 150** clasifica los tipos de cemento de la siguiente manera:

**Tipo I: Cemento ordinario para usos generales.** - Es el cemento más utilizado para usos generales estructura cuando no se requieren propiedades especiales.

**Tipo II: Cemento modificado universalmente.** - Usar cuando esté previsto exposición moderada a exposición a sulfatos o donde se requiere exposición moderada calor de hidratación. Estas funciones se implementan a través de contenido de  $C_3A$  y  $C_3S$  en el cemento. El cemento tipo II tiene mayor resistencia más lento que el Tipo I, pero eventualmente alcanza la misma resistencia este tipo de cemento se utiliza sobre hormigón expuesto al agua de mar.

**Tipo III: Cemento de alta resistencia inicial.** - Recomendar según sea necesario resistencia temprana en situaciones constructivas especiales. Este tipo de cemento se consigue mediante una molienda más fina y una mayor proporción de  $C_3A$  y  $C_3S$ . Después de 3 días la resistencia a la compresión del hormigón es aproximadamente igual a resistencia a la compresión tipo I y II a los 7 días, entonces la resistencia máxima es más o menos la misma que la del tipo I y la del tipo II o menos. El cemento tipo III no debe usarse debido a su alta tasa de liberación de calor en hormigón en masa es menos duradero cuando contiene 15% de  $C_3A$  sulfatos. El contenido de  $C_3A$  se puede limitar al 8% para lograr resistencia media a sulfato o 5% si se requiere alta resistencia.

**TIPO IV: Cemento con bajo calor de hidratación.** - Porcentaje del importe de  $C_3S$  y  $C_4AF$  es relativamente alto; el cemento tipo IV tiene un bajo calor de hidratación logrado limitando los compuestos que más contribuyen a la generación de calor por hidratación, es decir.  $C_3A$  y  $C_3S$ . Debido a que estos compuestos también proporcionan la resistencia inicial de la mezcla de cemento, limitándolas se obtiene la mezcla que aumenta lentamente la resistencia. Este cemento se utiliza en estructuras de hormigón masivo, cuando baja relación superficie/volumen, necesita que el tiempo de curación sea más alta que la de otros tipos.

**Tipo V: Cemento resistente a los sulfatos.** - Lograr resistencia a los sulfatos al reducir el contenido de  $C_3A$  ( $\leq 5\%$ ) ya que este compuesto es el más sensible al ataque de sulfato. Este tipo se utiliza para estructuras en su funcionamiento que estarán expuestos a sulfatos alcalinos en el suelo o el agua, los sulfatos de aguas subterráneas y estructuras expuestas al agua de mar.

**Cemento que contiene inclusiones de aire C150: IA, IIA y IIIA,** estos tipos de cemento poseen composición es similar a los tipos I, II y III excepto que este último se utiliza como agente inclusor de aire durante la molienda, esta forma no es una buena forma de obtener aire porque no se puede cambiar la dosis del agente para compensar otros factores que afectan el contenido de aire específico. Estos cementos se utilizan para producir hormigón que este expuesto al medio ambiente con helada severas.

### **2.3.2. Agregados.**

El agregado se compone de grava y arena estos elementos forman la estructura granular del hormigón, cuyos espacios deben rellenarse tanto como sea posible con la pasta conglomerante. Los agregados constituyen el 80% de la masa de la composición hormigón y 70-75% de su volumen. Utilizar buenos métodos para formular dosificación hormigón para conseguir mejor calidad, ya que los agregados se resisten a la retracción del hormigón. Desde el punto de vista de la durabilidad en condiciones duras, se ha estimado que: Áridos a base de sílice

(gravas arena de río o de cantera) y piedras de rocas volcánicas (basalto, andesita) o calizas duro y denso. Y rocas sedimentarias (calizas, dolomita) y rocas volcánicas sueltas (piedra pómez, toba) debe ser analizado. De piedra caliza blanda, feldespatos, yeso, piritita o roca porosa.

### 2.3.2.1 Agregado Fino.

El agregado fino puede ser arena natural, arena producida industrialmente o una combinación de ellas ambos y deben cumplir con las especificaciones establecidas en la norma ASTM C33, los detalles son los siguientes:

**Granulometría.** – El agregado fino deberá clasificarse dentro de los límites especificados como se muestra en la tabla 2, el porcentaje de pasante de cualquier tamiz no puede exceder el 45% y retenido en el siguiente tamiz, su módulo de finura no debe ser inferior a 2,3 no es mayor que 3,1. El agregado fino que no cumple con los requisitos en la granulometría puede utilizarse en los ensayos de mezclas de prueba mientras a ellos le cumplan con los requisitos de especificaciones particulares de las obras.

**Tabla 2**

*Análisis Granulométrico del agregado fino*

Tamiz (Esp.ASTM E11)	Porcentaje que Pasa	
	ARENA NATURAL	ARENA MANUFACTURADA
9,5mm (3/8")	100	100
4,75mm(N°4)	95 a 100	95 a 100
2,36mm(N°8)	80 a 100	80 a 95
1,18mm(N°16)	50 a 85	45 a 95
600um(N°30)	25 a 60	25 a 75
300um(N°50)	5 a 30	10 a 35
150um(N°100)	0 a 10	8 a 20

*Fuente:* Norma ASTM C33

### **2.3.2.2 Agregado Grueso.**

El agregado grueso estará formado por grava, piedra triturada, grava triturada y escoria hormigón de alto horno enfriado con aire o de cemento hidráulico partido, los agregados deben tener las siguientes características:

- ✓ Son partículas duras, limpias, inactivas que a ser posible no reaccionan con el cemento y con la granulometría específica.
- ✓ No debe tener forma alargada ni de aguja.

Considere los agregados utilizados en la producción de mezclas de concreto también debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C33.

**Granulometría.** – El agregado grueso debe cumplir con los requisitos establecidos en la Tabla 3, para llegar a el número de tamaño requerido.

**Tabla 3***Análisis Granulométrico del 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 (N°4)	2,36mm (N°8)	1,18mm (N°16)
90mm a 37,5mm (3 1/2 "a 1 1/2")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
63mm a 37,5mm (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" a N°4")				100	95 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 N°4)	100	95 a 100	35 a 70	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 N°4)		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 N°4)			100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5
12,5mm a 4,75mm (1/2" a N°4)			100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5
9,5mm a 2,38mm (3/8" a N°8)				100	85 a 100	10 a 30	0 a 10 0 a 5

Fuente: Norma ASTM C3

El agregado grueso a usarse en el concreto que estará sujeto agoteo, a exposiciones prolongadas de humedad atmosférica, o en contacto con humedad de suelo, no deberá de contener algún material que sea reactivamente deletéreo con los álcalis en el cemento en cantidades suficientes para crear expansiones excesivas del mortero o concreto, excepto si tales materiales están presentes en cantidades no dañinas, el agregado grueso le está permitido ser utilizado con un cemento que contenga menos de 0.60% de álcalis calculados como óxido de sodio equivalente ( $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$ ) o con la adición de un material que haya mostrado que previene la expansión dañina debido a reacciones alcalina del agregado.

### **2.3.3. Agua.**

De acuerdo con las Normas Ecuatorianas de Construcción NEC (2015, p. 104) el agua juega un papel muy importante en el hormigón porque por ser el componente que une el cemento, produce una pasta que une las partículas del árido para mantenerlas juntas y completamente funcionales se mide junto con la resistencia y todas las propiedades mecánicas del hormigón.

El agua utilizada para mezclar el hormigón debe cumplir las normas ASTM C 1602 esta especificación nos muestra la composición y propiedades de los requisitos de mantenimiento del agua que debemos utilizar en la mezcla hormigón de cemento hidráulico. Para la producción de hormigón, utilice agua potable y casi cualquier agua natural potable y sin alcohol sabor u olor, sin realizar ensayos de conformidad con los requisitos especificados.

**Relación agua/cemento.** - Otro aspecto es la relación agua-cemento se puede controlar durante el proceso de elaboración del hormigón, de acuerdo con las Normas Ecuatorianas de Construcción NEC (2015, p.25) la definición de relación agua/cemento (a/c) determina la resistencia del material y protección contra agentes agresivos, llegando a tener el control estas variables se aseguran que el hormigón tenga una vida útil y satisfactoria.

### **2.3.4. Aditivo.**

Un aditivo se determina como una sustancia diferente a los agregados del hormigón convencional; puede ser en forma líquida o en polvo y puede ser orgánico o inorgánico; la sustancia generalmente se agrega antes de mezclar o mezclar durante el mezclado del hormigón, esta sustancia se puede utilizar de diversas formas pero la meta, en términos generales, se utiliza para alcanzar un hormigón más trabajable lo cual permita utilizar la mezcla en su estado fresco y así cambiar las etapas de hidratación o destacar ciertas propiedades del hormigón en su estado endurecido. Al utilizar aditivos en la mezcla pueden encarecer el producto final, por lo que se recomienda antes de usar aditivos, pruebe cambiando la proporción de los elementos tradicionales de mezcla de hormigón lograron el cambio deseado. Por lo tanto, a los aditivos al igual que otros materiales son sensibles a cambios (Materiales de construcción-J. Gómez Lado R. Pag125).

#### **Usos generales**

Aunque en la producción de hormigón se utilizan aditivos, ya que hace unos años, gracias al desarrollo de la tecnología, cada día aparecían nuevos productos la tecnología química de estas sustancias y por tanto cualquier clasificación los aditivos pueden volverse obsoletos con el tiempo. A continuación, tenemos una lista de recomendaciones del comité ACI, incluidos algunos de los usos que se han llegado hacer con el aditivo.

- i. Mejorar la trabajabilidad de la mezcla de concreto, el objetivo es lograr el hormigón se puede transportar, verter, vibrar y terminar sin problemas.
- ii. Acelerar el aumento de la resistencia, en este caso el objetivo es proporcionar el hormigón puede ganar resistencia rápidamente debido a cualquier propiedad constructivamente podría ser: desmoldeo rápido por falta de moldes, estos incluyen ordenar trabajo urgente.
- iii. Aumentar la resistencia disminuyendo generalmente la relación agua-cemento sin afectar la firmeza de la mezcla.

- iv. Posponer o reducir el fraguado inicial, especialmente si se tiene un clima en casos extremos, acelerar (en climas fríos) o retrasar (en climas calientes) tiene grandes ventajas en el fraguado y lograr estar listo en el tiempo adecuado.
- v. Retrasar o reducir el calor de hidratación no es muy beneficioso y puede interferir con la creación de exageraciones calor de hidratación y un agrietamiento nocivo.
- vi. Cambios en el tiempo o capacidad de sangrado, en este caso buscamos beneficios muy relacionados con las técnicas de acabado y/o diseñado para lograr homogeneidad de la capa superficial del hormigón.
- vii. Mejorar la resistencia el objetivo es asegurar que el hormigón pueda resistir sin fallar clima severo (resistente a la intemperie).
- viii. Controlar la expansión causada por la reacción de agregados alcalinos.
- ix. Reducir el flujo capilar del hormigón.
  - x. Mejorar la impermeabilidad del hormigón.
  - xi. Reducir significativamente el peso volumétrico del hormigón celular en su estructura porosa.
  - xii. Mejorar la bombeabilidad, la permeabilidad de la cavidad y reducir el problema de la segregación en el en los morteros para rellenos.
- xiii. Mayor adherencia entre hormigón y acero de refuerzo.
- xiv. Controlar los agrietamientos que se forman.
- xv. Beneficiar los trabajos de textura y acabado de hormigón.

## **2.4. DISEÑO DE LA MEZCLA**

### **2.4.1. Método ACI.**

Como plantea Vargas (2017, p. 60) quien define el enfoque del método ACI como un diseño mezclando materiales con absoluta calidad calcule el peso de cada componente o calcule el peso del componente específicamente, y luego restar el peso de cada componente, vamos a obtener el metro cúbico de hormigón. El método de cálculo propuesto toma en cuenta su fácil instalación y resistencia a la presión,

flexibilidad, durabilidad y economía; también tiene una gran ventaja; puede programar fácilmente para un procesamiento de métodos rápido y conveniente.

Según Cáceres y Chira (2021, p. 13) Indique el método ACI es el diseño de mezcla de concreto más conocido y utilizado con materiales que deben cumplir con los parámetros en agregados gruesos y finos adecuados, se puede realizar un ajuste del asentamiento corrigiendo cantidad de agua, pero manteniendo la misma relación agua/cemento e incluso manteniendo la cantidad de agregado grueso; basado en algunas tablas la preparación a través de pruebas exhaustivas nos permite lograr valores en metros cúbicos de los distintos materiales que componen la mezcla de hormigón. El método consta de los siguientes pasos:

- i. **Asentamiento:** La resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ) debe determinarse a partir de la resistencia especificada, se realiza el ensayo de asentamiento o revenimiento de acuerdo al tipo de construcción que requerimos y lo observamos en la siguiente tabla 5.

**Tabla 4**

*Revenimientos recomendados para los diversos tipos de construcción.*

Tipo de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muro de subestructura sencillos, zapatos, muros y cajones de cimentación	7,5	2,5
Vigas y muros reforzados	10	2,5
Columnas para edificios	10	2,5
Pavimentos y losas	10	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5

*Nota:* tomado de ACI 211.1-91

- ii. **Relación agua/cemento:** La relación agua/cemento se determina en función de la resistencia compresión a los 28 días como se indica en la Tabla 6, para hormigones que han tenido una exposición severa utilizamos la Tabla 7, para conocer la cantidad máxima permisible de agua/cemento.

**Tabla 5***Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión*

Resistencia a la compresión de diseño a los 28 días kg/cm <sup>2</sup> (MPa)	Relación agua- material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	....
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

*Nota:* Tomado de ACI 211.1-91

- i. Tamaño máximo nominal:** Lo define el agregado grueso según su granulometría.
- ii. Cantidad de agua neta:** Es función a su asentamiento y el tamaño máximo nominal como lo indica en la Tabla 6.

**Tabla 6***Agua de mezcla, contenido de aire y tamaño nominal del agregado.*

slump (cm) N°	Tamaño máximo de agregados							
	9,5 3/8"	12,5 1/2"	19 3/4"	25 1"	38 1 1/2"	50 2"	75 3"	150 4"
<b>Concreto sin Aire Incorporado</b>								
2,5 ≥ 5								
<b>7,5 ≥ 10</b>	207	199	190	179	166	154	130	113
15 ≥ 17,5	228	216	205	193	181	169	145	124
% Aire	243	228	216	202	190	178	160	
Atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
<b>Concreto con Aire Incorporado</b>								
2,5 ≥ 5	181	175	168	160	150	142	122	
7,5 ≥ 10	202	193	184	175	165	157	133	107
15 ≥ 17,5	216	205	197	184	174	166	154	119
<b>Concreto con Aire Incorporado</b>								
Normal	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Moderada	8	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Extrema	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

*Nota:* Tomado de ACI 211.1-91

**iii. Cantidad de cemento:** Definida por la relación agua cemento y la cantidad de agua.

**iv. Cantidad de agregado grueso y fino:** Se obtienen de un promedio de las gravedades específicas saturadas de los agregados. Con relación a la tabla 7 de volumen del agregado grueso.

**Tabla 7**

*Tamaño máximo nominal del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal del Agregado Grueso	Volumen (m <sup>3</sup> ) de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	<b>2,4</b>	<b>2,6</b>	<b>2,8</b>	<b>3</b>
3/8"=9,5mm	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2"=12,5mm	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"=19mm	0,66	0,64	0,62	0,6
1"=25mm	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"=37,5mm	0,76	0,74	0,72	0,7
2"=50mm	0,78	0,76	0,74	0,72
3"=75mm	0,81	0,79	0,77	0,75
6"=150mm	0,87	0,85	0,83	0,81

*Nota:* Tomado de ACI 211.1-91

## **2.5. PAPEL RECILADO**

Una de las materias primas más antiguas es el papel, que se utiliza para diversos fines desde hace cientos de años. Para elaborarlo se necesita pulpa de celulosa, una pasta de fibras vegetales obtenidas de árboles, que luego se somete a un proceso de blanqueo no muy respetuoso con el medio ambiente. Básicamente existen dos tipos de papel el de fibras vegetales y el de pulpa de madera, su tratamiento es muy similar. El papel de fibra vegetal puede ser lino o algodón, más concretamente bora de algodón, que es la fibra que queda en la semilla una vez eliminadas las fibras largas con las que se elabora el hilo. Hoy en día, este tipo de papel se utiliza en bellas artes, pero debido a su elevado coste no se suele utilizar para escribir, a pesar de que es de altísima calidad. El papel de pulpa o pasta de madera es el más utilizado y el que más nos interesa. Solía tener mala reputación porque no separaba bien la

lignina, que está presente naturalmente en la madera y tiende a amarillear. Sin embargo, nuevos procesos industriales han logrado eliminar esta sustancia y sustituir a los procesos más contaminantes desde principios del siglo pasado.

### **2.5.1. Fabricación del papel**

El proceso de comienza con la fabricación de pulpa, donde el material base (boro de algodón o astillas de madera) se mezcla con agua en una trituradora hidráulica, donde se separan las fibras principales de la madera y se eliminan la lignina y otras sustancias no deseadas mediante una serie de procesos. Luego se almacena o se pasa directamente a través de un llamado sinfin (una máquina en forma de cono con un cono exterior fijo y una varilla metálica interior). Las varillas se pueden mover cambiando la distancia entre ellas, cambiando así el tamaño de las fibras producidas en el proceso. El nivel de dureza de este tratamiento depende de la calidad final del papel que se quiera conseguir. Durante este proceso, las fibras se blanquean mediante varios métodos.

### **2.5.2. Impacto ambiental del papel**

La industria papelera también es una enorme fuente de contaminación y tiene un enorme impacto en el medio ambiente:

- El proceso de producción de papel consume una gran cantidad de agua y energía.
- Se trata de una industria intensiva en transporte que deja una gran huella de carbono.
- Es uno de los mayores contaminantes del agua y del aire.
- Es uno de los mayores emisores de gases de efecto invernadero, emitiendo aproximadamente 3,3 kilogramos de dióxido de carbono equivalente por kilogramo de papel.
- El uso de cloro para blanquear la pulpa o pasta de papel es muy perjudicial para la salud humana y el medio ambiente.

### 2.5.3. Composición Química.

**Tabla 8**

*Componentes químicos de las fuentes de pasta y papel.*

	<b>Maderas blandas</b>	<b>Maderas duras</b>	<b>Paja</b>	<b>Bambú</b>	<b>Algodón</b>
<b>Carbohidratos</b>					
∞celulosa	38-46	38-49	28-42	26-43	80-25
Hemicelulosa	23-31	20-40	23-38	15-26	n.d.
Lignina	22-34	16-30	12 - 21	20-32	n.d.
Extraíbles	1 - 5	2 - 8	1 - 2	0,2-5	n.d.
<b>Minerales y otros compuestos inorgánicos</b>	0,1-7	0,1-11	3 - 20	1 - 10	0,8-2

n.d.= sin datos disponibles

*Nota: Industria del papel y de la pasta de papel*

## 2.6. CAÑA DE AZUCAR

La caña de azúcar es originaria de las regiones tropicales del sur de Asia y Melanesia y pertenece al género *Saccharum*, una planta herbácea perenne alta de la familia Poaceae. En términos de rendimiento, es el cultivo más grande del mundo. A lo largo de los años se han hibridado varios cultivares de caña de azúcar, y los cultivares comerciales más importantes en la actualidad son híbridos complejos.

### 2.6.1. Caña de azúcar en el mundo.

La caña de azúcar es el cultivo más productivo del mundo con 1.900 millones de toneladas de producción en 2020 (la producción de Brasil es aproximadamente el 40% del total mundial). La caña de azúcar representa el 79% de la producción mundial de azúcar (la mayor parte del resto se produce a partir de la remolacha azucarera). Alrededor del 70% del azúcar proviene de la caña de azúcar y sus híbridos.

### **2.6.2. Sector agrícola ecuatoriano.**

La caña de azúcar es un producto cultivado en los departamentos de Guayas (88%), Imbabura-Carchi (6%), Loja (4%) y Cañar (2%). En Ecuador la cosecha de caña de azúcar se realiza principalmente de junio a diciembre, y durante este período se recolecta el 88% de la producción. Entre 2021 y 2022 se cosecharon en el país 6.460.032 toneladas de caña de azúcar y se produjeron 10,48 millones de sacos de 50 kg (524.000 toneladas) de azúcar, lo que representó un ingreso de 204.783.014,40 dólares a la industria. Según la Encuesta Continua de Superficie y Producción Agrícola 2021, la superficie de cultivo de caña de azúcar del país es de 130.677 hectáreas.

### **2.6.3. Bagazo de caña de azúcar en Ecuador.**

Las industrias azucarera y alcoholera del Ecuador producen grandes cantidades de subproductos; En 2008 se produjeron alrededor de 1,3 millones de toneladas de bagazo, 140.000 toneladas de cachaza, 35.000 toneladas de ceniza y 510.000 metros cúbicos de granos de destilería. Entre ellos, el bagazo se utiliza para la cogeneración, mientras que la cachaza, la ceniza y los granos de destilería pueden utilizarse para la cosecha de la caña de azúcar en forma fresca o compostada.

### **2.6.4. Usos Bagazo de caña de azúcar en Ecuador.**

La cachaza, también conocida como cachaza por su aspecto esponjoso, es el sobrante de la clarificación del jugo de la caña de azúcar. Se caracteriza por un alto contenido de humedad (alrededor del 75%) y una composición química compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina obtenida de la caña de azúcar, que absorbe impurezas y azúcares. La ceniza es el residuo de la quema de la caña de azúcar, su principal componente es el carbono y su pH es alcalino. La vinaza es un líquido de color marrón oscuro, que es el residuo de la destilación del alcohol. Dependiendo de la eficiencia de la planta, se estima que por cada litro de alcohol se producen unos 10 litros de vinaza.

### 2.6.5. Composición química del bagazo de caña de azúcar.

Se analizó y evaluó el bagazo de caña de azúcar para determinar sus propiedades elementales como carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (C – H – O – N) como se describe a continuación (Manals-Cutiño, 2015).

**Tabla 9**

*Propiedades químicas de bagazo de caña de azúcar.*

<b>Propiedad</b>	<b>Porcentaje</b>
Humedad	4,00
Carbono	48,58
Hidrogeno	5,97
Oxigeno	38,94
Nitrógeno	0,20

### 2.6.6. Características Físicas de la ceniza del bagazo de la caña de azúcar.

El bagazo se compone de: fibra (45%), sólidos insolubles (2-3%), niveles tan altos de sólidos solubles (2-3%) y agua (50%) (Aguilar, 2011) el agua se produce debido a dos propiedades importantes del bagazo que son: tasa de absorción, es decir, la capacidad de cada ingrediente para absorber moléculas de agua; adsorción, capacidad de permanecer en la tensión superficial de moléculas de agua a través del propio bagazo, estas propiedades fisicoquímicas del bagazo son impredecibles (Hernández, 2017).

**Tabla 10**

*Composición física del bagazo.*

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Recubrimiento</b>	Se encuentra la epidermis, la corteza y el periciclo.
<b>Fibras Vasculares</b>	Están conformadas por células conductoras, delgada, asociadas con una pared delgada de lumen.
<b>Parénquima</b>	Tejido básico constituido a base de mazos de fibra, se encuentran distribuidos de manera irregular.

## **2.7. NORMAS AMBIENTALES**

En una histórica cumbre de la ONU celebrada en septiembre de 2015, los líderes mundiales respaldaron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) incluidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que entró oficialmente en vigor el 1 de enero de 2016. Con estos nuevos objetivos globales, los países, durante los próximos 15 años, intensificarán sus esfuerzos para erradicar la pobreza en todas sus formas, reducir la desigualdad y luchar contra el cambio climático, garantizando al mismo tiempo que nadie se quede atrás. Aunque los ODS no son jurídicamente obligatorios, los gobiernos deberían adoptarlos como objetivos y establecer marcos nacionales para alcanzar los 17 objetivos. Los Estados son los principales responsables de monitorear y revisar el progreso hacia los objetivos, lo que requiere una recopilación de datos de alta calidad, accesible y oportuna. Las actividades regionales de seguimiento y auditoría se basarán en el análisis realizado a nivel nacional y contribuirán al seguimiento y la auditoría a nivel mundial.

### **Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructura**

Las inversiones en infraestructura (transporte, riego, energía y tecnologías de la información y las comunicaciones) son esenciales para que muchos países logren el desarrollo sostenible y fortalezcan la sociedad. Hace tiempo que se reconoce la necesidad de invertir en infraestructura para aumentar la productividad y los ingresos y mejorar los resultados en materia de salud y educación.

El ritmo de crecimiento y urbanización también crea la necesidad de nuevas inversiones en infraestructura sostenible que hará que las ciudades sean más resilientes al cambio climático y promueva el crecimiento económico y la estabilidad social.

Además de la financiación estatal y la asistencia oficial para el desarrollo, se fomenta la financiación del sector privado para los países que necesitan apoyo financiero, técnico y tecnológico.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

En este capítulo se presenta la metodología utilizada para el diseño de mezcla a partir de la preparación de cilindros de hormigón con fibras de celulosas de papel y hormigón con ceniza de caña de azúcar, mediante ensayos en el “Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfalto” de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, necesarios para comprobar su resistencia. Se identificó el tipo de investigación y se explicará de forma secuencial y sistemática los procedimientos de los agregados gruesos y finos, la recolección y procesamiento del papel reciclado y la caña de azúcar.

### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. Tipo de Investigación.**

En este trabajo de titulación se consideró un tipo de investigación cuantitativa en su recolección, análisis de datos, investigaciones bibliográficas e investigaciones de laboratorio para verificar la viabilidad del proyecto de carácter interpretativo, encontrando soluciones que se ajusten a la realidad específica.

#### **3.1.2. Nivel**

Los niveles son: un estudio analítico en donde se analizará las variables para obtener información sobre de las resistencias del hormigón convencional con el hormigón de celulosa de papel y hormigón con ceniza de caña de azúcar.

## **3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Diseño experimental.**

El diseño experimental se realizaron ensayos con muestras de hormigón elaboradas con fibras de celulosa de papel y hormigón con ceniza de caña de azúcar en porcentaje del 5% y 10% como sustitución del cemento de uso general Tipo GU, para su desarrollo se comprobó sus resistencias y mejorar sus propiedades en comparación del hormigón convencional de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### **3.2.2. Metodología de diseño.**

- Ensayos del agregado grueso (piedra 3/4) y fino (arena gruesa): granulometría, peso volumétrico, porcentaje de absorción y contenido de humedad.
- Elaboración de la mezcla del hormigón según su dosificación por el método ACI 211.1 reemplazando el cemento por las fibras de celulosa de papel y ceniza de caña de azúcar.
- Evaluar su desempeño en base a sus ensayos:
  - Asentamiento o Revenimiento con cono de Abrams (NTE INEN 1578)
  - Resistencia a la compresión a 3, 7, 14 y 28 días (NTE INEN 1573)

## **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1. Población.**

Se realizaron 80 muestras de probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura aplicando el diseño de hormigón de fibra de celulosa de papel y hormigón con ceniza de caña de azúcar las cuales se explican con mayor detalle más adelante. Los procedimientos de la elaboración de los cilindros corresponden a los parámetros establecidos en la norma ASTM C31.

### 3.3.2. Muestra.

El muestreo del proyecto son las cantidades de las probetas cilíndricas, para ensayar su resistencia a la compresión en donde se saca su promedio del resultado de 4 probetas cilíndricas con su respectivo curado de 3, 7, 14, 28 días para efectuar un análisis comparativo del hormigón de fibras de celulosa de papel y el hormigón con ceniza de caña de azúcar.

- Hormigón Normal, 3 días. (4 probetas cilíndricas)
- Hormigón Normal, 7 días. (4 probetas cilíndricas)
- Hormigón Normal, 14 días. (4 probetas cilíndricas)
- Hormigón Normal, 28 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 5% de fibra de celulosa de papel, 3 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 5% de fibra de celulosa de papel, 7 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 5% de fibra de celulosa de papel, 14 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 5% de fibra de celulosa de papel, 28 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 5% de ceniza de caña de azúcar, 3 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 5% de ceniza de caña de azúcar, 7 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 5% de ceniza de caña de azúcar, 14 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 5% de ceniza de caña de azúcar, 28 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 10% de fibra de celulosa de papel, 3 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 10% de fibra de celulosa de papel, 7 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 10% de fibra de celulosa de papel, 14 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 10% de fibra de celulosa de papel, 28 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 10% de ceniza de caña de azúcar, 3 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 10% de ceniza de caña de azúcar, 7 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 10% de ceniza de caña de azúcar, 14 días. (4 probetas cilíndricas)
- Sustitución del 10% de ceniza de caña de azúcar, 28 días. (4 probetas cilíndricas)

### 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
INDEPENDIENTE	-Fibra de celulosa de papel reciclado.	- Turrado et al., (2008), p. (4) detalla que las fibras de celulosa de papel proceden de la madera.	Se	Diseño de	Ensayos:	
	-Ceniza de caña de azúcar.	-Aguilar, (2010), p. (2) describe que es el residuo del tallo de la caña de azúcar después de ser extraído el jugo, su bagazo se lo expone al sol y luego se quema obteniendo la ceniza.	determinarán	Mezcla del	Granulometría	Kg/
	-Agua	-Fernández, (2012), p. (3) describe que es un recurso renovable, esencial para la vida.	mediante	0%, 5% y	Densidad	cm <sup>3</sup>
	-Cemento hidráulico tipo GU.	-(Ecuador, 2021, p. 1), define que se usa para cualquier tipo de construcción.	ensayos de	10% de	Humedad	Kg/
	-Agregados gruesos caliza.	-SOLÍS y MORENO, (2006), p. (3) define que son rocas extraídas de estratos que se localizan desde el nivel del terreno natural.	laboratorio	fibra de	Absorción de los	cm <sup>3</sup>
	-Agregado fino arena negra	-Holcim, (2020) destaca que proviene de la desintegración de roca volcánica.	según los	papel y	agregados (fino y grueso)	Kg/
			requerimientos de las normas NTE INEN 693:2011, 857:2010 Y 862:2011 para su dosificación del concreto f'c= 210 Kg/cm <sup>3</sup>	fibra de caña de azúcar.		cm <sup>3</sup> %

DEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño de hormigón con fibra de celulosa de papel reciclado con su curva de resistencia a la compresión del hormigón.</li> </ul>	(Solahuddin, 2022a) argumenta que el hormigón de fibra de papel es un material de construcción duradero y bien aislado, reduce la carga muerta de la estructura.	Ensayo de laboratorio según la norma NTE INEN 1573:2010 y la norma ASTM C39	Módulo de rotura del hormigón de fibra de papel y fibra de caña de azúcar.	Carga máxima de la rotura de cilindros: Alta Baja	ú  MPa KN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño de hormigón con ceniza de caña de azúcar reducida en ceniza con su curva de resistencia a la compresión del hormigón.</li> </ul>	(Huang et al., 2023) da a conocer que el uso de fibra de la caña de azúcar ha sido estudiado como un material puzolánico siendo el remplazo parcial del cemento.				

### **3.5. METODOLOGIA DEL O.E1: CARACTERIZAR LOS AGREGADOS, CEMENTO, AGUA, FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR PARA DISEÑAR EL HORMIGÓN CON EL MÉTODO ACI 211.1.**

Para caracterizar los materiales de forma correcta es necesario realizar los ensayos normados de los agregados gruesos y finos con la norma NTE INEN 696, determinar el peso volumétrico en condición suelta y compactada con la norma NTE INEN 858, determinar la densidad saturada seca y % absorción del agregado grueso con la norma NTE INEN 857 y el agregado fino densidad seca y % absorción con la norma NTE INEN 856 y contenido de humedad con la norma INEN 862. Examinar las propiedades del cemento tipo GU, incluyendo su composición química. El estudio de las fibras de celulosa de papel blanco reciclado 75gr/m<sup>2</sup> cortada en tiras de 5 mm x 25 mm (saturadas en agua por 24 horas) y bagazo de caña de azúcar secado al sol y reducida a ceniza.

### **3.6. METODOLOGIA DEL O.E2: DISEÑAR UNA MEZCLA DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y UN HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f'c=210 \text{ kg cm}^2$ /A LOS 28 DÍAS MEDIANTE EL MÉTODO ACI 211.1.**

El método ACI 211.1 proporciona directrices para el diseño de mezcla de hormigón teniendo en cuenta las propiedades de los materiales utilizados por eso de debe diseñar una mezcla de hormigón con la dosificación según la norma ACI 211.1 sustituyendo al cemento con el 5% y 10% de fibra de celulosa de papel reciclado y el 5 % y 10% de ceniza de caña de azúcar. Para el presente trabajo utilizaremos al agregado grueso con un tamaño nominal de 1", además los materiales a emplearse deberán ser ensayados de acuerdo con los requerimientos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, para su utilización en los diseños de mezclas de hormigón.

### **3.7. METODOLOGIA DEL O.E3: EVALUAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LOS PERIODOS DE 3, 7, 14 Y 28 DÍAS.**

Mediante el ensayo a la compresión de las roturas de las probetas cilíndricas se evalúa su resistencia de acuerdo con la norma NTE INEN 1573 con sus especificaciones se realizan curados en húmedos de los especímenes de las probetas cilíndricas del convencional y con el 5% y 10% de las fibras de celulosa de papel reciclado y ceniza de caña de azúcar al evaluar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón debe de cumplir con las normas de la construcción NEC.

### **3.8. EJECUCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES**

Se elije el material para la elaboración de las probetas cilíndricas de hormigón convencional, en el cual se sustituye el cemento en el 5% y 10% por la fibra de celulosa de papel y de ceniza de caña de azúcar con el fin de obtener su resistencia a la compresión, en donde se realizaron sus ensayos en el “Laboratorio de Suelos, Hormigones y Asfalto” de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

#### **3.8.1. Adquisición del cemento, de los Agregados Fino y Grueso.**

Se compro el material en la “Ferretería Blanca”

Coordenada Latitud 2°14'35.83"S y longitud 80°54'57.07"O

Provincia: Santa Elena

Cantón: La Libertad

Parroquia: La Libertad

Ubicación: Ciudadela Virgen del Carmen Q34M+RJ La Libertad Av. 38

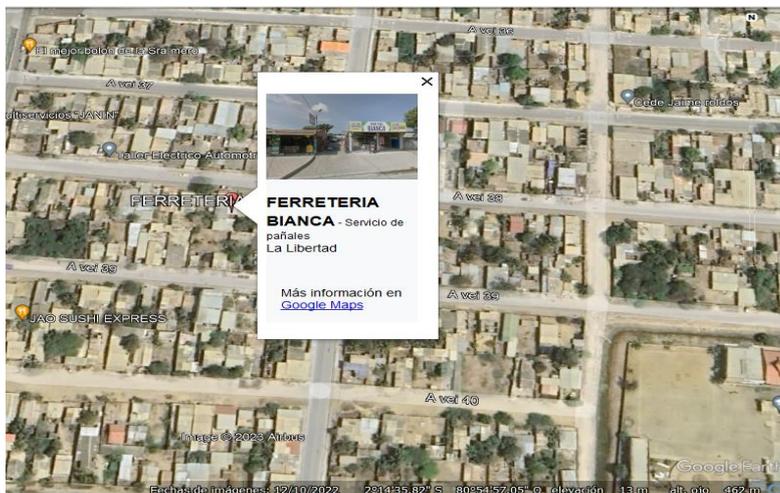
## Figura 1

*Ferretería Bianca venta de materiales*



## Figura 2

*Ubicación Ferretería Bianca – Google maps*



### 3.8.2. Adquisición del papel reciclado.

Se realizó la recolección de papel reciclado gracias a distintas facultades administrativas de la "Universidad Estatal Península de Santa Elena"

Coordenada: Latitud 2°13'36.76"S y longitud 80°53'01.41"O

Provincia: Santa Elena

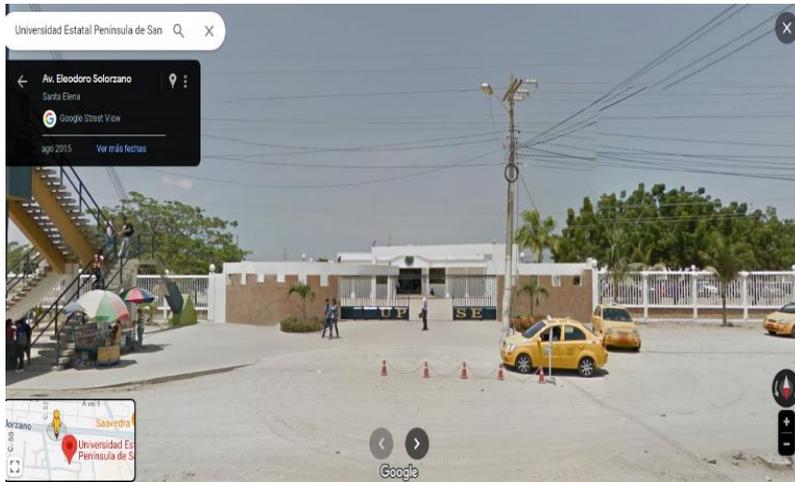
Cantón: La Libertad

Parroquia: La Libertad

Ubicación: Av. Principal La Libertad- Santa Elena Eleodoro Solorzano Q48C+PR  
La Libertad

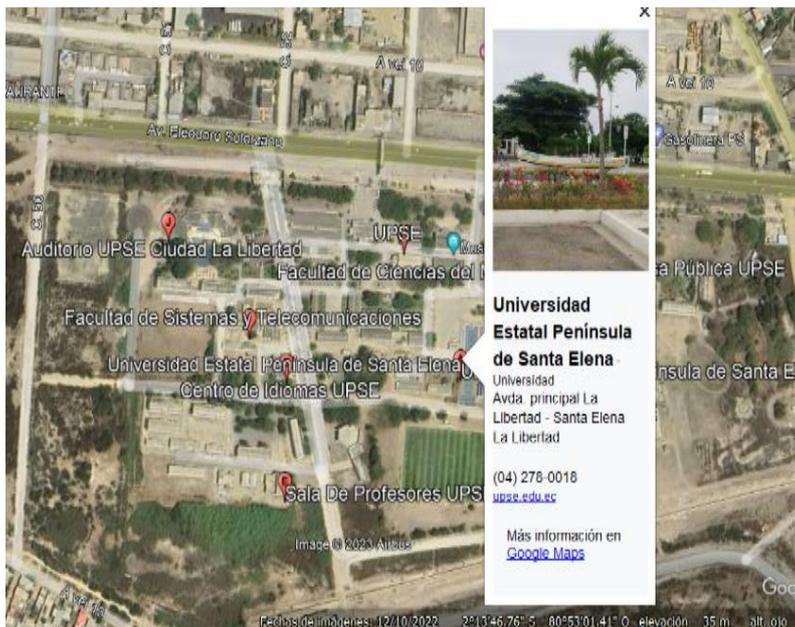
**Figura 3**

*Universidad Estatal Península de Santa Elena*



**Figura 4**

*Ubicación UPSE – Google maps*



### ***3.8.2.1 Recolección del papel reciclado.***

Para la recolección de papel reciclado nos ayudó la Universidad Estatal Península Santa Elena, se realizó solicitud a los diferentes departamentos para que nos colaboren con la recolección

**Figura 5**

*Recolección de papel reciclado en oficinas de la UPSE*



### ***3.8.2.2 Sumergido del papel reciclado.***

Fibras de celulosa de papel blanco reciclado 75gr/m<sup>2</sup> cortada en tiras de 5 mm x 25 mm (saturadas en agua por 24 horas)

**Figura 6**

*Papel blanco, cortado y remojado por 24 horas*



### 3.8.3. Adquisición del bagazo de caña de azúcar.

Se realizó la recolección del bagazo de caña de azúcar en barrio 25 de septiembre.

Coordenada: Latitud  $2^{\circ}14'12.22''S$  y longitud  $80^{\circ}53'53.64''O$

Provincia: Santa Elena

Cantón: La Libertad

Parroquia: La Libertad

Ubicación: calle 31

**Figura 7**

*Barrio 7 de Septiembre*



**Figura 8**

*Local de venta de jugos de caña*



### ***3.8.3.1 Recolección del bagazo de la caña de azúcar.***

Gracias al señor Francisco Suarez que nos facilitó el bagazo de la caña de azúcar, que desecha de su negocio de jugo.

**Figura 9**

*Recolección de bagazo de caña de azúcar*



### ***3.8.3.2 Secado del bagazo de la caña de azúcar.***

Se deja secar el bagazo al sol por varios días ya que se encuentra en estado húmedo.

**Figura 10**

*Secado de gabazo de caña al sol.*



### ***3.8.3.3 Reducir el bagazo de la caña de azúcar a cenizas.***

Una vez que el bagazo estuvo completamente seco se empezó a quemar para obtener las cenizas.

**Figura 11**

*Quema de bagazo de caña de azúcar*



### ***3.8.3.4 Tamizando la ceniza de la caña de azúcar.***

Se realizó el respectivo tamizado para eliminar residuos grandes de lo que se quemó, para obtener las cenizas.

**Figura 12**

*Tamizado de cenizas de caña de azúcar*



### 3.9. ENSAYOS DE LOS RESPECTIVOS AGREGADOS.

#### 3.9.1. Agregados gruesos y finos.

Los agregados para las probetas cilíndricas del hormigón se les realiza varios ensayos entre ellos están:

##### 3.9.1.1 *Determinación de la Granulometría con la norma NTE INEN 696.*

Esta norma se utiliza para determinar las partículas que pasan por cada tamiz del agregado grueso y fino, se toman unas porciones de piedra y arena para ponerlas en los tamices y se obtiene luego el peso del agregado que paso por tal tamiz. Para el ensayo se realiza el siguiente procedimiento:

- ✓ Se utiliza la balanza con una proporción de los agregados de la piedra y la arena que deben estar dentro del rango de la norma.
- ✓ Seleccionar los tamices ordenadamente que tiene una malla con abertura en mm y se le añaden los agregados y se lo coloca en la máquina del tamiz vibratorio con la norma NTE INEN 154.
- ✓ Se determina las partículas retenidas en cada tamiz y pesar.
- ✓ Con los datos obtenidos en cada tamiz se elabora la curva granulométrica.

**Figura 13**

*Tamizado de agregado fino*



### ***3.9.1.2 Determinación del peso volumétrico suelto y compactado con la norma NTE INEN 858:2010.***

En este ensayo se determina el peso volumétrico de los agregados de la piedra  $\frac{3}{4}$  y la arena gruesa de manera compactada, para el cálculo de los vacíos en las partículas, su procedimiento es el siguiente:

- ✓ En la balanza se considera para que tenga precisión de 0,1%, graduarla al menos con 0,05 kg y considerar su rango en peso de masa unitaria de 1920 kg/m<sup>3</sup>.
- ✓ Para su compactación se utiliza una varilla de acero lisa de 16 mm de diámetro y una altura de 600 mm, en donde sus extremos deben estar redondeados con punta semiesférica de 16 mm.
- ✓ El recipiente debe ser rígido de metal de forma cilíndrica de altura debe ser igual o aproximada a su diámetro, debe estar entre el rango 80% a 150% de su diámetro.
- ✓ Se utiliza una pala o cucharón para llenar el molde con el agregado grueso.
- ✓ Utilizar el equipo de calibración en el molde:
  - Una placa de vidrio con 6 mm de espesor y 25 mm mayor a su diámetro y ser calibrada el molde.
  - Llenar el molde con agua a temperatura ambiente
  - Usar un termómetro entre 10 °C a 32 °C para determinar su lectura de temperatura.
- ✓ El tamaño de la muestra es de 125% a 200% para llenar el molde, se seca el agregado grueso y se añade una porción al horno con temperatura constante de 110 °C ± 5°C.
- ✓ Para la masa suelta se llena el molde y el agregado debe estar por encima a 50 mm del molde, se enrasa para que equilibren los vacíos del recipiente.
- ✓ Tomar la lectura del peso del recipiente con su agregado.

**3.9.1.3 Para el ensayo de peso volumétrico compactado según la norma NTE INEN 858:2010.**

- ✓ Se llena la tercera parte del molde se compacta con 25 golpes con la varilla al molde y el agregado, para la distribución uniforme, ser repite el proceso para la mitad y lleno el recipiente.

**Figura 14**

*Agregado fino – Peso volumétrico suelto*



**Figura 15**

*Agregado grueso – Peso volumétrico suelto y varillado*



#### ***3.9.1.4 Determinación de la densidad y absorción del agregado grueso con la norma NTE INEN 857.***

Para este ensayo se determina la densidad promedio sin incluir el volumen de vacíos de las partículas, se realiza el siguiente procedimiento:

- ✓ Se pesa en la balanza la proporción del material de la piedra y se la llena en la canastilla para sumergirla en agua y suspenderla para tomar el peso que sale del material.
- ✓ Tomar una proporción pesarla y ponerla al horno.
- ✓ Sacar la muestra del horno en 24H y dejarla secar al ambiente para después pesarla.
- ✓ Con los valores obtenidos realizar sus respectivos cálculos para determinar los valores de absorción y densidad relativa del diseño de la mezcla del hormigón.
- ✓ Se toma una porción de los agregados para obtener la masa del agregado grueso en saturada y que quede superficialmente seca por eso se realiza este procedimiento dejando el material remojando por 24H, para al día siguiente se expone por un paño y con el sol se seca para eliminar el exceso de agua.

**Figura 16**

*Agregado grueso – material remojado por 24horas*



**Figura 17**

*Agregado grueso - Ensayo Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S)*



**Figura 18**

*Agregado grueso – Porcentaje de absorción (horno 24horas)*



**3.9.1.5 Determinación de la densidad y absorción del agregado fino con la norma NTE INEN 856.**

- ✓ Se realiza el ensayo en el picnómetro donde se detallan los siguientes procesos.
- ✓ Para este ensayo se determina una porción de arena gruesa de 500 gr.
- ✓ Se deja remojando la porción por 24H y al día siguiente secar al ambiente para realizar el ensayo del picnómetro y cono truncado.
- ✓ Utilizar el picnómetro, se utiliza un matraz para realizar en ensayo para introducir arena con su volumen adecuado que debe llegar hasta un 50%.

- ✓ Con el ensayo del cono truncado se determina la humedad superficial dejando caer en caída libre la arena y compactar por tres capas en 25 golpes.
- ✓ Cuando la arena se desmorona de manera ligera indica que alcanzo su condición superficial seca.
- ✓ Con el picnómetro se llena de agua a 500 gr, se le añade la arena seca hasta un 90%, con otro poco de agua y se agita el picnómetro para eliminar las burbujas de aire.
- ✓ Ajustar la temperatura del picnómetro y tomar la lectura que aumento el agua, se retira la arena y se la pone al horno para determinar su masa.

**Figura 19**

*Agregado fino – material remojado por 24horas*



**Figura 20**

*Agregado fino – Secado al ambiente*



**Figura 21**

*Ensayo Densidad Saturada Superficialmente Seca (D.S.S.S)*



**Figura 22**

*Ensayo cono truncado – humedad superficial*



**3.9.1.6 Determinación del contenido de humedad con la norma NTE INEN 862.**

- ✓ Con este ensayo se determina el porcentaje de humedad de la piedra y arena.
- ✓ Se toma una porción de los agregados en un recipiente y se pesa su masa en la balanza y se la deja en el horno por 24H
- ✓ Al día siguiente se toma la lectura del peso de los agregados.

**Figura 23**

*Contenido de Humedad – agregados al horno 24 horas*



### 3.10. DISEÑO DE MEZCLA PARA HORMIGÓN PROPORCIONAMIENTO DE COMPONENTES ARA 1M3 DE HORMIGÓN (METODO ACI 211.1)

Con los datos obtenidos en los ensayos del peso volumétrico, densidad, absorción y humedad de los agregados gruesos y finos, con el respectivo calculo se determina la dosificación de 210 kg/cm<sup>2</sup> por el método ACI-211.1 tenemos los siguientes pasos:

- i. Selección de la resistencia promedio  $f'_{cr}$  para el diseño de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, debido a que no cuenta con una desviación estándar se utiliza la tabla 11 para el cálculo el cual se muestra a continuación:

$$f'_{cr}= f'_c+84$$

$$f'_{cr}= 210+84$$

$$f'_{cr}= 294 \text{ kg/cm}^2$$

**Tabla 11**

*Resistencia a la compresión promedio*

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_{cr}+70$
210 a 350	$f'_{cr}+84$
Sobre 350	$f'_{cr}+98$

- ii. Elección del revenimiento de acuerdo con el tipo de obra para el que se diseña la mezcla de concreto y se especifica en la tabla 12.

**Tipo de construcción:**

Losas y pavimentos

**Revenimiento:**

2 - 8 cm

**Tabla 12***Revenimientos recomendados por ACI, en diversas obras de concreto*

Tipo de construcción	Revenimiento máx.	Revenimiento min.
	(cm)	(cm)
Concreto reforzado en muros y zapatas	8	2
Concreto en zapatas simples, corazas y muro de cimentación	8	2
Muros y vigas de concreto reforzado	10	2
Columnas para edificios	10	2
Losas y pavimentos	8	2
concreto masivo	5	2

- iii. Elección del tamaño máximo nominal en base a los ensayos de la granulometría del agregado grueso.

**Tamaño máximo de la grava: 1" (25 mm)**

- iv. Estimación del contenido de agua en la tabla 13.

**Cantidad de agua: 193 kg/m<sup>3</sup>**

**Tabla 13**

*Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaño máximos de agregados.*

slump (mm) N°	Tamaño máximo de agregados							
	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
	(cm)							
	<b>Concreto sin Aire Incorporado</b>							
2,5 ≥ 5	207	199	190	179	166	154	130	113
<b>7,5 ≥ 10</b>	228	216	205	<b>193</b>	181	169	145	124
15 ≥ 17,5	243	228	216	202	190	178	160	
% Aire								
Atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

- v. Determinación de la relación a/c requerida, para una resistencia a la resistencia de 294 kg/cm<sup>2</sup>, la cual se obtiene de la tabla 14 por interpolación lineal.

**Tabla 14**

*Datos para el cálculo de la relación a/c por interpolación lineal*

$$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0)$$


---

**Interpolación Lineal**

---

x0	350	y0	0,4
x	294	y	0,46
x1	280	y1	0,48

---

$$\frac{a}{c} = 0,4 + \frac{0,48 - 0,4}{280 - 350} * (294 - 350)$$

$$a/c = 0,46$$

- vi. Determinación del factor cemento, se realiza despejando c de la fórmula de relación a/c y reemplazando a por la cantidad de agua calculada 193 kg/m<sup>3</sup>.

$$a/c = 0,46$$

$$c = a/0,46$$

$$c = 193/0,46$$

$$c = 419,57 \text{ kg/m}^3$$

- vii. Determinación del contenido de agregado grueso, se realiza el tamaño nominal máximo 1" (25mm) y el módulo de finura del agregado fino 2,53 para calcular el volumen del agregado grueso utilizado la tabla 15 y tabla 16 por interpolación lineal, posteriormente el volumen calculado se multiplica por el peso volumétrico varillado del agregado grueso y se obtiene la cantidad del agregado requerido.

**Tabla 15**

*Volumen del agregado grueso (m<sup>3</sup>) por volumen unitario del concreto.*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen (m <sup>3</sup> ) de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2,4	2,6	2,8	3
3/8"=9,5mm	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2"=12,5mm	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"=19mm	0,66	0,64	0,62	0,6
1"=25mm	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"=37,5mm	0,76	0,74	0,72	0,7
2"=50mm	0,78	0,76	0,74	0,72
3"=75mm	0,81	0,79	0,77	0,75
6"=150mm	0,87	0,85	0,83	0,81

**Tabla 16**

*Datos para el cálculo del vol. Del agregado grueso por interpolación lineal*

$y = y_0 + \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} * (x - x_0)$			
<b>Interpolación Lineal</b>			
x0	2,4	y0	0,71
x	2,53	y	0,70
x1	2,6	y1	0,69

$$\text{vol. agregado grueso} = 0,71 + \frac{0,69 - 0,71}{2,6 - 2,4} * (2,53 - 2,4)$$

$$\text{Vol. Agregado grueso} = 0,70 \text{ m}^3$$

$$P_{\text{agregado grueso}} = V_{\text{agregado grueso}} * P.V.V$$

$$P_{\text{agregado grueso}} = 0,70 * 1446,05$$

$$P_{\text{agregado grueso}} = 1008,19 \text{ kg/m}^3$$

viii. Cálculo de volúmenes absolutos de materiales para el diseño de la mezcla de concreto los cuales se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17**

*Volumen absoluto de materiales para 1 m<sup>3</sup> de hormigón.*

	<b>W (kg)</b>	<b>D (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	<b>%propor. V</b>
<b>Agua</b>	193	1000	0,193	19,300
<b>Cemento</b>	419,57	2950	0,142	14,223
<b>Grava</b>	1008,19	3227,09	0,312	31,241
<b>Aire atrapado</b>	0,00	0,00	0,015	1,500
<b>Arena</b>	<b>873,99</b>	2590,67	0,337	33,736
<b>Total</b>			1,000	100,000

**P agregado fino= 873,99 kg/m<sup>3</sup>**

- ix. Proporción de los materiales para 1m<sup>3</sup> de hormigón, corregida por humedad y absorción de los agregados para obtener la cantidad de material a ser utilizado en la elaboración de las probetas se muestran en la tabla 18 y tabla 19 y la tabla 20.

**Tabla 18**

*Corrección por humedad de los agregados.*

	<b>humedad gruesa</b>		<b>humedad fina</b>			
	0,20		5,61			
	<b>Peso SECO</b>		<b>% humedad</b>	<b>% Adición humedad</b>	<b>Valor Corrección</b>	<b>Peso Corregido</b>
<b>Agregado fino</b>	873,99	kg	100	5,61	1,056128388	<b>923,05 kg</b>
<b>Agregado grueso</b>	1008,19	kg	100	0,20	1,001968349	<b>1010,17 kg</b>

**Tabla 19**

*Corrección por humedad y absorción superficial de los agregados.*

	<b>Humedad nat.</b>	<b>Absorción</b>	<b>Adición</b>	
<b>Agregado fino</b>	5,61%	5,14%	0,48%	Adiciona Agua
<b>Agregado grueso</b>	0,20%	2,49%	-2,29%	Absorbe Agua
<b>Aporte de humedad</b>	<b>Peso Agregado</b>	<b>Adición</b>	<b>Cantidad que aportan</b>	
<b>Agregado fino</b>	873,99	0,48%	4,16	lt/m <sup>3</sup>
<b>Agregado grueso</b>	1008,19	-2,29%	-23,09	lt/m <sup>3</sup>
<b>Aporte de humedad de los agregados</b>			<b>-18,94</b>	lt/m <sup>3</sup>
<b>Agua efectiva:</b>	<b>211,94</b>	lt/m <sup>3</sup>		

**Tabla 20***Corrección por humedad y absorción*

<b>CORRECCIÓN POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN</b>			
<b>MATERIALES</b>	<b>W (kg)</b>		<b>Corrección W (kg)</b>
<b>Agregado grueso</b>	1008,19		1010,17
<b>Agregado fino</b>	873,99		923,05
<b>Cemento</b>	419,57		419,57
<b>Agua efectiva:</b>	193		211,94
<b>Total</b>	<b>2924,75</b>	<b>Para 1 m<sup>3</sup></b>	<b>2564,73</b>

- x. Proporción en peso de los materiales corregidos por humedad y absorción.

$$\frac{W_c}{w_c}; \frac{w_{arena}}{w_c}; \frac{w_{grava}}{w_c} / \frac{Agua_{efectiva}}{w_c}$$

$$\frac{419,57}{419,57}; \frac{923,05}{419,57}; \frac{1010,17}{419,57} / \frac{193}{419,57}$$

$$1; 2,20; 2,41/0,46$$

### **3.10.1. Elaboración de las probetas cilíndricas con diferentes porcentajes del diseño de hormigón.**

Los diseños de las mezclas se dieron de acuerdo con los resultados obtenidos mediante los ensayos, la elaboración de las probetas cilíndricas se realizó en el "Laboratorio de Suelos y Asfalto" en la Universidad Estatal Península de Santa Elena. Utilizando los moldes de acero de 300 mm de altura y 150 mm de diámetro en donde se sustituye al cemento con un 5% y 10% de fibra de celulosa de papel y con un 5% y 10% de ceniza de caña de azúcar.

Se peso las proporciones de los materiales para la respectiva mezcla, en donde en la concreteira se añade primero la piedra, mitad de cemento con agua y mezclar, después colocar la arena junto con la otra mitad de cemento, agua y adicionando la fibra de papel y la ceniza de caña de azúcar.

En la tabla 21 se detalla las siguientes proporciones que se usó en la mezcla:

DOSIFICACION DE MEZCLA  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> y en la figura 24 están los materiales para la dosificación.

**Tabla 21**

*Dosificación del hormigón*

<b>PROPORCION DE LA MEZCLA DE UN HORMIGON F' C 210 KG/CM<sup>2</sup></b>				
Material	1m3	0%	5%	10%
<b>Cemento GU</b>	419,570	16,682	15,84	15,014
<b>Agua</b>	211,940	8,427	8,427	8,427
<b>Arena</b>	873,990	34,750	34,750	34,750
<b>Piedra</b>	1008,900	40,086	40,086	40,086
<b>Fibra de celulosa de papel reciclado</b>	0	0	0,834	1,668
<b>Ceniza de caña de azúcar</b>	0	0	0,834	1,668

**Figura 24**

*Materiales dosificados para la mezcla de hormigón*



### 3.10.2. Ensayo de revenimiento del hormigón en estado fresco.

El ensayo se lo realiza por el cono de Abrams con su norma de la NTE INEN 1578 de hormigón de cemento hidráulico figura 25.

Cuando se realizó la respectiva mezcla del hormigón convencional y el hormigón de fibras de celulosa de papel reciclado y hormigón con ceniza de caña de azúcar se realizó el ensayo tomando una porción de la mezcla para llenarla al molde en 3 capas con el varillado de 25 golpes para tener una compactación, luego eliminar el excedente con la varilla enrasando, sacar el molde cuidadosamente y medir el asentamiento de la mezcla.

**Figura 25**

*Ensayo de revenimiento - cono de Abrams*



### 3.10.3. Elaboración de las probetas cilíndricas.

En su elaboración de la mezcla figura 26 se realiza el llenado en los moldes metálicos desmontables con medidas d 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, se realizaron 80 probetas, pero en cada día se realizaron 16 probetas para 5 tratamientos de hormigones. Las probetas se desencofran durante 24H después del vaciado.

Cuando se desencofran las probetas se le realiza el respectivo curado, sumergiéndolas completamente en la piscina para luego sacarlas para sus roturas de 3,7, 14 y 28 días.

**Figura 26**

*Elaboración de cilindros de hormigón reforzados*



### **3.10.4. Ensayo a la resistencia a la compresión.**

Para este ensayo se usa la norma NTE INEN 1573 del uso de hormigones de cemento hidráulico en la figura 27, en donde se determina su resistencia mediante las roturas con cargas altas y bajas y se realiza a los 3, 7, 14, 28 días para conocer su resistencia en ese tiempo. Se saca la probeta de la piscina de curado, se deja secar al ambiente para que escurra el agua, se pesa y se mide su diámetro y altura y después hacer la rotura en la prensa hidráulica colocar junto con las probetas cilíndricas los neoprenos arriba y debajo de la probeta y se enciende la maquina y se realiza la respectiva rotura.

**Figura 27**

*Lectura de resistencia de cilindros a los 3, 7 14, 28*





## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se analizará los resultados en donde se presentarán gráficos, tablas y análisis de los resultados de resistencias a compresión de las probetas cilíndricas del hormigón convencional, hormigón con fibra de celulosa de papel reciclado y hormigón con ceniza de caña de azúcar a 3, 7, 14 y 28 días, en donde se realizó la sustitución del 5% y 10% de las fibras en el cemento.

### **4.1. RESULTADO DEL O.E1: CARACTERIZAR LOS AGREGADOS, CEMENTO, AGUA, FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR PARA DISEÑAR EL HORMIGÓN CON EL MÉTODO ACI 211.1.**

Se realizó los ensayos (granulométrico, peso volumétrico, densidad, absorción de los agregados grueso y finos) con su respectiva norma para conseguir la dosificación adecuada y optimizar los porcentajes que se utilizaran de fibra de celulosa de papel reciclado y de ceniza de caña de azúcar.

#### **4.1.1. Resultados del ensayo granulométrico de los agregados (NTE INEN 696).**

##### ***4.1.1.1 Granulometría del agregado grueso.***

Los resultados se muestran en la tabla 22 y en la figura 28 en donde presenta los datos que pasa cada partícula retenida del agregado grueso en cada tamiz y la distribución de la curva que cumple con sus límites. Su módulo de finura de 6.964.

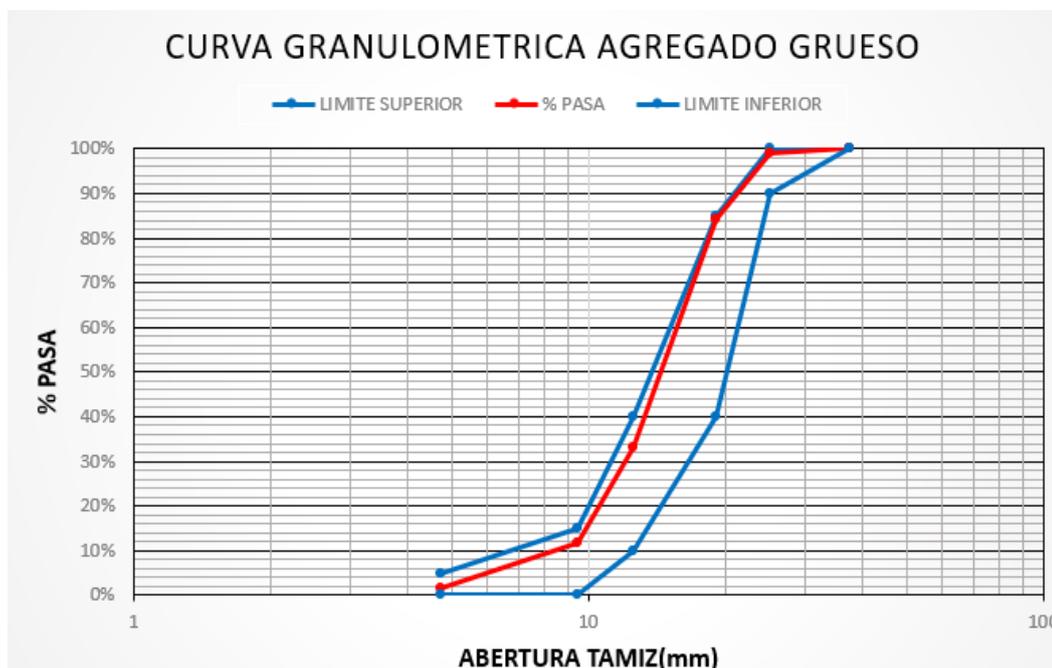
**Tabla 22**

*Granulometría del agregado grueso*

<b>Agregado Grueso</b>					
Tamaño máximo		1 1/2"	Tamaño máximo nominal		1"
Tamiz		Peso retenido	% Retenido		%
Pasa					
Nº	abertura (mm)	(gr)	Total %	Acumulado %	
<b>1 1/2"</b>	37.5	0	0	0	100
<b>1"</b>	25	0.094	0.96	0.96	99.04
<b>3/4"</b>	19	1.437	14.73	15.70	84.30
<b>1/2 "</b>	12.5	4.997	51.24	66.93	33.07
<b>3/8"</b>	9.5	2.075	21.28	88.21	11.79
<b>Nº 4</b>	4.75	1.008	10.34	98.54	1.46
<b>Nº 8</b>	2.36	0.001	0.01	98.55	1.45
<b>Nº 16</b>	1.18	0.029	0.30	98.85	1.15
<b>Nº 30</b>	0.6	0	0	98.85	1.15
<b>Nº50</b>	0.3	0	0	98.85	1.15
<b>Nº100</b>	0.15	0	0	98.85	1.15
<b>FONDO</b>		0.112	1.15	100	
<b>TOTAL</b>		9.753			
		<b>MF</b>	6.964		

**Figura 28**

*Curva granulométrica del agregado grueso*



#### 4.1.1.2 Granulometría del agregado fino.

Los resultados se muestran en la tabla 23 y en la figura 29 en donde presenta los datos que pasan en cada tamiz y la distribución de la curva que si cumple con los límites de la granulometría para el agregado fino. Su módulo de finura de 2.528.

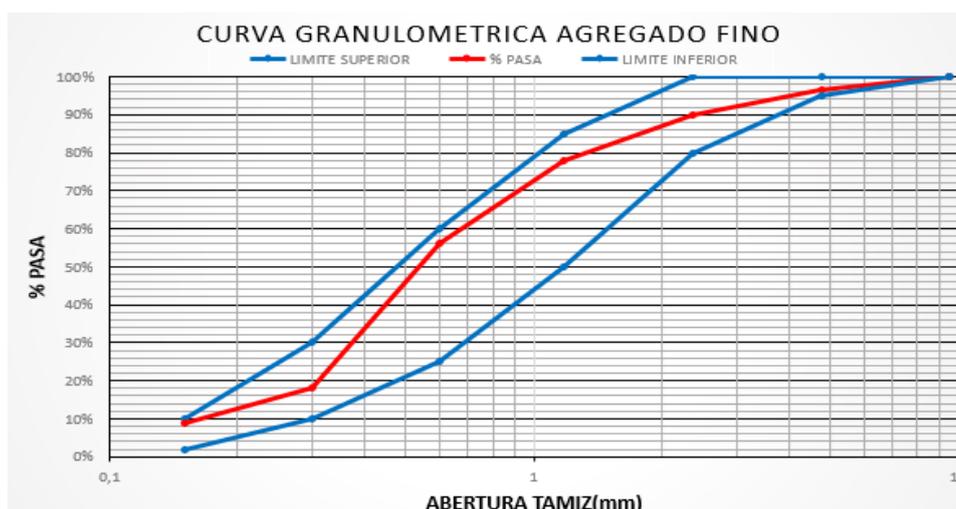
**Tabla 23**

*Granulometría del agregado fino*

<b>Agregado Fino</b>					
Tamaño máximo	1 ½"	Tamaño máximo nominal	1"		
Tamiz	Peso retenido	% Retenido			
Pasa					
Nº	abertura (mm)	(gr)	Total %	Acumulado %	
<b>1 1/2"</b>	37.5				100
<b>1"</b>	25				100
<b>3/4"</b>	19				100
<b>1/2 "</b>	12.5				100
<b>3/8"</b>	9.5	0	0	0	100
<b>Nº 4</b>	4.75	0.054	3.60	3.60	96.40
<b>Nº 8</b>	2.36	0.097	6.47	10.07	89.93
<b>Nº 16</b>	1.18	0.183	12.20	22.27	77.73
<b>Nº 30</b>	0.6	0.321	21.40	43.67	56.33
<b>Nº50</b>	0.3	0.575	38.33	82.00	18.00
<b>Nº100</b>	0.15	0.138	9.20	91.20	8.80
<b>FONDO</b>		0.132	8.80	100	
<b>TOTAL</b>		1.5			
			<b>MF</b>	2.528	

**Figura 29**

*Curva granulométrica del agregado fino*



## 4.1.2. Resultado del ensayo de peso volumétrico suelto del agregado grueso y fino.

### 4.1.2.1 *Peso volumétrico del agregado grueso.*

Los resultados se presentan en la tabla 24 donde el peso volumétrico de la piedra es de 1252.97 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 24**

*Peso volumétrico agregado grueso*

<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	9.74 x10 <sup>-3</sup>
P.V.S + Recipiente (kg)	23.14
Recipiente (kg)	10.94
Peso suelto del material (kg)	12.20
Peso volumétrico suelto P.V.S (kg/m <sup>3</sup> )	1252.97

### 4.1.2.2 *Peso volumétrico varillado del agregado grueso*

Los resultados se presentan en la tabla 25 donde el peso volumétrico varillado de la piedra es de 1446.05 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 25**

*Peso volumétrico varillado del agregado grueso*

<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	9.74 x10 <sup>-3</sup>
P.V.S + Recipiente (kg)	25.02
Recipiente (kg)	10.94
Peso varillado del material (kg)	14.08
Peso volumétrico varillado P.V.V (kg/m <sup>3</sup> )	1446.05

### 4.1.2.3 *Peso volumétrico del agregado fino*

Los resultados se presentan en la tabla 26 donde el peso volumétrico de la arena es de 1053.09 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla 26***Peso volumétrico del agregado fino*

<b>AGREGADO FINO</b>	
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	2.92x10 <sup>-3</sup>
P.V.S + Recipiente (kg)	7.50
Recipiente (kg)	4.42
Peso suelto del material (kg)	3.08
Peso volumétrico suelto P.V.S (kg/m <sup>3</sup> )	1053.09

### **4.1.3. Resultados del ensayo de densidad y absorción del agregado grueso con la norma NTE INEN 857 y el agregado fino con la norma NTE INEN 856.**

#### *4.1.3.1 Ensayo de densidad y absorción del agregado grueso.*

Los resultados se presentan en la tabla 27 donde indico que es de 2.49 % de absorción de la piedra.

**Tabla 27***Ensayo de densidad y absorción del agregado grueso*

<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Peso saturado superficialmente seco gr P.S.S.S	2000
Peso de la muestra sumergida en agua gr	1004
Peso de la muestra seca al horno gr	603
Densidad relativa gr/cm <sup>3</sup>	3.23
Porcentaje de absorción %	2.49

#### *4.1.3.2 Ensayo de densidad y absorción del agregado fino.*

Los resultados se presentan en la tabla 28 donde indico que es de 5.14 % de absorción de la arena.

**Tabla 28***Ensayo de densidad y absorción del agregado fino*

<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Peso de la muestra seca al horno gr	307
Lectura del picnómetro llenado con agua hasta la calibración gr	200
Lectura del picnómetro llenado con agua y la muestra hasta la calibración	393
Peso saturado superficialmente seco gr PSSS	500
Densidad relativa gr/cm <sup>3</sup>	2.59
Porcentaje de absorción %	5.14

#### **4.1.4. Contenido de humedad con la norma NTE INEN 862 de los agregados grueso y fino.**

##### *4.1.4.1 Contenido de humedad del agregado grueso*

Los resultados que indico de 0.20 % de contenido de humedad en el agregado grueso y se presentan en la tabla 29.

**Tabla 29***Contenido de humedad del agregado grueso*

<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Peso de la masa humedad	541.00
Peso de la masa seca	540.00
% de Humedad	0.20

##### *4.1.4.2 Contenido de humedad del agregado fino*

Los resultados se presentan en la tabla 30 donde en el ensayo se obtuvo 5.61% de humedad en el agregado fino.

**Tabla 30***Contenido de humedad del agregado fino*

<b>AGREGADO FINO</b>	
Peso de la masa humedad	540.00
Peso de la masa seca	513.00
% de Humedad	5.61

## **4.2. RESULTADOS DEL O.E2: DISEÑAR UNA MEZCLA DE HORMIGÓN CON ADICIÓN DE FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y UN HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $F'_{C}=210 \text{ kg cm}^2$ /A LOS 28 DÍAS MEDIANTE EL MÉTODO ACI 211.1.**

### **4.2.1. Dosificación con la norma ACI 211.1.**

Los resultados para la dosificación se presentan en las tablas 31 y 32 con los datos de los agregados grueso y fino, el peso específico del cemento, del agua y con un asentamiento adecuado para el diseño de piso, se obtuvo respectivos resultados de agua, cemento, piedra, arena y al cemento se le redujo el 5% y 10% de celulosa de papel y ceniza de caña de azúcar. Con estos resultados se realizan 16 probetas cilíndricas para calcular sus resistencias a los 3, 7, 14 y 28 días para el hormigón de celulosa de papel reciclado y para el hormigón con ceniza de caña de azúcar y comparar las resistencias con el hormigón normal para ver cuál de ellas cumplió con las resistencias.

**Tabla 31***Dosificación diseño de hormigón*

<b>DATOS DE DISEÑO</b>	
δ Peso específico del cemento kg/m <sup>3</sup>	2950
δ Agua kg/m <sup>3</sup>	1000
Asentamiento cm	9
<b>GRAVA</b>	
Peso volumétrico suelto de la grava kg/m <sup>3</sup>	1252.97
Peso volumétrico varillado de la grava kg/m <sup>3</sup>	1446.05
δ D.S.S.S. de la grava kg/m <sup>3</sup>	3227.09
Tamaño máximo nominal de la grava mm	25
Absorción de la grava %	2.49
Humedad de la grava %	0.20
<b>ARENA</b>	
Módulo de finura de la arena kg/m <sup>3</sup>	2.53
Peso volumétrico de la arena kg/m <sup>3</sup>	1053.09
δ D.S.S.S. de la arena kg/m <sup>3</sup>	2590.67
Absorción de la arena %	5.14
Humedad de la arena %	5.61

**Tabla 32***Diseño de hormigón*

<b>DISEÑO</b>	
Resistencia promedio a la compresión f'c kg/cm <sup>2</sup>	210
Resistencia a la compresión requerida f'c kg/cm <sup>2</sup>	294
Agua de diseño lt	193
Relación agua/cemento kg/m <sup>3</sup>	419.57
Peso total del agregado grueso kg/m <sup>3</sup>	1008.19
Peso total del agregado fino kg/m <sup>3</sup>	873.99
Proporción en peso en seco	1;2.40;2.08
Corrección de humedad grueso kg	923.05
Corrección de humedad fino kg	1010.17
Agua efectiva lt	211.94
Proporción en peso húmedo	1;2.41;2.20
Proporción para un saco de cemento	0.12;0.29;0.26
Proporción para un 1 m <sup>3</sup>	1;2.08;2.40
<b>Peso de los materiales para la mezcla en las probetas HN</b>	

Cemento kg	16.682
Piedra kg	40.086
Arena kg	34.750
Agua lt	8.427
<b>Peso de los materiales para la mezcla en las probetas de papel y caña 5%</b>	
Cemento kg	15.848
Piedra kg	40.086
Arena kg	34.750
Agua lt	8.427
5% de fibra de papel reciclado y 5% de ceniza de caña de azúcar kg	0.834
<b>Peso de los materiales para la mezcla en las probetas de papel y caña 10%</b>	
Cemento kg	15.014
Piedra kg	40.086
Arena kg	34.750
Agua lt	8.427
10% de fibra de papel reciclado y 10% de ceniza de caña de azúcar kg	1.668

### **4.3. RESULTADOS DEL O.E3: EVALUAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN CON FIBRA DE CELULOSA DE PAPEL RECICLADO Y HORMIGÓN CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR, EN LOS PERIODOS DE 3, 7, 14 Y 28 DÍAS.**

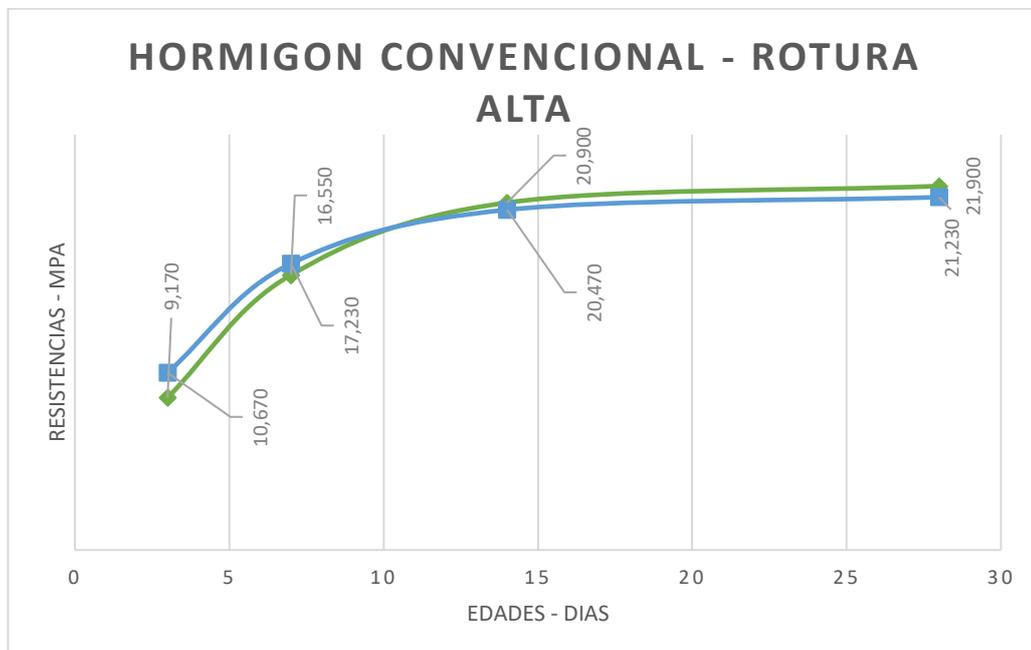
#### **4.3.1. Hormigón convencional.**

##### *4.3.1.1 Resultados de roturas alta (Hormigón convencional).*

Los resultados del ensayo a compresión con rotura alta se muestran en la Tabla 33 y en la figura 30. Se obtiene una resistencia de 21,565 MPA a los 28 días.

**Tabla 33***Resultados de roturas alta (Hormigón convencional).*

HORMIGON CONVENCIONAL - ROTURA ALTA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
20/10/2023		198,070	9,170	
	3			9,92
20/10/2023		219,300	10,670	
26/10/2023		321,090	16,550	
	7			16,89
26/10/2023		322,200	17,230	
6/11/2023		369,990	20,900	
	14			20,685
6/11/2023		379,400	20,470	
17/11/2023		404,700	21,900	
	28			21,565
17/11/2023		375,200	21,230	

**Figura 30***Cuadro de resistencias alta – hormigón convencional*

#### 4.3.1.2 Resultados de roturas baja (Hormigón convencional).

Los resultados del ensayo a compresión con rotura baja se muestran en la Tabla 34 y en la figura 31. Se obtiene una resistencia de 18,395 a los 28 días.

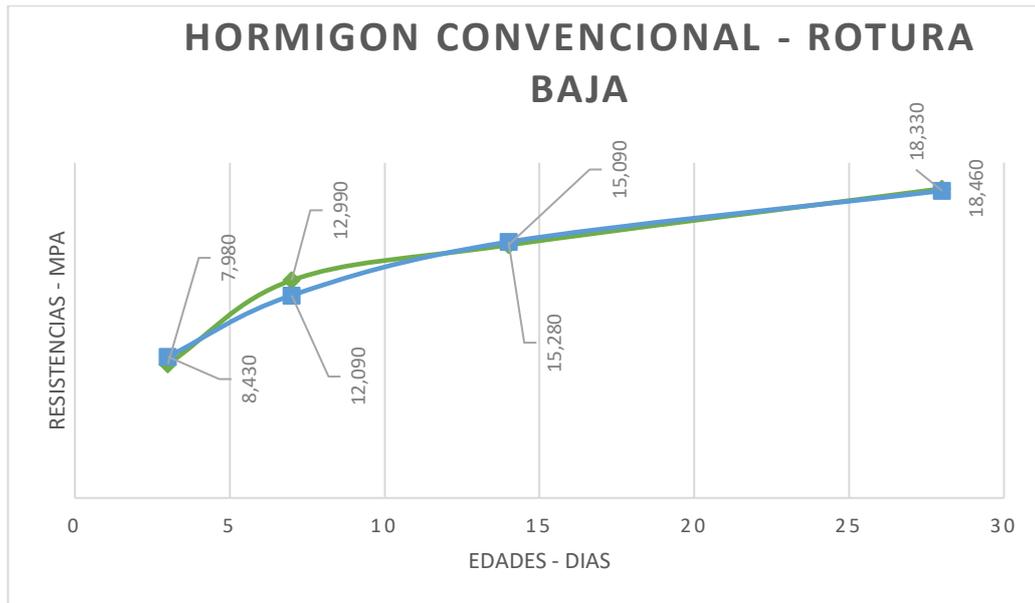
**Tabla 34**

*Resultados de roturas en baja (Hormigón convencional).*

HORMIGON CONVENCIONAL - ROTURA BAJA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
20/10/2023		219,900	7,980	
	3			8,205
20/10/2023		222,570	8,430	
26/10/2023		311,780	12,990	
	7			12,54
26/10/2023		313,090	12,090	
6/11/2023		369,990	15,090	
	14			15,185
6/11/2023		323,000	15,280	
17/11/2023		326,200	18,460	
	28			18,395
17/11/2023		324,000	18,330	

**Figura 31**

*Cuadro de resistencias baja – hormigón convencional*



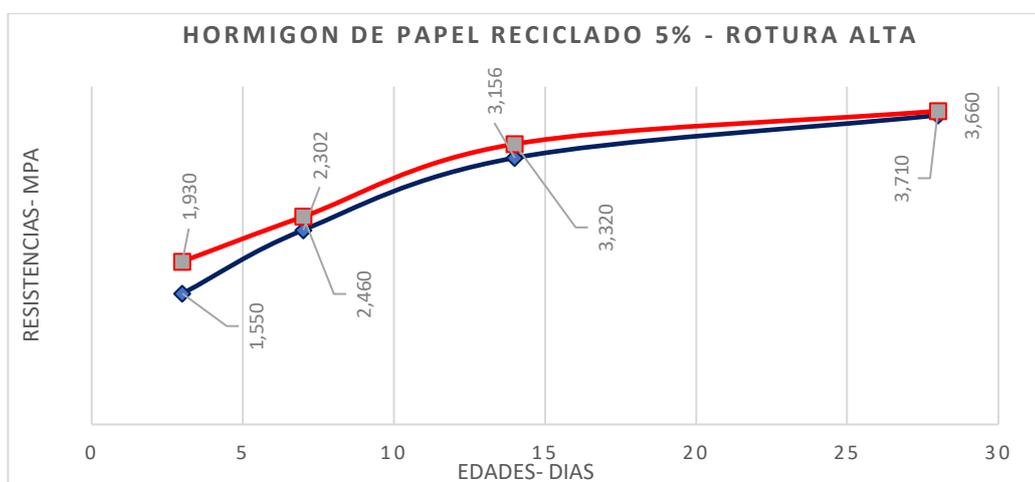
#### **4.3.2. Hormigón de fibra de celulosa de papel reciclado con el 5%.**

##### **4.3.2.1 Resultados de rotura alta (Hormigón papel reciclado 5%).**

Los resultados del ensayo a compresión con rotura alta se muestran en la Tabla 35 y en la figura 32. Se obtiene una resistencia de 3,685 MPA a los 28 días.

**Tabla 35***Resultados de roturas en alta – hormigón papel reciclado*

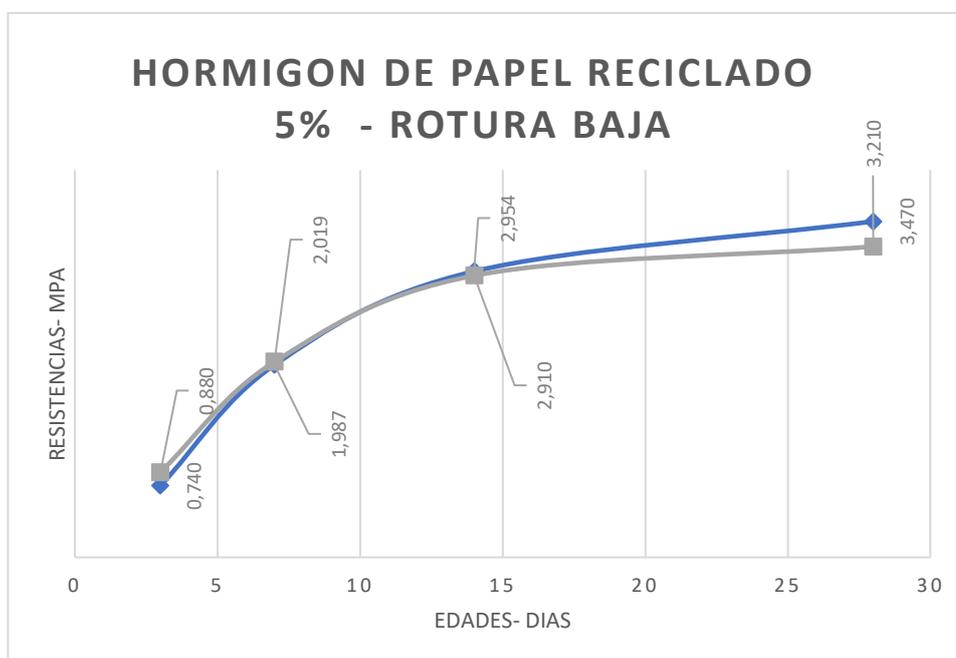
HORMIGON PAPEL RECICLADO - ROTURA ALTA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
23/10/2023		33,450	1,550	
	3			1,74
23/10/2023		34,200	1,930	
26/10/2023		43,900	2,302	
	7			2,381
26/10/2023		43,400	2,460	
7/11/2023		57,980	3,156	
	14			3,238
7/11/2023		58,700	3,320	
18/11/2023		43,500	3,660	
	28			3,685
18/11/2023		67,400	3,710	

**Figura 32***Cuadro de resistencias alta – hormigón de papel reciclado***4.3.2.2 Resultados de rotura baja (Hormigón papel reciclado 5%).**

Los resultados del ensayo a compresión con rotura baja se muestran en la Tabla 36 y en la figura 33. Se obtiene una resistencia de 3,34 MPA a los 28 días.

**Tabla 36***Cuadro de resistencias baja – hormigón con papel reciclado*

HORMIGON DE PAPEL RECICLADO 5% - ROTURA BAJA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
23/10/2023		19,500	0,740	
	3			0,81
23/10/2023		20,050	0,880	
26/10/2023		32,098	1,987	
	7			2,003
26/10/2023		33,005	2,019	
7/11/2023		51,490	2,954	
	14			2,932
7/11/2023		51,500	2,910	
18/11/2023		61,300	3,470	
	28			3,34
18/11/2023		62,000	3,210	

**Figura 33***Cuadro de resistencias baja – hormigón papel reciclado 5%*

### 4.3.3. Hormigón con ceniza de caña de azúcar con el 5%.

#### 4.3.3.1 Resultados de rotura alta (Hormigón con ceniza de caña de azúcar al 5%).

Los resultados del ensayo a compresión con rotura alta se muestran en la Tabla 37 y en la figura 34. Se obtiene una resistencia de 21,847 MPA a los 28 días.

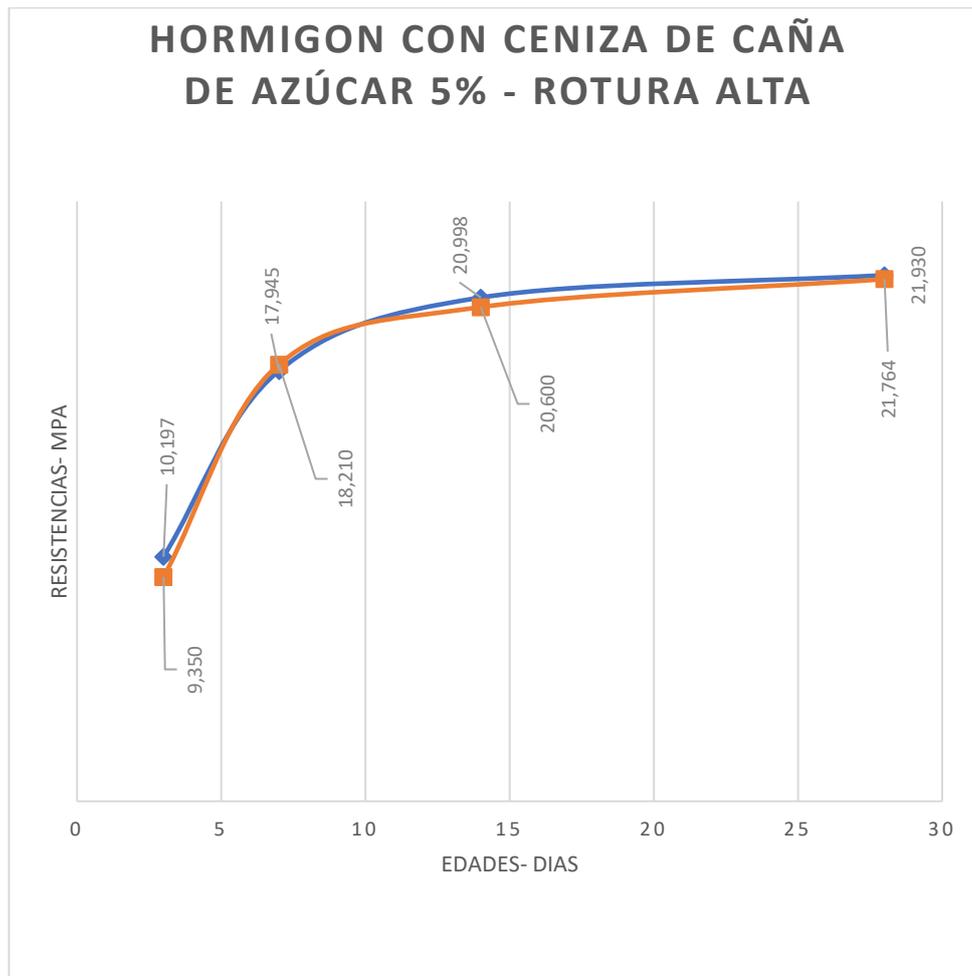
**Tabla 37**

*Cuadro de resistencias alta – hormigón con ceniza de caña de azúcar*

HORMIGON DE CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR - ROTURA ALTA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
23/10/2023		254,084	10,197	
	3			9,7735
23/10/2023		251,300	9,350	
26/10/2023		321,076	17,945	
	7			18,0775
26/10/2023		321,900	18,210	
7/11/2023		401,097	20,998	
	14			20,799
7/11/2023		399,300	20,600	
18/11/2023		431,800	21,930	
	28			21,847
18/11/2023		415,300	21,764	

**Figura 34**

*Cuadro de resistencias alta – hormigón con ceniza de caña de azúcar*

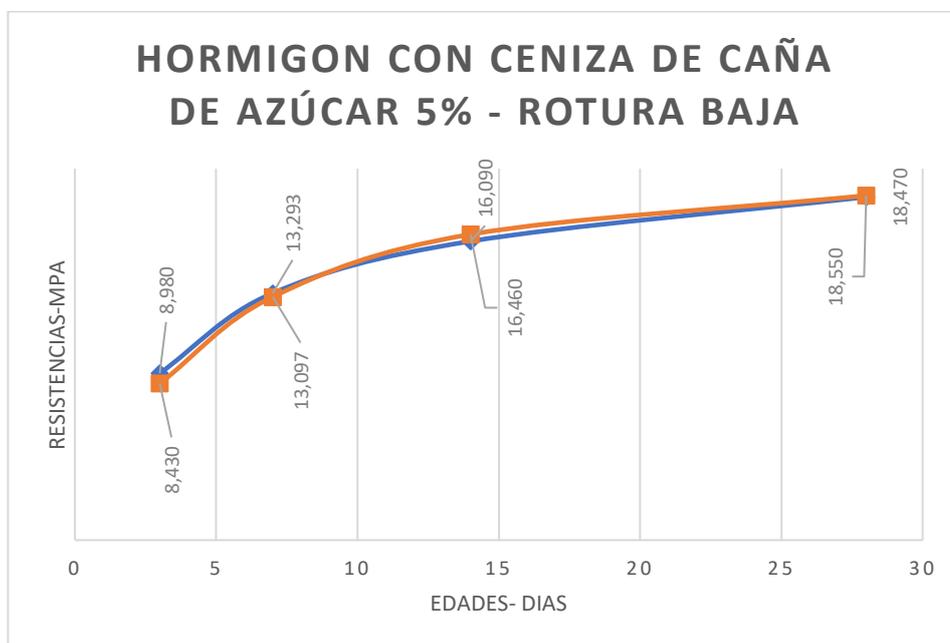


#### ***4.3.3.2 Resultados de rotura baja (Hormigón con ceniza de caña de azúcar 5%).***

Los resultados del ensayo a compresión con rotura baja se muestran en la Tabla 38 y en la figura 35. Se obtiene una resistencia de 18,510 MPA a los 28 días.

**Tabla 38***Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar*

HORMIGON CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR 5% - ROTURA BAJA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
23/10/2023		209,197	8,980	
	3			8,705
23/10/2023		213,784	8,430	
26/10/2023		309,521	13,293	
	7			13,195
26/10/2023		309,873	13,097	
7/11/2023		323,987	16,090	
	14			16,275
7/11/2023		323,300	16,460	
18/11/2023		326,300	18,470	
	28			18,510
18/11/2023		325,800	18,550	

**Figura 35***Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar*

#### 4.3.4. Hormigón de fibra de celulosa de papel reciclado con el 10%.

##### 4.3.4.1 Resultados de rotura alta (Hormigón papel reciclado 10%).

Los resultados del ensayo a compresión con rotura alta se muestran en la Tabla 39 y en la figura 36 Se obtiene una resistencia de 3,9875 MPA a los 28 días.

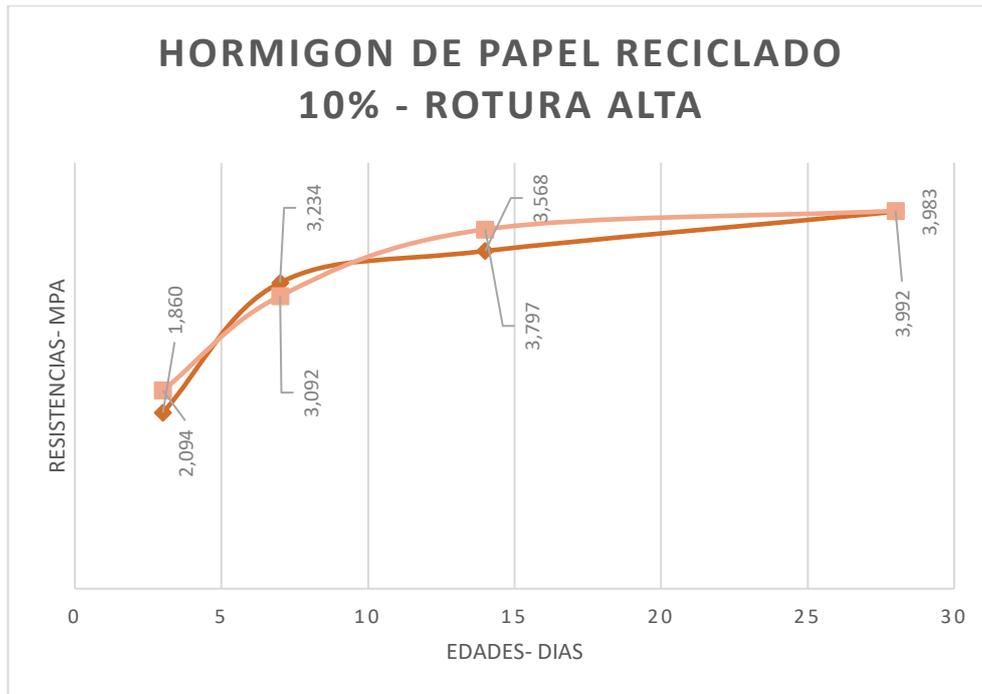
**Tabla 39**

*Cuadro de resistencias alta – hormigón con papel reciclado*

HORMIGON DE PAPEL RECICLADO 10 % - ROTURA ALTA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
23/10/2023		32,450	1,860	
	3			1,977
23/10/2023		33,256	2,094	
26/10/2023		42,974	3,234	
	7			3,163
26/10/2023		43,046	3,092	
7/11/2023		56,789	3,568	
	14			3,6825
7/11/2023		57,345	3,797	
18/11/2023		42,984	3,983	
	28			3,9875
18/11/2023		66,989	3,992	

**Figura 36**

*Cuadro de resistencias alta – hormigón con celulosa de papel reciclado*



**4.3.4.2 Resultados de rotura baja (Hormigón de celulosa de papel reciclado 10 %).**

Los resultados del ensayo a compresión con rotura baja se muestran en la Tabla 40 y en la figura 37. Se obtiene una resistencia de 3,923 MPA a los 28 días.

**Tabla 40**

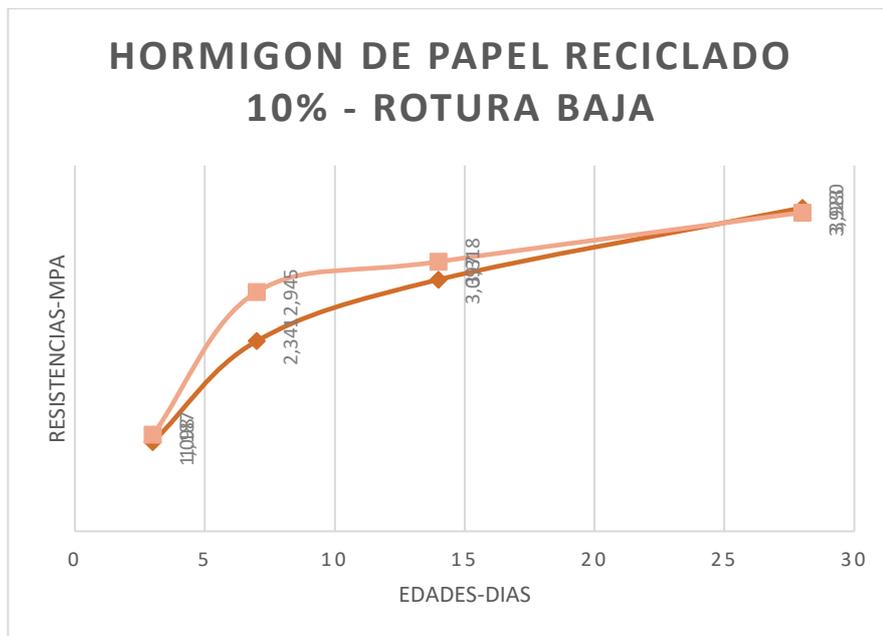
*Cuadro de resistencias baja – hormigón con papel reciclado*

HORMIGON DE PAPEL RECICLADO 5% - ROTURA BAJA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
23/10/2023		19,326	1,098	
	3			1,1425
23/10/2023		20,103	1,187	

26/10/2023	31,986	2,341	
7			2,643
26/10/2023	32,946	2,945	
7/11/2023	51,982	3,097	
14			3,2075
7/11/2023	51,543	3,318	
18/11/2023	63,857	3,980	
28			3,9515
18/11/2023	62,985	3,923	

**Figura 37**

*Cuadro de resistencias baja – hormigón con papel reciclado*



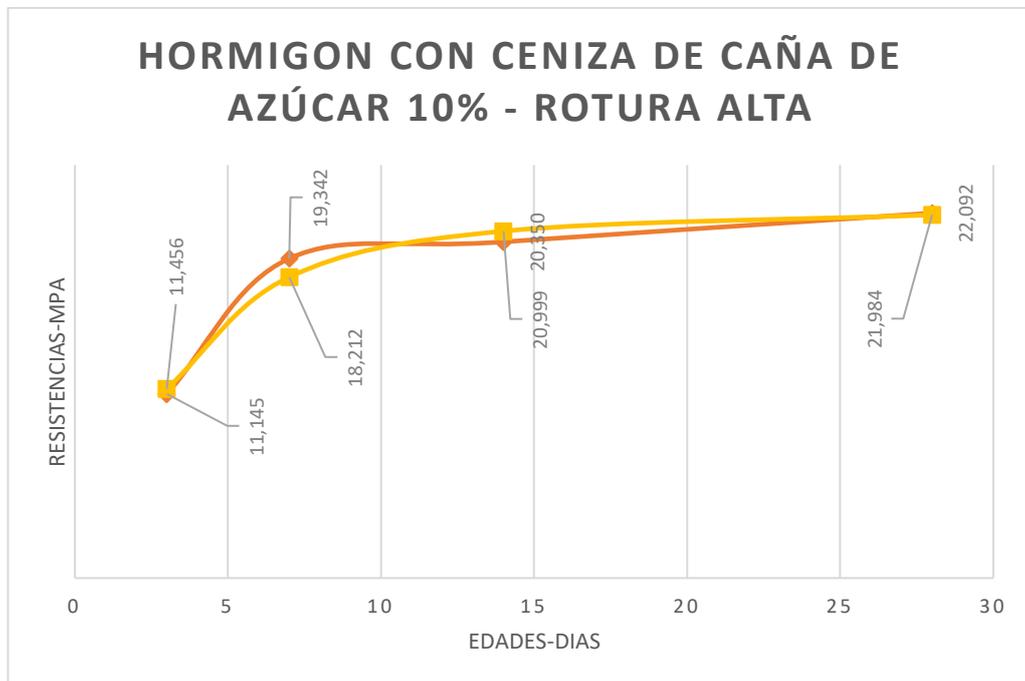
#### **4.3.5. Hormigón con ceniza de caña de azúcar con el 10%.**

##### **4.3.5.1 Resultados de rotura alta (Hormigón con ceniza de caña de azúcar 10%).**

Los resultados del ensayo a compresión con rotura alta se muestran en la Tabla 41 y en la figura 38. Se obtiene una resistencia de 22,038 MPA a los 28 días.

**Tabla 41***Cuadro de resistencias alta – hormigón con caña*

HORMIGON CON CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR- ROTURA ALTA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
23/10/2023	3	256,084	11,145	11.3005
23/10/2023		253,320	11,456	
26/10/2023	7	324,873	19,342	18,777
26/10/2023		323,530	18,212	
7/11/2023	14	403,143	20,350	20,6745
7/11/2023		399,654	20,999	
18/11/2023	28	432,867	22,092	22,038
18/11/2023		435,569	21,984	

**Figura 38***Cuadro de resistencias alta – hormigón con ceniza de caña de azúcar*

**4.3.5.2 Resultados de rotura baja (Hormigón con ceniza de caña de azúcar 10%).**

Los resultados del ensayo a compresión con rotura baja se muestran en la Tabla 42 y en la figura 39. Se obtiene una resistencia de 19.554 MPA a los 28 días.

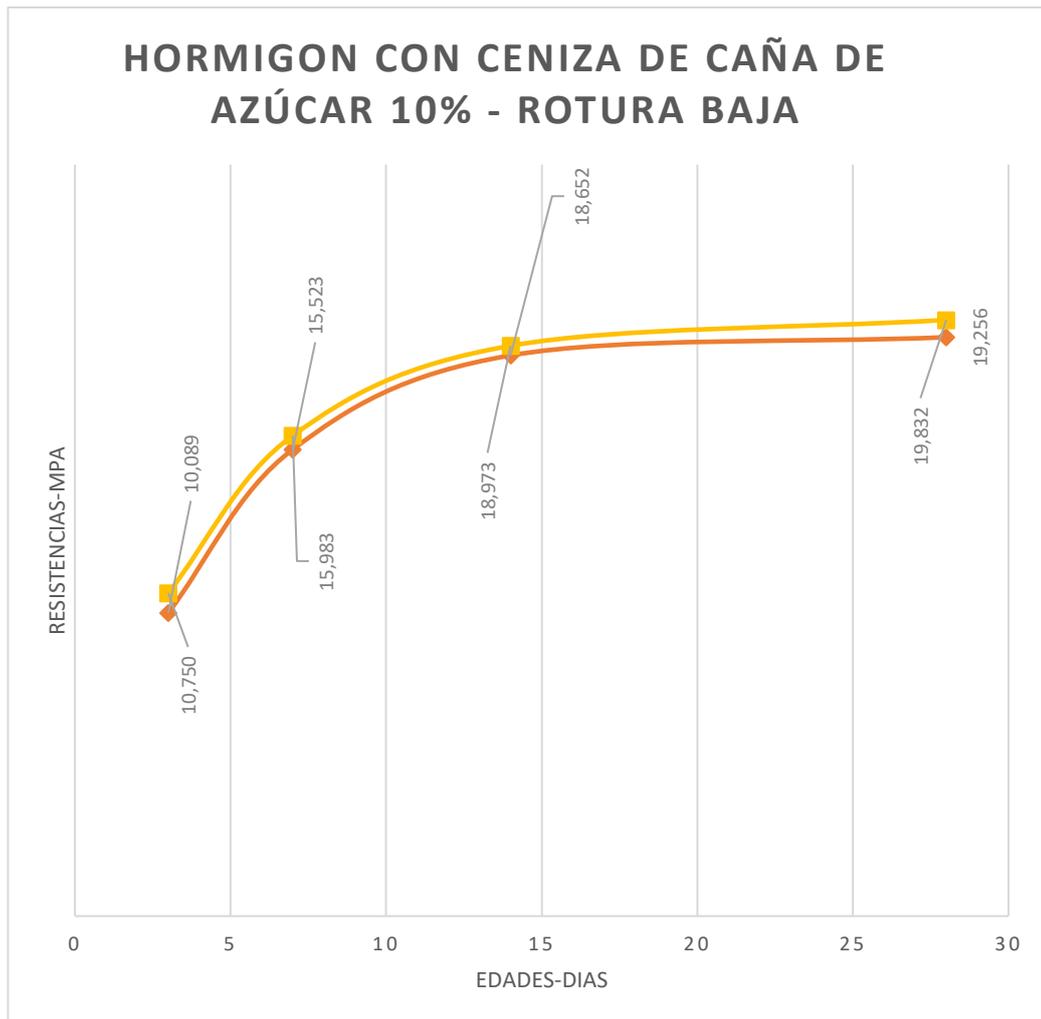
**Tabla 42**

*Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar*

HORMIGON CON CENIZA DE CAÑA DE AZÚCAR 5% - ROTURA BAJA				
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
23/10/2023		204,530	10,089	
	3			10,4195
23/10/2023		215,384	10,750	
26/10/2023		310,034	15,523	
	7			15,753
26/10/2023		311,734	15,983	
7/11/2023		325,934	18,652	
	14			18,8125
7/11/2023		325,256	18,973	
18/11/2023		323,312	19,256	
	28			19,544
18/11/2023		323,653	19,832	

**Figura 39**

*Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar*

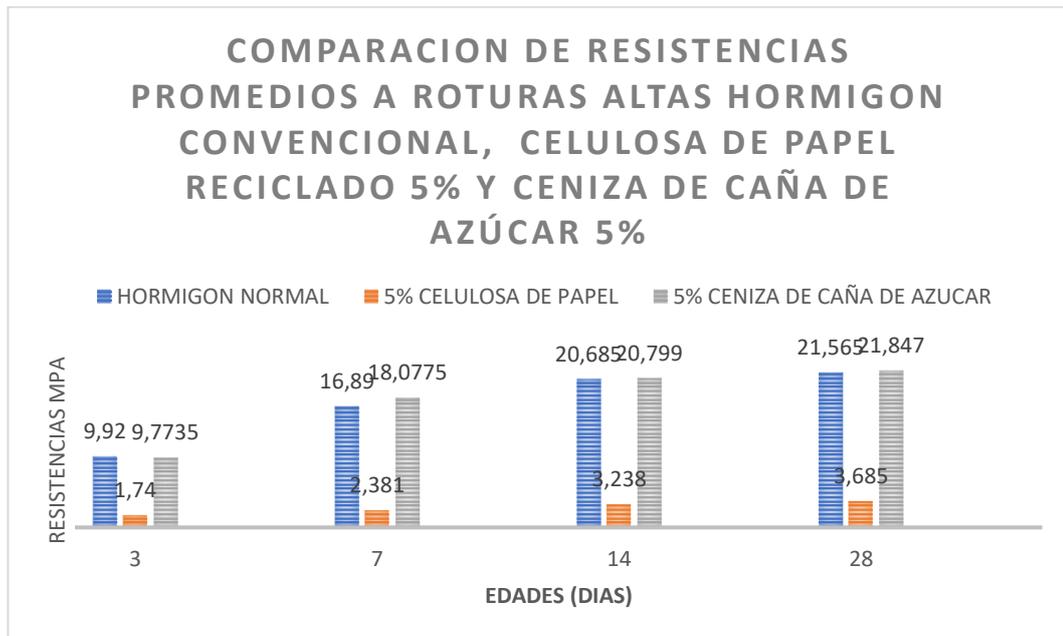


***4.3.5.3 Resultados de comparación de resistencia a roturas altas (Hormigón normal, 5% de celulosa de papel y 5% con ceniza de caña de azúcar).***

Los resultados del ensayo a compresión con rotura altas se muestran en la figura 40.

**Figura 40**

*Comparación de resistencia a roturas altas (Hormigón normal, 5% de celulosa de papel y 5% ceniza de caña de azúcar).*

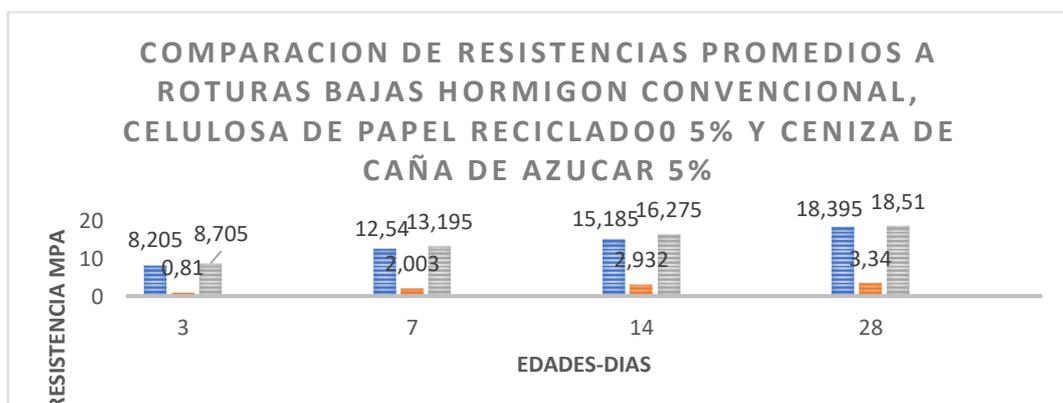


**4.3.5.4 Resultados de comparación de resistencia a roturas bajas (Hormigón normal, 5% de celulosa de papel y 5% con ceniza de caña de azúcar).**

Los resultados del ensayo a compresión con rotura altas se muestran en la figura 41.

**Figura 41**

*Comparación de resistencia a roturas bajas (Hormigón normal, 5% de celulosa de papel y 5% de gabazo de caña de azúcar).*

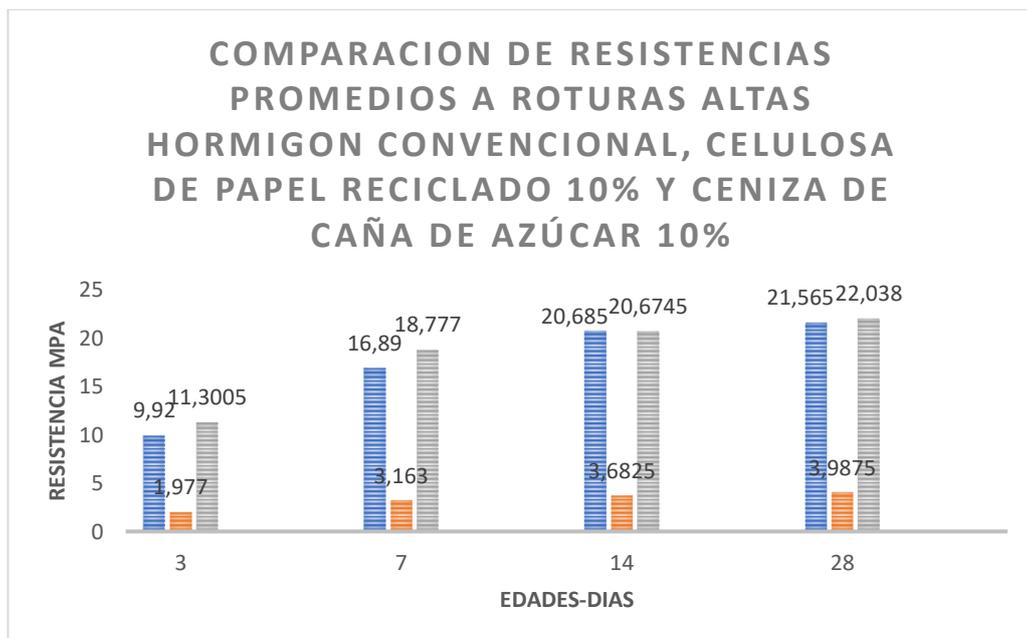


**4.3.5.5 Resultados de comparación de resistencia a roturas altas (Hormigón normal, 10% de celulosa de papel reciclado y 10% de ceniza de caña de azúcar).**

Los resultados del ensayo a compresión con rotura altas se muestran en la figura 42.

**Figura 42**

*Comparación de resistencia a roturas altas (Hormigón normal, 10% de celulosa de papel y 10% de gabazo de caña de azúcar).*

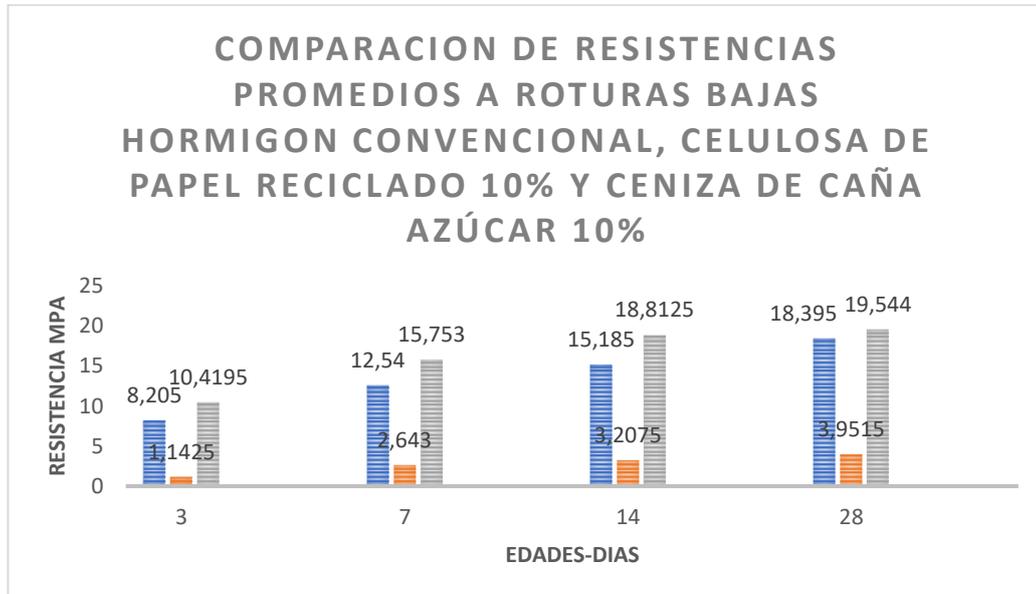


**4.3.5.6 Resultados de comparación de resistencia a roturas bajas (Hormigón normal, 5% de hormigón celulosa de papel reciclado y 5% de hormigón de ceniza de caña de azúcar).**

Los resultados del ensayo a compresión con rotura altas se muestran en la figura 43.

**Figura 43**

Comparación de resistencia a roturas bajas (Hormigón normal, 10% de celulosa de papel y 10% de ceniza de caña de azúcar).



#### 4.3.6. Resultados de comparación de resistencia a roturas altas y bajas en los 28 días (Hormigón normal, 5% de hormigón celulosa de papel reciclado y 5% de hormigón con ceniza de caña de azúcar).

Los resultados del ensayo a compresión con rotura alta se muestran en la tabla 43, en la tabla 44 y figura 44. Se obtiene una resistencia del hormigón normal de 21.565 MPA, 5% celulosa de papel de 3.685 MPA, el 5% de gabazo de caña de azúcar de 21.847 MPA, 10% celulosa de papel de 3.987 MPA y el 10% de ceniza de caña de azúcar de 22.038 MPA a los 28 días.

Tabla 43

*Cuadro de comparación de resistencias a roturas altas en los 28 días (Hormigón normal, 5% de celulosa de papel y 5% de ceniza de caña de azúcar).*

<b>ROTURA ALTAS</b>	
<b>HORMIGONES</b>	<b>RESISTENCIAS PROMEDIOS MPA 28 DIAS</b>
Hormigón normal	21.565
5% de celulosa de papel reciclado	3.685
5% de ceniza de caña de azúcar	21.847
10% de celulosa de papel reciclado	3.987
10% de ceniza de caña de azúcar	22.038

Los resultados del ensayo a compresión con rotura bajas se muestran en la tabla 34, y en la figura 44. Se obtiene una resistencia del hormigón normal de 18.395 MPA, 5% celulosa de papel reciclado de 3.34 MPA, el 5% de ceniza de caña de azúcar de 18.51 MPA, 10% celulosa de papel reciclado de 3.95 MPA y el 10% de ceniza de caña de azúcar de 19.54 MPA a los 28 días.

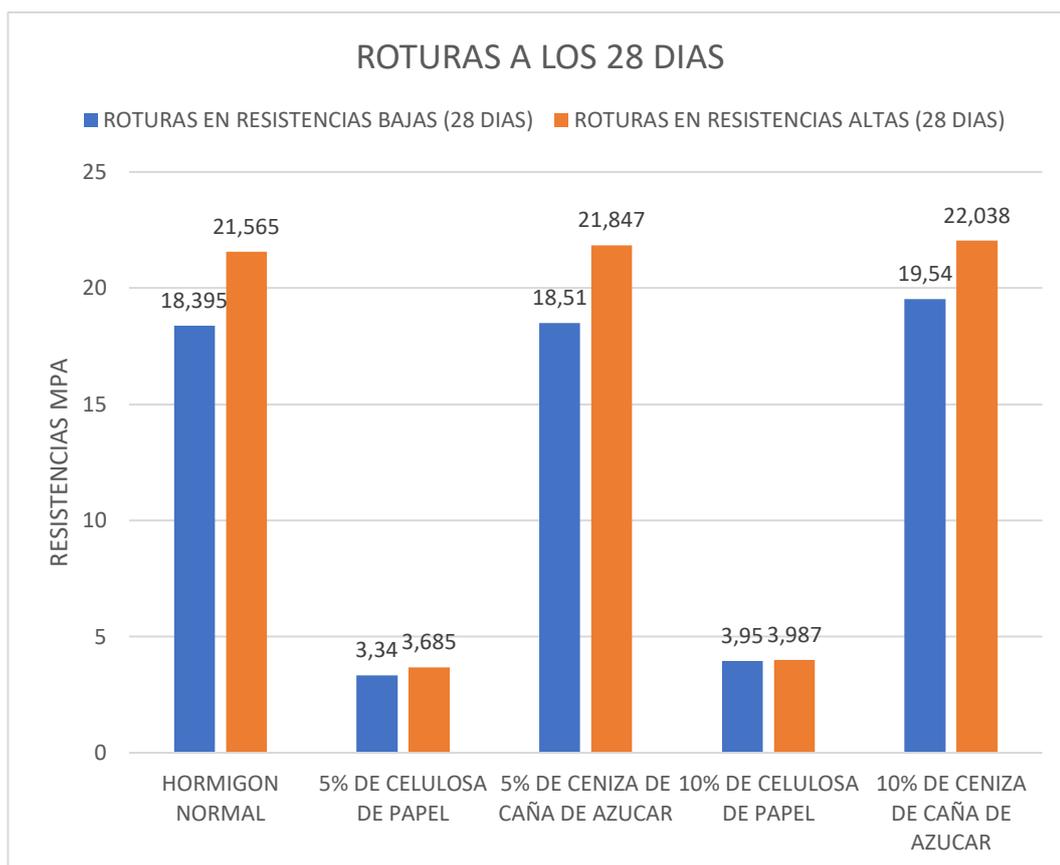
**Tabla 44**

*Cuadro de comparación de resistencias a roturas bajas en los 28 días (Hormigón normal, 5% de celulosa de papel reciclado y 5% de ceniza de caña de azúcar).*

<b>ROTURA ALTAS</b>	
<b>HORMIGONES</b>	<b>RESISTENCIAS PROMEDIOS MPA (28días)</b>
Hormigón normal	18.395
5% de celulosa de papel reciclado	3.34
5% de ceniza de caña de azúcar	18.51
10% de celulosa de papel reciclado	3.95
10% de ceniza de caña de azúcar	19.54

**Figura 44**

*Cuadro de resistencias baja – hormigón con ceniza de caña de azúcar*



Como resultado cumple el hormigón con el 5% y 10% de ceniza de caña de azúcar realizados en roturas altas.

**4.3.7. Resultados de comparación de resistencia a roturas altas y bajas en los 28 días (Hormigón normal, 5% , 10% hormigón con fibra de celulosa de papel y 5%, 10% hormigón con ceniza de caña de azúcar).**

Las curvas de resistencias promedio de altas y bajas se demuestran en la figura 45 y la figura 46.

**Figura 45**

Cuadro de resistencia promedio baja

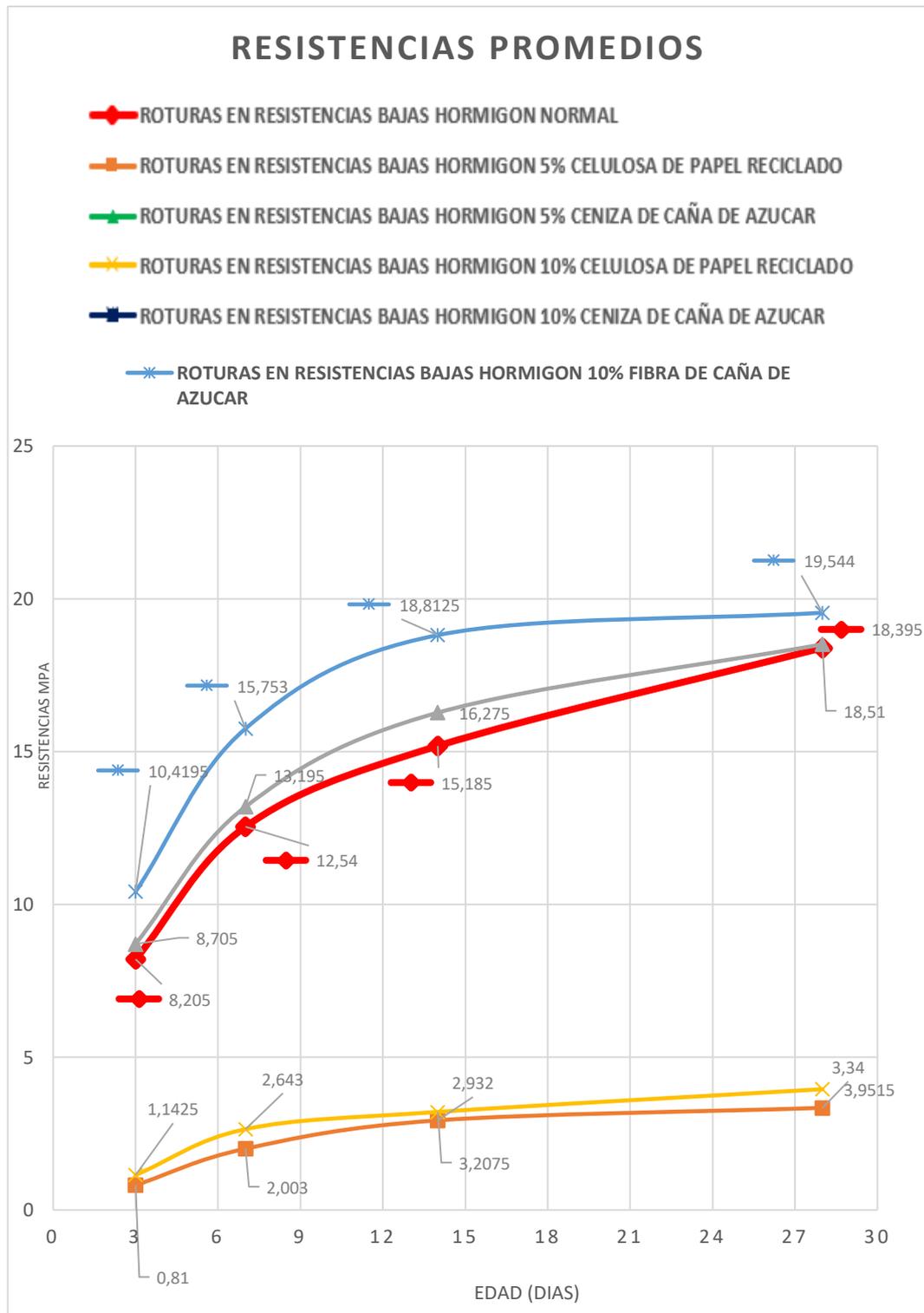
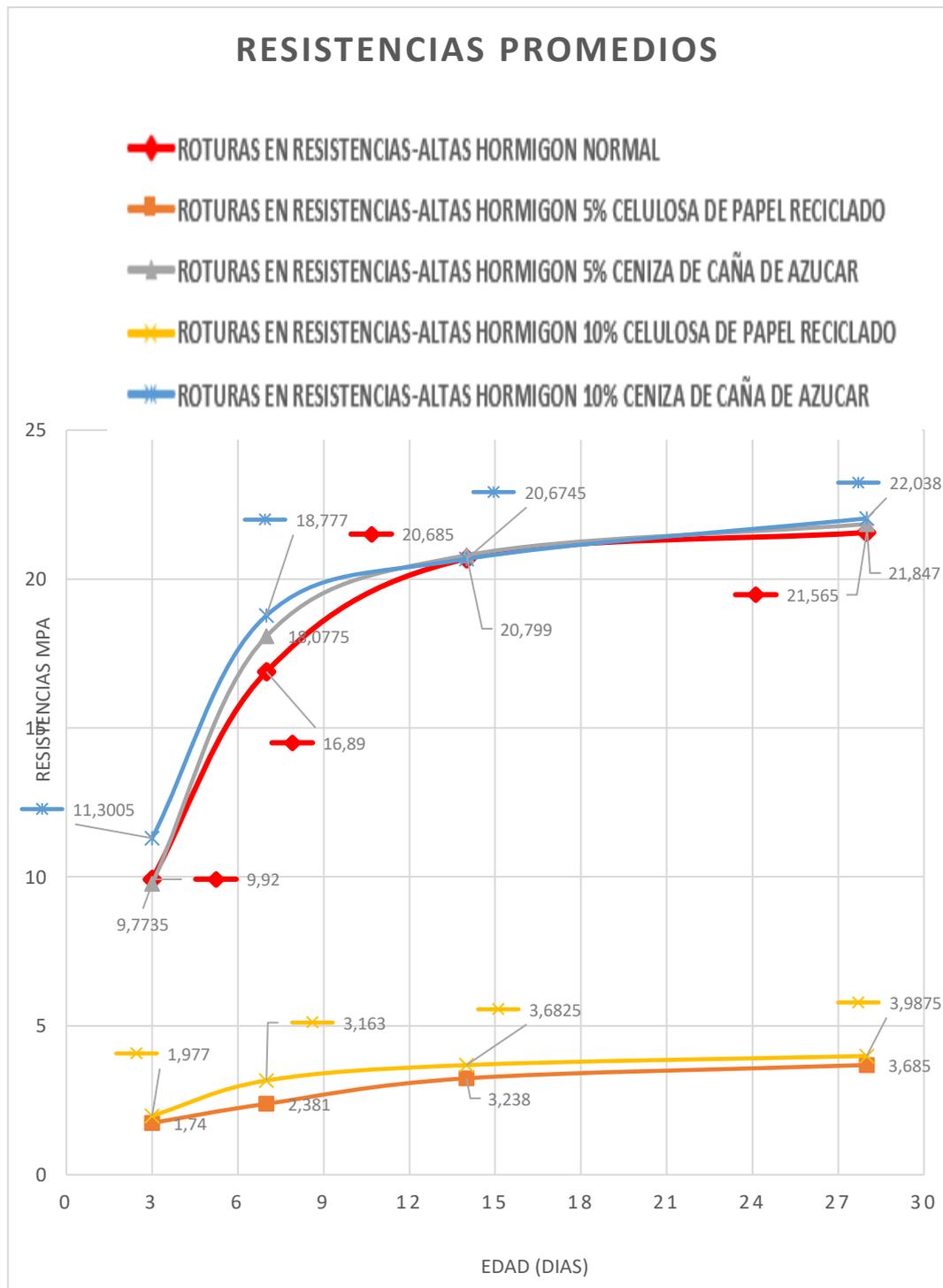


Figura 46

Cuadro de resistencia promedio alta



# CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

Se diseñó un hormigón con la norma ACI 211.1 para una dosificación con porcentajes del 5% y 10% de fibra de celulosa de papel reciclado y de ceniza de caña de azúcar, reemplazando parcialmente al cemento, se realizaron los ensayos con la selección de agregados de calidad cumplió con los parámetros de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, junto con la incorporación controlada de fibras de celulosa de papel reciclado y la ceniza de caña de azúcar permitió diseñar de hormigón bajo el método ACI 211.1. el hormigón de ceniza de caña de azúcar cumplió con la resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

La implementación de fibra de celulosa de papel reciclado y de ceniza de caña de azúcar con el diseño de mezcla método ACI 211.1 implicó ajustar cuidadosamente la cantidad de cemento, agua, agregado fino y grueso, se comprobó que la celulosa de papel reciclado en la mezcla de hormigón pierde su resistencia con el 5% con 36 kg/cm<sup>2</sup> y el 10% con 39 kg/cm<sup>2</sup> y en comparación del hormigón con ceniza de caña de azúcar aumenta su resistencia con el 5% con 218 kg/cm<sup>2</sup> y el 10% con 220 kg/cm<sup>2</sup>, se concluyó que el hormigón con ceniza de caña de azúcar cumple con la resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> mayor o igual a los 28 días.

La comparación entre el hormigón patrón y el diseño que incorpora un 5% de ceniza de caña de azúcar revela una mejora del 1.41% en la resistencia, mientras que la variante con un 10% de ceniza de caña de azúcar demuestra un aumento del 2.355%. Estos resultados sugieren que la adición de ceniza de caña de azúcar tiene un impacto positivo en la resistencia del hormigón, este hallazgo respalda la viabilidad y la eficiencia de la inclusión de ceniza de caña de azúcar con un componente beneficiosos del hormigón.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Para el hormigón con fibra de celulosa de papel reciclado se recomienda para mejorar su resistencia se debe optimizar la mezcla: ajustando la proporción de fibra de celulosa de papel reciclado, experimentar con diferentes tamaños y formas de la fibra de celulosa de papel reciclado e incorporar aditivos por es importante realizar pruebas y evaluaciones en laboratorio.
  
- ✓ Para esta investigación del hormigón con ceniza de caña de azúcar se sugiere abarcar que las futuras generaciones realicen estudios exhaustivos en sus técnicas de tratamiento y mantenimiento específicas para este material, con el propósito de optimizar su rendimiento a larga vida útil.
  
- ✓ Se recomienda a los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, continuar con estudios experimentales usando otros tipos de fibras con distintos porcentajes e incorporar aditivos que cumplan con las normas de la construcción, realizar ensayos a resistencia a flexión y diseñar un modelo estructural de piso.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, N. (2010, June 10). Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel. *Investigacion Tecnologica*.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432011000200008](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000200008)
- Amores, M. (2013). *EL PAPEL RECICLADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS URBANOS DEL CANTÓN AMBATO PROVINCIA DE TUNGURAHUA Y SU INCIDENCIA EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN*.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4334/1/TESIS%20MURIAM%20PAULINA%20AMORES%20SANDOVAL.pdf>
- Becosan. (2022, September 2). *Hormigón postensado | ¿Qué es? | Guía Completa | BECOSAN*. <https://www.becosan.com/es/hormigon-postensado/>
- Burón Manuel, & Fernández Jaime. (2006). *HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE. CRITERIOS PARA SU UTILIZACIÓN*.  
<https://www.ieca.es/wp-content/uploads/2017/10/Buron%20-%20Fernandez-Gomez%20-Garrido%20-%20autocompactante.pdf>
- Carrasco, M., Rautenberg, D., & Positieri, M. (2021, June 17). *Hormigón drenante: diseño, características y aplicaciones*.  
<https://revistahormigon.org/hormigon-drenante-diseno-caracteristicas-y-aplicaciones/>
- Carrión L, Ordoñez, ;, Duran, ;, & Farias, ; (2020). Hormigón reforzado con fibra natural de caña de azúcar y su resistencia a la compresión. In *Conference Proceeding UTMACH* (Vol. 4).
- Cemex. (2015). *Hormigón de alta resistencia | CEMEX España*.  
<https://www.cemex.es/hormigon/especial/alta-resistencia>
- Cervantes, A. (2010). *NUEVAS TECNOLOGÍAS EN CONCRETOS CONCRETO CELULAR-CONCRETO REFORZADO CON FIBRA-CONCRETO LIGERO ESTRUCTURAL*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/memorias\\_cong2008/10.pdf](https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/memorias_cong2008/10.pdf)
- Corfo. (2022). *HORMIGÓN TRANSLÚCIDO*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://ctecinnovacion.cl>

/wp-content/uploads/2022/09/Boletin-Hormigon-Translucido-03062019.pdf

- Ecuador, H. (2021, May 6). *Confianza que construye. Cemento hidráulico Tipo GU para la construcción en general*. 1–16. mozilla-extension://d52944a6-cfcc-4103-9a55-ae3d195adfe9/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.portaldirecta.com%2Fportaldirecta%2Fec%2FCEMENTO\_GU\_G.pdf
- Fernández, A. (2012, December 11). El agua: un recurso esencial. *Revista Química Viva*, 1–25.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Giordani, C., & Leone, D. (2017). *Pretensado 15*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/[https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1\\_ano/civil1/files/IC%20I-Pretensado.pdf](https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20I-Pretensado.pdf)
- Herrera, Y. (2010). *Antecedentes hormigón alta densidad*. mozilla-extension://d52944a6-cfcc-4103-9a55-ae3d195adfe9/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fupcommons.upc.edu%2Fbitstream%2Fhandle%2F2099.1%2F8326%2F03.pdf%3Fsequence%3D4%26isAllowed%3Dy
- Holcim. (2020, April 8). *Agregados Finos Arena*.  
<https://www.holcim.com.ec/agregados-arena-no-lavada>
- Huang, P., Huang, B., Li, J., Wu, N., & Xu, Q. (2023, July 15). Application of sugar cane bagasse ash as filler in ultra-high performance concrete. *Journal of Building Engineering*, 71, 106447.  
<https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2023.106447>
- Mecacon. (2019, January 15). *Hormigón Ciclópeo: Dosificación, Usos y Ventajas*. <https://dehormigon.com.ar/hormigon-ciclopeo/>
- Mesh, R. (2019, September 1). *Historias de fibra para hormigón (opus caementicium)- Readymesh*. <https://www.readymesh.es/mas-detalles/antecedentes/>
- Mochón Bezares, G., & Sorli Rojo, Á. (2021, August 31). Tesis doctorales sobre hormigón en universidades españolas: un análisis bibliométrico, 1977-2019. *Informes de La Construcción*, 73(563), e406.  
<https://doi.org/10.3989/ic.82495>
- Montaña Betancourt, A., & Zarta, J. C. (2017). *CONCRETO MODIFICADO CON PAPEL RECICLADO [UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA]*.  
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5671/montana%20jair%20final%20.pdf?sequence=1>

- Moon, O. (2017, May 8). *Hormigón Escavable y sus usos mas comunes*.  
<https://www.proyectosyobrasmetro cubico.com/hormigon-escavable-cuales-veneficios/>
- Naiara, A. (2022, March 7). *Hormigón, características y usos - Bricomanía*.  
<https://www.hogarmania.com/bricolaje/taller/materiales/hormigon-caracteristicas-usos-26838.html>
- Narváez, J. (2017). *DETERMINACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR COMO AGREGADO ORGÁNICO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA LIVIANA* [TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL, FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25746/1/Tesis%201127%20-%20Narv%C3%A1ez%20Guevara%20Jairo%20Alberto.pdf>
- Rey, A. (2006). *Hormigón Proyectado*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.concretonline.com/images/pdf/hormigon/articulos/sika05.pdf>
- RÓMEL SOLÍS, C., & MORENO, E. I. (2006). Análisis de la porosidad del concreto con agregado calizo. *Revista de La Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 21(3), 57–68.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652006000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652006000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Rosa, A., & Rosario, A. (2019). *Hormigón Reforzado con fibras*.  
<https://es.scribd.com/document/473218073/HORMIGON-CON-FIBRAS>
- Sandoval, M. (2017). “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN Y COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN ADICIONANDO VIRUTAS DE ACERO COMERCIAL FUNDIDO Y EL HORMIGÓN CON FIBRAS DE ACERO COMERCIALES” [Trabajo experimental, Universidad Tecnica de Ambato].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25961/1/Tesis%201150%20-%20Sandoval%20Unapucha%20Franklin%20Mauricio.pdf>
- Sanjuán, M., & Chinchón, S. (2004). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento Portland*. (Union Editoriales). Universidad d’ Alacant. <https://core.ac.uk/download/pdf/32322379.pdf>
- Silva, O. (2019, January 1). *CONOCIENDO LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO: ¿QUÉ Y CÓMO? - 360 EN CONCRETO*.  
<https://360enconcreto.com/blog/detalle/propiedades-fisicas-del-cemento/>

- Solahuddin, B. A. (2022a). A comprehensive review on waste paper concrete. In *Results in Engineering* (Vol. 16, pp. 1–11). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100740>
- Solahuddin, B. A. (2022b, December 1). A comprehensive review on waste paper concrete. *Results in Engineering*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100740>
- Tequendama. (2021, February 11). *Propiedades mecánicas del cemento - Cementos Tequendama*. <https://cetesa.com.co/blog/propiedades-mecanicas-del-cemento-2/>
- Torres, M. (2023). *Hormigón compactado con rodillo (HCR): Solución rápida, persistente y a bajo costo - Hormigón al Día*. <https://hormigonaldia.ich.cl/novedades-tecnologicas/hormigon-compactado-con-rodillo-hcr-solucion-rapida-persistente-y-a-bajo-costo/>
- Turrado, J., Saucedo, A. R., Ramos, J., & Reynoso, M. L. (2008, April 10). Comportamiento de la fibra de celulosa reciclada en el proceso de hidratación. *Informacion Tecnológica*, 19(5), 129–136. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3955it.07>
- Umeres, M., & Chávez, M. (2019). *Elaboración de concreto antibacterial mediante ensayos de laboratorio con el fin de evaluar la durabilidad y reducir costos de mantenimiento en [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]*. <http://hdl.handle.net/10757/628035>
- Valarezo, M. (2022). *CRITICAS A LOS PROCESOS DE CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE HORMIGON EN EL ECUADOR. Marlon F. Valarezo Aguilar RESUMEN ABSTRACT*. [https://1library.co/document/qo5e8lj5-criticas-procesos-control-calidad-hormigon-ecuador-valarezo-abstract.html#google\\_vignette](https://1library.co/document/qo5e8lj5-criticas-procesos-control-calidad-hormigon-ecuador-valarezo-abstract.html#google_vignette)
- Valdez, L., Suárez, G., & Proaño, G. (2010). *HORMIGONES LIVIANOS*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10056/1/Hormigones%20Liviamos.pdf>
- Yépez, F., & Calderón, F. (2014, March 21). *Diseño de hormigones de alto desempeño: alta resistencia a la compresión, trabajabilidad adecuada y alta resistencia a la erosión-abrasión para obras hidráulicas*. 6(1). <http://avances.usfq.edu.ec>
- Zerbino, R. (2018). *EL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS Y SUS PROYECCIONES DENTRO DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/109925/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/109925/Documento_completo.pdf?sequence=1)

# ANEXOS

## ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO GRUESO

TAMAÑO MÁXIMO:	1 1/2"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:	1"

El tamaño máximo nominal: un tamaño de malla mayor a la primera malla que retiene el 10% del material o otra teoría es el primer tamiz que retiene máximo el 10%, para mi material 1 veo que no retiene el 10% si no mucha mas cantidad (75%) se dice que el tamaño máximo nominal es igual al tamaño máximo.

Tamaño máximo: un tamaño de malla mayor al tamaño máximo nominal, es por donde pasa el 100% del material para mi caso sería 3/4"

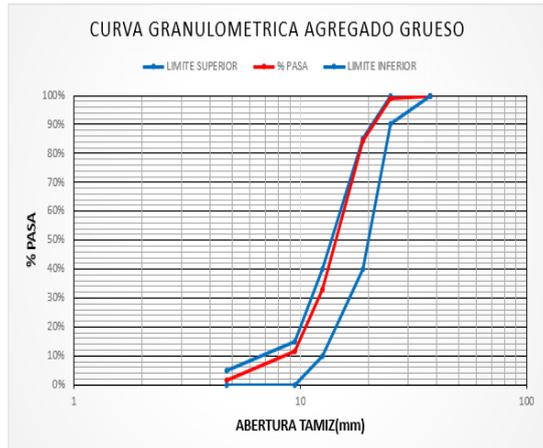
Tamiz	Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Pasa	ESPECIFICACIONES A.S.T.M.		
		Total %	Acumulado %		N°56		
1 1/2"	37,5	0	0,00	100	100	100	SI CUMPLE
1"	25	0,094	0,96	99,04	90	100	SI CUMPLE
3/4"	19	1,437	14,73	84,30	40	85	SI CUMPLE
1/2"	12,5	4,997	51,24	66,93	10	40	SI CUMPLE
3/8"	9,5	2,075	21,28	88,21	0	15	SI CUMPLE
N°4	4,75	1,008	10,34	98,54	0	5	SI CUMPLE
N°8	2,36	0,001	0,01	98,55	1,45		
N°16	1,18	0,029	0,30	98,85	1,15		
N°30	0,6	0	0,00	98,85	1,15		
N°50	0,3	0	0,00	98,85	1,15		
N°100	0,15	0	0,00	98,85	1,15		
FONDO		0,112	1,15	100,00			
Peso Total gr		9,753					

$$N_{F_{56}} = \frac{\% \text{ ret. Acumulado } (3", 1\frac{1}{2}", 1", \frac{3}{4}", \frac{1}{2}", \frac{3}{8}", \frac{1}{4}", \frac{3}{16}", \frac{1}{8}", \frac{3}{32}", \frac{1}{16}", \frac{1}{32}", \frac{1}{64}"}{100}$$

MODULO FINURA	¿CUMPLE REQUISITO?
6,964	SI

Requisito para que se cumpla el módulo de finura en agregado grueso entre 5 y 7 según ASTM C-33

NÚMERO DE TAMAÑO	TAMAÑO NOMINAL (Tamaños con aberturas cuadradas)	CANTIDADES MÁS FINAS QUE PASAN POR CADA TAMIZ DE LABORATORIO (ABERTURAS CUADRADAS), PORCENTAJE EN MASA													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25 mm	19 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300µm
1	90 a 37,5 mm (2 1/4 a 1 1/2 pulg.)	100	90-100	...	25-60	...	0-15	...	0-5	...	...	...	...	...	...
2	80 a 37,5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg.)	...	...	100	90-100	35-70	0-15	...	0-5	...	...	...	...	...	...
3	50 a 25 mm (2 a 1 pulg.)	...	...	...	100	90-100	35-70	0-15	...	0-5	...	...	...	...	...
357	50 a 4,75 mm (2 pulg. a N° 4)	...	...	...	100	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0-5	...	...	...
4	37,5 a 19 mm (1 1/2 a 3/4 pulg.)	...	...	...	...	100	90-100	20-55	0-15	...	0-5	...	...	...	...
467	37,5 a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a N° 4)	...	...	...	...	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0-5	...	...	...
5	25 a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg.)	...	...	...	...	100	90-100	20-55	0-10	0-5	...	...	...	...	...
56	25 a 9,5 mm (1 a 3/8 pulg.)	...	...	...	...	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	...	...	...	...
57	25 a 4,75 mm (1 pulg. a N° 4)	...	...	...	...	100	95-100	...	25-60	...	0-10	0-5	...	...	...
6	19 a 9,5 mm (3/4 a 3/8 pulg.)	...	...	...	...	100	90-100	20-55	0-15	0-5	...	...	...	...	...
67	19 a 4,75 mm (3/4 pulg. a N° 4)	...	...	...	...	100	90-100	...	20-55	0-10	0-5	...	...	...	...
7	12,5 a 4,75 mm (1/2 pulg. a N° 4)	...	...	...	...	100	90-100	40-70	0-15	0-5	...	...	...	...	...
8	9,5 a 2,36 mm (3/8 pulg. a N° 6)	...	...	...	...	100	85-100	10-30	0-10	0-5	...	...	...	...	...
89	8,5 a 1,18 mm (3/8 pulg. a N° 16)	...	...	...	...	100	90-100	20-55	5-30	0-10	0-5	...	...	...	...
9	4,75 a 1,18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	100	85-100	10-40	0-10	0-5	...	...	...	...	...



ENSAYO GRANULOMETRICO - AGREGADO FINO

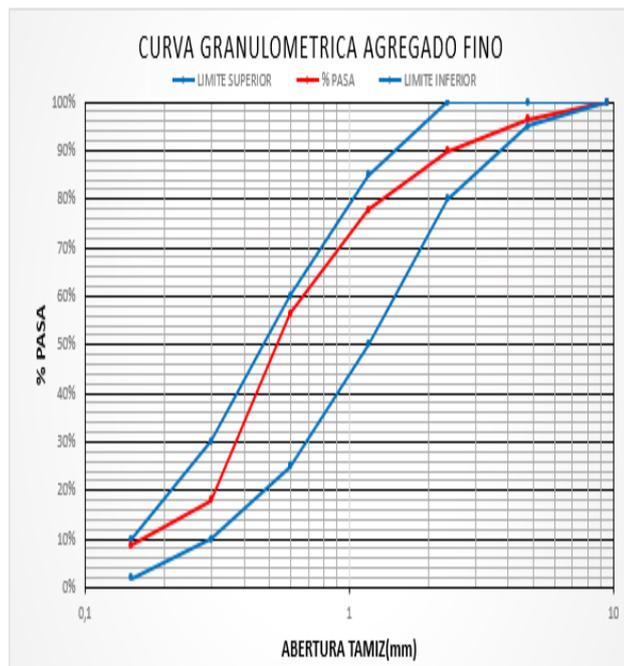
Tamiz		Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Pasa	ESPECIFICACIONES A.S.T.M.		
Nº	mm		Total %	Acumulado %				
1 1/2"	37,5		0,00	0,00	100			
1"	25		0,00	0,00	100,00			
3/4"	19		0,00	0,00	100,00			
1/2"	12,5		0,00	0,00	100,00			
3/8"	9,5	0	0,00	0,00	100,00	100	100	SI CUMPLE
Nº4	4,75	0,054	3,60	3,60	96,40	95	100	SI CUMPLE
Nº8	2,36	0,097	6,47	10,07	89,93	80	100	SI CUMPLE
Nº16	1,18	0,183	12,20	22,27	77,73	50	85	SI CUMPLE
Nº30	0,6	0,321	21,40	43,67	56,33	25	60	SI CUMPLE
Nº50	0,3	0,575	38,33	82,00	18,00	10	30	SI CUMPLE
Nº100	0,15	0,138	9,20	91,20	8,80	2	10	SI CUMPLE
FONDO		0,132	8,80	100,00				
Peso Total gr		1,5						

$$MF_{AF} = \frac{\% \text{ ret. Acumulado (Nº4, Nº8, Nº16, Nº30, Nº50, Nº100)}}{100}$$

MODULO FINURA	¿CUMPLE REQUISITO?
2,528	SI

Requisito para que se cumpla el módulo de finura en agregado fino entre 2.3 y 3.1 según ASTM C-33

Tamiz†	Porcentaje que pesa (en masa)
9.5 mm (% pulg.)	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	10 a 30*
150 µm (No. 100)	2 a 10**



AGREGADO GRUESO					
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO		
VOLUMEN	0,009736876	m <sup>3</sup>	VOLUMEN	0,009736876	m <sup>3</sup>
P.V.S + RECIPIENTE	23,14	kg	P.V.V + RECIPIENTE	25,02	kg
RECIPIENTE	10,94	kg	RECIPIENTE	10,94	kg
PESO	12,2	kg	PESO	14,08	kg
P.V.S	1252,97	kg/m <sup>3</sup>	P.V.V	1446,05	kg/m <sup>3</sup>
DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (D.S.S.S)					
P.S.S.S.			2000	gr	
W(canastilla + material)			3240	gr	
W(canastilla sumergida + material)			2236	gr	
W(canastilla sumergida + material) - W(canastilla)			1004	gr	
VOLUMEN			10386,89	cm <sup>3</sup>	
D.S.S.S.			3,23	gr/cm <sup>3</sup>	
			3227,09	kg/m <sup>3</sup>	
PESO GRAVA SATURADA (gr)	PESO GRAVA SECA (gr)		AGUA DESALOJADA		% Absorción
618	603		15		2,49
AGREGADO FINO					
PESO VOLUMÉTRICO SUELTO			DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA		
VOLUMEN	0,00292472	m <sup>3</sup>	P.S.S.S.	500	gr
P.V.S + RECIPIENTE	7,5	kg	LECTURA INICIAL	200	gr
RECIPIENTE	4,42	kg	LECTURA FINAL	393	gr
PESO	3,08	kg	W Desalojado	193	gr
P.V.S	1053,09	kg/m <sup>3</sup>	V Desalojado	193	cm <sup>3</sup>
D.S.S.S.			2,59	gr/cm <sup>3</sup>	2590,67
PESO ARENA SATURADA (gr)	PESO ARENA SECA (gr)		AGUA DESALOJADA		% Absorción
307	292		15		5,14

CONTENIDO DE HUMEDAD			
HUMEDAD DE ARENA		HUMEDAD DE GRAVA	
RECIPIENTE	DC1	RECIPIENTE	DC1
W RECIPIENTE (gr)	31,96	W RECIPIENTE (gr)	31,96
W ARENA+ R	540,00	W GRAVA + R	541,00
W ARENA SECA+ R	513,00	W GRAVA SECA+ R	540,00
W de AGUA	27,00	W de AGUA	1,00
W ARENA SECA	481,04	W GRAVA SECA	508,04
<b>HUMEDAD</b>	<b>5,61</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>0,20</b>

DATOS DE DISEÑO		
δ Peso específico del cemento	2950	kg/m <sup>3</sup>
δ AGUA	1000	kg/m <sup>3</sup>
Asentamiento	8	cm
ARENA		
Módulo de finura de la arena	2,53	0
	1053,09	kg/m <sup>3</sup>
δ D.S.S.S. de la arena	2590,67	Kg/m <sup>3</sup>
Absorción de la arena	5,14	%
Humedad de la arena	5,61	%
GRAVA		
Peso volumetrico suelto de la grava	1252,97	kg/m <sup>3</sup>
Peso volumetrico varillado de la grava	1446,05	kg/m <sup>3</sup>
δ D.S.S.S. de la grava	3227,09	kg/m <sup>3</sup>
Tamaño máximo NOMINAL de la grava	1"	25
Absorción de la grava	2,49	%
Humedad de la grava	0,20	%

1) Determinar la resistencia a compresion promedio y la desviacion estandar.

RESISTENCIA A COMPRESION $f'_c$	RESISTENCIA A COMPRESION REQUERIDA $f'_{cr}$
$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$f'_c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 98 \text{ kg/cm}^2$

$F'_c$	210	kg/cm <sup>2</sup>
Desviacion	84	
$F'_{cr}$ (sin aire)	294	kg/cm <sup>2</sup>
$F'_{cr}$ (con aire)	0	kg/cm <sup>2</sup>

Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizara la Tabla 2.2 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

**TABLA 2.2. Resistencia a la compresión promedio.**

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
Sobre 350	$f'_c + 98$

2) Determinación de la cantidad de agua de diseño (por asentamiento y manejabilidad del hormigon)

Asentamiento :	9,00	cm
----------------	------	----

Tamaño maximo agregado (mm)	25
-----------------------------	----

slump (mm)	Tamaño maximo de agregados							
	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150
N°	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
(cm)	Concreto sin Aire Incorporado							
2,5 ≥ 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5 ≥ 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 ≥ 17,5	243	228	216	202	190	178	160	
% Aire Atrapado	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Concreto con Aire Incorporado								
2,5 ≥ 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7,5 ≥ 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 ≥ 17,5	216	205	197	184	174	166	154	
% de Aire incorporado en funcion del grado de exposicion								
Normal	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Moderada	8	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Extrema	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

Cantidad de agua:	193	Litros para 1 m <sup>3</sup> de hormigon
-------------------	-----	--

%Aire Atrapado:	1,5%
-----------------	------

**Tabla A2. Requisitos aproximados de agua de mezclada y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregado.**

Revenimiento (cm)	Tamaño máximo de la grava (mm)							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
<b>Concreto sin aire incluido</b>								
2.5 -> 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 -> 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 -> 17.5	243	228	216	202	190	178	160	---
<b>Aire atrapado aprox. (%)</b>	<b>3</b>	<b>2.5</b>	<b>2</b>	<b>1.5</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.2</b>
<b>Concreto con aire incluido</b>								
2.5 -> 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 -> 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 -> 17.5	216	205	197	174	174	166	154	---
<b>Promedio recomendado de aire a incluir según el tipo de exposición (%)</b>								
Exposición Ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición Severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: AO 211.1-91 – Tabla 6.3.3; Diseño de mezclas de concreto - IMCYC

3) Determinación relación agua-cemento

<b>F' cr (sin aire)</b>	<b>194</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
-------------------------	------------	--------------------------

Tabla 3.- Relación Agua/Cemento vs Fc

Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
420	0,41	...
350	0,48	0,4
284	0,52	0,48
210	0,68	0,59
140	0,82	0,74

INTERPOLA

valor sup	350	0,4
valor x	284	0,46
valor inf	210	0,59

Tabla A3. Correspondencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a la compresión.

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento (a partir del peso) Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0,41	---
350	0,48	0,40
280	0,57	0,48
210	0,68	0,59
140	0,82	0,74

Fuente: AO 211.1-91 – Tabla 6.3.4 (g); Diseño de mezclas de concreto - IMCYC

<b>Sin aire incorporado</b>	<b>0,46</b>	<b>a/c</b>
-----------------------------	-------------	------------

4) Determinación factor cemento

50 kg - CEMENTO

$$\text{Factor Cemento} = \frac{\text{Litros de Agua (para 1m3 de hormigon)}}{\text{Rel Agua/Cemento}} = \frac{193}{0,46}$$

<b>Factor Cemento=</b>	<b>419,57</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
------------------------	---------------	-------------------------

<b>8,41</b>	<b>Bolsas/m<sup>3</sup></b>
-------------	-----------------------------

5) Determinación del contenido agregado grueso

<b>Modulo Finura ARENA:</b>	<b>2,53</b>
-----------------------------	-------------

<b>t<sub>m</sub>n Agregado Grueso:</b>	<b>25</b>
--	-----------

<b>Peso seco varillado (P.V.V):</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
	<b>1446,05</b>

Tamaño máximo nominal del Agregado Grueso	Volumen (m <sup>3</sup> ) de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino			
	2,4	2,6	2,8	3
3/8"=9,5mm	0,5	0,48	0,46	0,44
1/2"=12,5mm	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"=19mm	0,66	0,64	0,62	0,6
1"=25mm	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"=37,5mm	0,76	0,74	0,72	0,7
2"=50mm	0,78	0,76	0,74	0,72
3"=75mm	0,81	0,79	0,77	0,75
6"=150mm	0,87	0,85	0,83	0,81

INTERPOLA

valor sup	2,4	0,71
valor x	2,53	0,697
valor inf	2,6	0,69

<b>Contenido Agregado grueso:</b>	<b>0,697</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Peso total Agregado Grueso:</b>	<b>1008,19</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

Tabla A5. Volumen de agregado grueso (m<sup>3</sup>) por volumen unitario de concreto.

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Módulo de finura de la arena			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9.5	0,50	0,48	0,46	0,44
12.5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37.5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: AO 211.1-91 – Tabla 6.3.4; Diseño de mezclas de concreto - IMCYC

6) Determinación del peso de la arena utilizando el método de volumen absoluto

	W (kg)	D (kg/m <sup>3</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	%propor V
Agua	193	1000	0,193	19,300
Cemento	419,57	2950	0,142	14,223
Grava	1008,19	3227,09	0,312	31,241
Aire atrapado	0,00	0,00	0,015	1,500
Arena	873,99	2590,67	0,337	33,736
<b>Total</b>			1,000	100,000

<b>Peso Agregado Fino:</b>	<b>873,99</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
----------------------------	---------------	-------------------------

7) Determinación de la relación en pesos secos (Peso del material/ Peso del cemento) PROPORCION

<b>Cemento:</b>	<b>1,00</b>
<b>Agregado fino seco:</b>	<b>2,08</b>
<b>Agregado Grueso seco:</b>	<b>2,40</b>
<b>Agua para una bolsa de cemento (kg)= [agua de diseño/ (cantidad de cemento/ 50Kg)]</b>	<b>23</b>

8) Corrección por humedad del agregado

\*se sabe muy bien que para hacer mezclas de hormigón no se seca el material, si no que va en estado natural tanto en absorción y humedad

humedad grueso	0,20	humedad fino	5,61
----------------	------	--------------	------

	Peso SECO		% humedad	% Adición humedad	Valor Corrección	Peso Corregido	
Agregado fino	873,99	kg/m <sup>3</sup>	100	5,61	1,056128388	923,05	kg
Agregado grueso	1008,19	kg/m <sup>3</sup>	100	0,20	1,001968349	1010,17	kg

9) Determinación de la humedad superficial del agregado

	Humedad nat	Absorción	Adición	
Agregado fino	5,61%	5,14%	0,48%	Adiciona Agua
Agregado grueso	0,20%	2,49%	-2,29%	Absorbe Agua

Aporte de humedad	Peso Agregado	Adición	Cantidad que aportan	
Agregado fino	873,99	0,48%	4,16	lts/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1008,19	-2,29%	-23,09	lts/m <sup>3</sup>

<b>Aporte de humedad de los agregados</b>	<b>-18,94</b>	<b>lts/m<sup>3</sup></b>
---	---------------	--------------------------

<b>Agua efectiva:</b>	<b>211,94</b>	<b>lts/m<sup>3</sup></b>
<b>Relación Agua - cemento efectiva</b>	<b>0,51</b>	

10) Correcciones por humedad - PROPORCION

Cemento:	1,00
Agregado fino :	2,20
Agregado Grueso :	2,41
Agua para una bolsa de cemento (kg)= [agua de diseño/ (cantidad de cemento/ 50kg)]	25,26

11) Proporción de diseño para una bolsa de cemento

Cemento:	50,00	kg	0,119
Agregado fino :	110,00	kg	0,262
Agregado Grueso :	120,38	kg	0,287
Agua	1262,83	kg	

12) Por probetas cilíndricas

Datos cilindro		
Pi	3,14156	
Radio	0,075	m
$A= Pi*r^2$	0,017671275	m <sup>2</sup>
h	0,3	m
V cilindro	0,005301383	m <sup>3</sup>
# cilindros	6	unidades
VolumenCilindro	0,032	m <sup>3</sup>

1 m <sup>3</sup>			
Cilindro proporcion	Proporción m <sup>3</sup>		
Cemento:	419,565	kg	1,000
Agregado fino :	873,994	kg	2,083
Agregado Grueso :	1008,185	kg	2,403
Agua de diseño:	211,936	lt	

Volumen testigos	0,032	m <sup>3</sup>
Desperdicio 25%	0,0080	m <sup>3</sup>
Volumen requerido a fundir	0,040	m <sup>3</sup>

Hormigon Convencional			
Cilindro proporcion	Proporción m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
Cemento:	16,682	kg	0,040
Agregado fino :	34,750	kg	0,083
Agregado Grueso :	40,086	kg	0,096
Agua de diseño:	8,427	lt	
TOTAL	100%		

Hormigon Convencional			
Cilindro proporcion	Proporción m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
Cemento:	16,682	kg	0,040
Agregado fino :	34,750	kg	0,083
Agregado Grueso :	40,086	kg	0,096
Agua de diseño:	8,427	lt	
TOTAL	100%		

PAPEL Y CAÑA 5%		
Cilindro proporcion	Proporción m <sup>3</sup>	5%
Cemento:	15,848	kg
Agregado fino :	34,750	kg
Agregado Grueso :	40,086	kg
Agua de diseño:	8,427	lt
PAPEL-CAÑA	0,834	kg
TOTAL	100%	

PAPEL Y CAÑA 10%		
Cilindro proporcion	Proporción m <sup>3</sup>	10%
Cemento:	15,014	kg
Agregado fino :	34,750	kg
Agregado Grueso :	40,086	kg
Agua de diseño:	8,427	lt
CAÑA	1,668	kg
TOTAL	100%	

HORMIGON CONVENCIONAL

DESCRIPCIÓN DE CILINDROS	Rotura (ALTA Y BAJA)	DIAMETRO (cm)			ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	FECHA	EDAD (días)	CARGA (KN)	RESISTENCIA		RESISTENCIA PROMEDIO	EFICIENCIA (%)	RESISTENCIA DISEÑO (%)	EFICIENCIA DISEÑO (%)	MR-ALTA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)		MR-BAJA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)	
		D1 superior	D2 inferior	PROMEDIO									Mpa	kg/cm <sup>2</sup>					kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
1	Alta	15,00	15,00	15,00	30,00	176,71	0,005301	12,61	2378,60	20/10/2023	3	198,070	9,170	94	101,15424	34,8807724	84	40	14,281286	1,4	12,845	1,3
2	Alta	15,00	15,00	15,00	30,00	176,71	0,005301	12,63	2382,37	20/10/2023	3	219,300	10,670	109	101,15424	34,8807724	84	40				
3	Baja	15,00	15,00	15,00	30,00	176,71	0,005301	12,64	2384,26	20/10/2023	3	219,900	7,980	81	83,666385	28,8504776	84	40				
4	Baja	15,00	15,02	15,01	30,00	176,95	0,005309	12,66	2385,23	20/10/2023	3	222,570	8,430	86	83,666385	28,8504776	84	40				
1	Alta	15,29	15,29	15,29	31,00	183,61	0,005692	12,63	2218,90	26/10/2023	7	321,090	16,550	169	172,22733	59,3887345	136,5	65				
2	Alta	15,30	15,30	15,30	31,00	183,85	0,005699	12,69	2226,52	26/10/2023	7	322,200	17,230	176	172,22733	59,3887345	136,5	65				
3	Baja	15,29	15,29	15,29	31,00	183,61	0,005692	12,65	2222,41	26/10/2023	7	311,780	12,990	132	127,87038	44,0932345	136,5	65				
4	Baja	15,28	15,27	15,28	31,00	183,25	0,005681	12,62	2221,50	26/10/2023	7	313,550	12,090	123	127,87038	44,0932345	136,5	65				
1	Alta	15,20	15,20	15,20	30,03	181,40	0,005447	12,67	2325,88	6/11/2023	14	369,990	20,900	213	210,92495	72,7327397	189	90				
2	Alta	15,20	15,19	15,20	30,01	181,34	0,005442	12,69	2331,87	6/11/2023	14	379,400	20,470	209	210,92495	72,7327397	189	90				
3	Baja	15,21	15,21	15,21	30,01	181,70	0,005453	12,65	2319,94	6/11/2023	14	313,090	15,090	154	154,84145	53,3936017	189	90				
4	Baja	15,22	15,21	15,22	30,02	181,82	0,005458	12,68	2323,14	6/11/2023	14	323,000	15,280	156	154,84145	53,3936017	189	90				
1	Alta	15,21	15,21	15,21	30,10	181,70	0,005469	12,99	2375,17	17/11/2023	28	404,700	21,900	223	219,89831	75,8270017	210	100				
2	Alta	15,20	15,20	15,20	31,50	181,46	0,005716	12,65	2213,46	17/11/2023	28	375,200	21,230	216	219,89831	75,8270017	210	100				
3	Baja	15,21	15,21	15,21	29,98	181,70	0,005447	12,68	2326,85	17/11/2023	28	326,200	18,460	188	187,57382	64,6806259	210	100				
4	Baja	15,21	15,21	15,21	29,00	181,70	0,005269	12,59	2389,92	17/11/2023	28	324,000	18,330	187	187,57382	64,6806259	210	100				

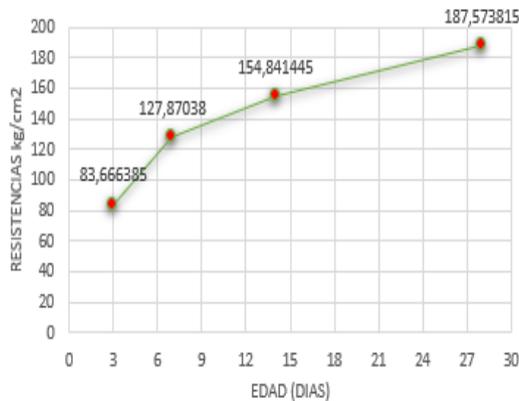
ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS

EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	83,666385
7	127,87038
14	154,841445
28	187,573815

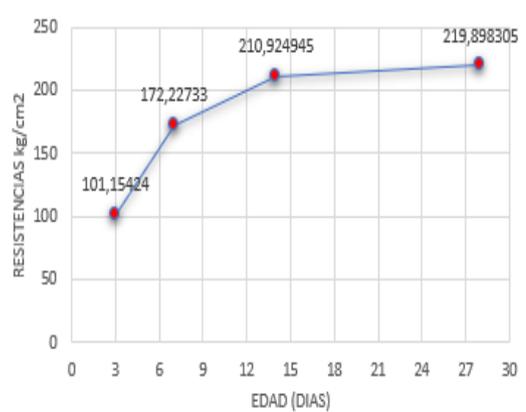
ROTURAS EN RESISTENCIAS ALTAS

EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	101,15424
7	172,22733
14	210,924945
28	219,898305

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS EDAD-RESISTENCIAS



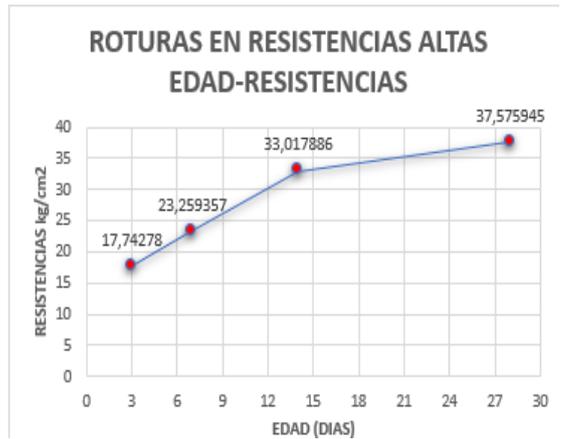
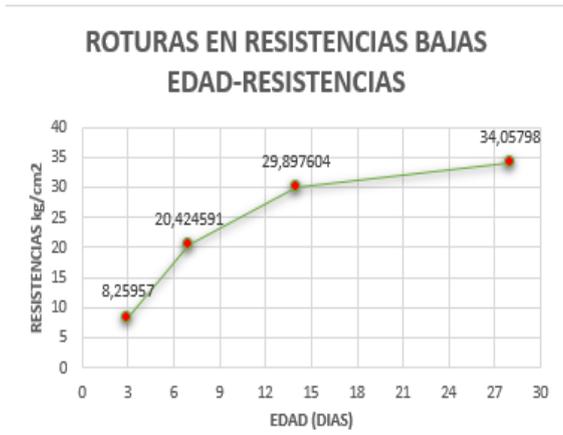
ROTURAS EN RESISTENCIAS ALTAS EDAD-RESISTENCIAS



DESCRIPCIÓN DE CILINDROS	Rotura (ALTA Y BAJA)	DIAMENSIONES DE CILINDRO						ROTURA												MR-ALTA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)		MR-BAJA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)		
		DIAMETRO (cm)			ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	FECHA	EDAD (días)	CARGA (KN)	RESISTENCIA		RESISTENCIA PROMEDIO	EFICIENCIA (%)	RESISTENCIA DISEÑO	EFICIENCIA DISEÑO (%)	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa		
		D1 superior	D2 inferior	PROMEDIO									Mpa	kg/cm <sup>2</sup>										
																							kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
1	Alta	15,00	15,00	15,00	30,31	176,71	0,005356	11,06	2065,64	23/10/2023	3	33,450	1,550	16	17,74278	6,1182	84	40	4,3977041	0,4	4,118749	0,4		
2	Alta	15,01	15,01	15,01	30,31	176,95	0,005363	11,07	2063,44	23/10/2023	3	34,200	1,930	20										
3	Baja	15,00	15,00	15,00	30,30	176,71	0,005354	11,08	2069,31	23/10/2023	3	19,500	0,740	8	8,25957	2,84812759	84	40						
4	Baja	15,01	15,02	15,02	30,28	177,07	0,005362	11,07	2064,67	23/10/2023	3	20,050	0,880	9										
1	Alta	15,23	15,23	15,23	29,75	182,18	0,005420	10,88	2066,75	26/10/2023	7	43,900	2,102	21	23,259357	8,02046793	136,5	65						
2	Alta	15,25	15,25	15,25	29,75	182,65	0,005434	10,96	2017,68	26/10/2023	7	43,400	2,460	25										
3	Baja	15,24	15,23	15,24	29,75	182,30	0,005423	10,75	1982,93	26/10/2023	7	32,098	1,987	20	20,424591	7,04296241	136,5	65						
4	Baja	15,25	15,25	15,25	29,75	182,65	0,005433	10,53	1938,51	26/10/2023	7	33,005	2,019	21										
1	Alta	15,20	15,20	15,20	28,03	181,40	0,005085	11,67	2295,75	7/11/2023	14	57,980	3,156	32	33,017886	11,3854779	189	90						
2	Alta	15,20	15,20	15,20	28,00	181,46	0,005081	10,97	2159,09	7/11/2023	14	58,700	3,320	34										
3	Baja	15,20	15,21	15,21	28,01	181,58	0,005086	11,32	2226,51	7/11/2023	14	51,490	2,954	30	29,897604	10,3095186	189	90						
4	Baja	15,21	15,21	15,21	28,00	181,70	0,005088	11,99	2355,96	7/11/2023	14	51,500	2,910	30										
1	Alta	15,23	15,21	15,22	29,99	181,94	0,005456	11,23	2058,18	18/11/2023	28	43,500	3,660	37	37,575945	12,9572224	210	100						
2	Alta	15,23	15,22	15,23	29,80	182,06	0,005425	11,03	2033,08	18/11/2023	28	67,400	3,710	38										
3	Baja	15,22	15,22	15,22	29,74	181,94	0,005411	11,02	2036,30	18/11/2023	28	61,300	3,470	35	34,05798	11,744131	210	100						
4	Baja	15,22	15,22	15,22	29,75	181,94	0,005413	10,73	1982,41	18/11/2023	28	62,000	3,210	33										

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS	
EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	8,25957
7	20,424591
14	29,897604
28	34,05798

ROTURAS EN RESISTENCIAS ALTAS	
EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	17,74278
7	23,259357
14	33,017886
28	37,575945



CAÑA 5%

DESCRIPCIÓN DE CILINDROS	Rotura (ALTA Y BAJA)	DIAMENSIONES DE CILINDRO					ROTURA														MR-ALTA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)		MR-BAJA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)	
		DIAMETRO (cm)			ALTURA	AREA	VOLUMEN	PESO	DENSIDAD	FECHA	EDAD	CARGA	RESISTENCIA		RESISTENCIA	EFICIENCIA	RESISTENCIA	EFICIENCIA	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa		
		D1 superior	D2 inferior	PROMEDIO	(cm)	(cm²)	(m³)	(kg)	(kg/m³)		(dias)	(KN)	Mpa	kg/cm²	PROMEDIO	(%)	DISEÑO	DISEÑO(%)						
1	Alta	15,01	15,00	15,01	30,27	176,83	0,005353	12,60	2353,94	20/10/2023	3	254,084	10,197	104	99,662334	34,3663221	84	40						
2	Alta	15,00	15,00	15,00	30,28	176,71	0,005351	12,58	2351,00	20/10/2023	3	251,300	9,350	95										
3	Baja	15,00	15,00	15,00	30,28	176,71	0,005351	12,63	2360,34	20/10/2023	3	209,197	9,980	102	104,06243	35,8835952	84	40						
4	Baja	15,01	15,01	15,01	30,27	176,95	0,005356	12,65	2362,27	20/10/2023	3	213,784	10,430	106										
1	Alta	15,20	15,20	15,20	31,50	181,46	0,005716	12,63	2209,61	23/10/2023	7	321,076	17,945	183	184,33988	63,5654769	136,5	65						
2	Alta	15,20	15,20	15,20	31,50	181,46	0,005716	12,65	2213,81	23/10/2023	7	321,900	18,210	186										
3	Baja	15,20	15,20	15,20	31,51	181,46	0,005718	12,65	2212,41	23/10/2023	7	309,521	14,293	146	144,74925	49,9135359	136,5	65						
4	Baja	15,20	15,20	15,20	31,49	181,46	0,005714	12,62	2208,56	23/10/2023	7	309,873	14,097	144										
1	Alta	15,21	15,21	15,21	30,03	181,70	0,005456	12,67	2322,06	7/11/2023	14	401,097	20,998	214	212,09156	73,1350217	189	90						
2	Alta	15,20	15,20	15,20	30,01	181,46	0,005446	12,71	2334,01	7/11/2023	14	399,300	20,600	210										
3	Baja	15,20	15,21	15,21	30,01	181,58	0,005449	12,65	2321,46	7/11/2023	14	323,987	18,090	184	186,35383	64,2599414	189	90						
4	Baja	15,21	15,21	15,21	30,02	181,70	0,005455	12,68	2324,66	7/11/2023	14	326,300	18,460	188										
1	Alta	15,23	15,21	15,22	30,00	181,94	0,005458	12,36	2264,53	20/11/2023	28	431,800	21,930	224	222,77823	76,8200788	210	100						
2	Alta	15,10	15,10	15,10	30,05	179,08	0,005381	12,86	2389,01	20/11/2023	28	415,300	21,764	222										
3	Baja	15,10	15,1	15,10	30,03	179,08	0,005378	12,33	2292,79	20/11/2023	28	326,300	18,470	188	187,52651	64,6643131	210	100						
4	Baja	15,10	15,1	15,10	30	179,08	0,005372	12,64	2351,85	20/11/2023	28	323,600	18,310	187										

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS	
EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	104,062426
7	144,749254
14	186,35383
28	187,526508

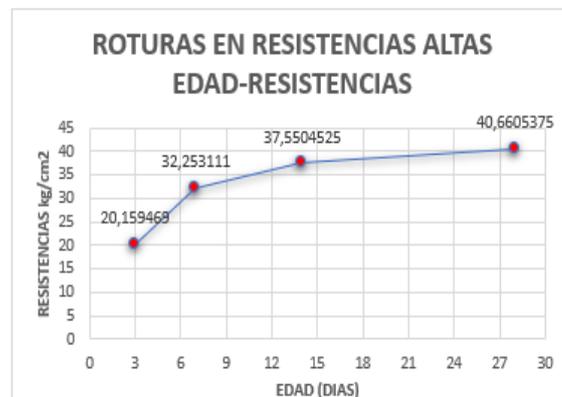
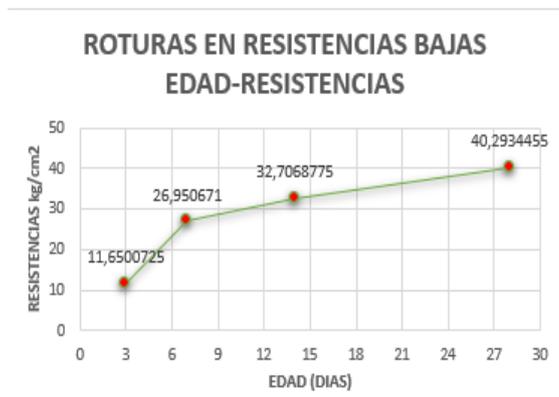
ROTURAS EN RESISTENCIAS ALTAS	
EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	99,6623342
7	184,339883
14	212,0915628
28	222,7782284



DESCRIPCIÓN DE CILINDROS	DIAMETROS DE CILINDRO						ROTURA										MR-ALTA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)		MR-BAJA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)			
	Rotura (ALTA Y BAJA)	DIAMETRO (cm)			ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	FECHA	EDAD (días)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (Mpa / kg/cm <sup>2</sup> )		RESISTENCIA PROMEDIO	EFICIENCIA (%)	RESISTENCIA DISEÑO	EFICIENCIA DISEÑO (%)	kg/cm2	Mpa	kg/cm2	Mpa
		D1 superior	D2 inferior	PROMEDIO									Mpa	kg/cm <sup>2</sup>								
1	Alta	15,00	15,00	15,00	30,31	176,71	0,005356	11,85	2212,01	23/10/2023	3	32,450	1,860	19	20,159469	6,95154103	84	40				
2	Alta	15,00	15,00	15,00	30,31	176,71	0,005356	12,08	2255,88	23/10/2023	3	33,256	2,094	21								
3	Baja	15,00	15,00	15,00	30,30	176,71	0,005354	12,10	2259,05	23/10/2023	3	19,326	1,098	11								
4	Baja	15,01	15,02	15,02	30,28	177,07	0,005362	12,71	2370,92	23/10/2023	3	20,103	1,187	12	11,650073	4,01726638	84	40				
1	Alta	15,26	15,26	15,26	29,75	182,89	0,005441	11,68	2146,19	27/10/2023	7	42,974	3,234	33	32,253111	11,1217624	136,5	65				
2	Alta	15,25	15,25	15,25	29,75	182,65	0,005434	11,85	2179,81	27/10/2023	7	43,046	3,092	32								
3	Baja	15,25	15,25	15,25	29,75	182,65	0,005434	11,44	2104,36	27/10/2023	7	31,986	2,341	24	26,950671	9,29333483	136,5	65				
4	Baja	15,25	15,25	15,25	29,75	182,65	0,005433	11,63	2140,97	27/10/2023	7	32,946	2,945	30								
1	Alta	15,23	15,23	15,23	28,03	182,18	0,005106	11,67	2285,97	6/11/2023	14	56,789	3,568	36	37,550453	12,9484319	189	90	4,6351964	0,5	4,607256	0,5
2	Alta	15,23	15,23	15,23	28,00	182,18	0,005101	11,23	2202,35	6/11/2023	14	57,345	3,797	39								
3	Baja	15,21	15,21	15,21	28,01	181,70	0,005089	11,32	2225,04	6/11/2023	14	51,982	3,097	32	32,706878	11,2782336	189	90				
4	Baja	15,21	15,21	15,21	28,00	181,70	0,005088	11,99	2355,96	6/11/2023	14	51,543	3,318	34								
1	Alta	15,23	15,21	15,22	29,99	181,94	0,005456	11,23	2058,18	17/11/2023	28	42,984	3,983	41	40,660538	14,020875	210	100				
2	Alta	15,23	15,22	15,23	29,80	182,06	0,005425	11,03	2033,08	17/11/2023	28	66,989	3,992	41								
3	Baja	15,22	15,22	15,22	29,74	181,94	0,005411	11,02	2036,30	17/11/2023	28	63,857	3,980	41	40,293446	13,8942916	210	100				
4	Baja	15,22	15,22	15,22	29,75	181,94	0,005413	11,73	2167,16	17/11/2023	28	62,985	3,923	40								

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS	
EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	11,6500725
7	26,950671
14	32,7068775
28	40,2934455

ROTURAS EN RESISTENCIAS ALTAS	
EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	20,159469
7	32,253111
14	37,5504525
28	40,6605375



CAÑA 10 %

DESCRIPCIÓN DE CILINDROS	Rotura (ALTA Y BAJA)	DIMENSIONES DE CILINDRO					ROTURA										MR-ALTA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)	MR-BAJA (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)				
		DIAMETRO (cm)			ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	FECHA	EDAD (días)	CARGA (KN)	RESISTENCIA		EFICIENCIA (%)	ESISTE (C)			EFICIENCIA (%)			
		D1 superior	D2 inferior	PROMEDIO									PROMEDIO	kg/cm <sup>2</sup>								
		DISEÑO (%)		kg/cm <sup>2</sup>	Mpa	kg/cm <sup>2</sup>	Mpa															
1	Alta	15,01	15,00	15,01	30,27	176,83	0,005353	12,60	2353,94	26/10/2023	3	256,084	11,145	114	135,62786	46,7682271	84	40	15,710328	1,5	13,3746	1,3
2	Alta	15,00	15,00	15,00	30,28	176,71	0,005351	12,58	2351,00	26/10/2023	3	253,320	15,456	158	135,62786	46,7682271	84	40				
3	Baja	15,00	15,00	15,00	30,28	176,71	0,005351	12,63	2360,34	26/10/2023	3	204,530	10,089	103	106,24973	36,6378363	84	40				
4	Baja	15,01	15,01	15,01	30,27	176,95	0,005356	12,65	2362,27	26/10/2023	3	215,384	10,750	110	106,24973	36,6378363	84	40				
1	Alta	15,20	15,20	15,20	31,50	181,46	0,005716	12,63	2209,61	31/10/2023	7	324,873	19,342	197	191,47282	66,0251119	136,5	65				
2	Alta	15,20	15,20	15,20	31,50	181,46	0,005716	12,65	2213,81	31/10/2023	7	323,530	18,212	186	191,47282	66,0251119	136,5	65				
3	Baja	15,20	15,20	15,20	31,51	181,46	0,005718	12,65	2212,41	31/10/2023	7	310,034	15,523	158	160,63649	55,3918937	136,5	65				
4	Baja	15,20	15,20	15,20	31,49	181,46	0,005714	12,62	2208,56	31/10/2023	7	311,734	15,983	163	160,63649	55,3918937	136,5	65				
1	Alta	15,21	15,21	15,21	30,03	181,70	0,005456	12,67	2322,06	6/11/2023	14	403,143	21,350	218	234,5458	80,8778611	189	90				
2	Alta	15,20	15,20	15,20	30,01	181,46	0,005446	12,71	2334,01	6/11/2023	14	399,654	24,652	251	234,5458	80,8778611	189	90				
3	Baja	15,20	15,21	15,21	30,01	181,58	0,005449	12,65	2321,46	6/11/2023	14	325,934	18,652	190	191,83483	66,1499397	189	90				
4	Baja	15,21	15,21	15,21	30,02	181,70	0,005455	12,68	2324,66	6/11/2023	14	325,256	18,973	193	191,83483	66,1499397	189	90				
1	Alta	15,23	15,21	15,22	30,00	181,94	0,005458	12,36	2264,53	21/11/2023	28	432,867	25,092	256	253,71653	87,4884597	210	100				
2	Alta	15,10	15,10	15,10	30,05	179,08	0,005381	12,86	2389,01	21/11/2023	28	435,569	24,670	252	253,71653	87,4884597	210	100				
3	Baja	15,10	15,1	15,10	30,03	179,08	0,005378	12,33	2292,79	21/11/2023	28	323,312	19,256	196	199,29408	68,7220954	210	100				
4	Baja	15,10	15,1	15,10	30	179,08	0,005372	12,64	2351,85	21/11/2023	28	323,653	19,832	202	199,29408	68,7220954	210	100				

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS	
EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	106,2497254
7	160,6364916
14	191,834825
28	199,2940768

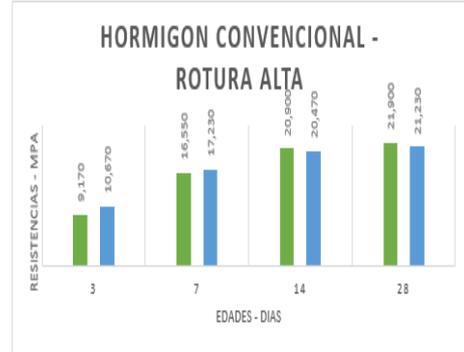
ROTURAS EN RESISTENCIAS ALTAS	
EDAD	RESISTENCIAS PROMEDIOS
3	135,6278586
7	191,4728244
14	234,5457972
28	253,7165332



Rotura (ALTA Y BAJA)	HORMIGON CONVENCIONAL				
	Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
Alta	20/10/2023	3	198,070	9,170	9,92
Alta	20/10/2023		219,300	10,670	
Baja	20/10/2023	7	219,900	7,980	8,205
Baja	20/10/2023		222,570	8,430	
Alta	26/10/2023	7	321,090	16,550	16,89
Alta	26/10/2023		322,200	17,230	
Baja	26/10/2023	7	311,780	13,990	13,04
Baja	26/10/2023		313,550	12,090	
Alta	6/11/2023	14	369,990	20,900	20,685
Alta	6/11/2023		379,400	20,470	
Baja	6/11/2023	14	313,090	15,090	16,685
Baja	6/11/2023		323,000	18,280	
Alta	17/11/2023	28	404,700	21,900	21,565
Alta	17/11/2023		375,200	21,230	
Baja	17/11/2023	28	326,200	18,460	18,395
Baja	17/11/2023		324,000	18,330	

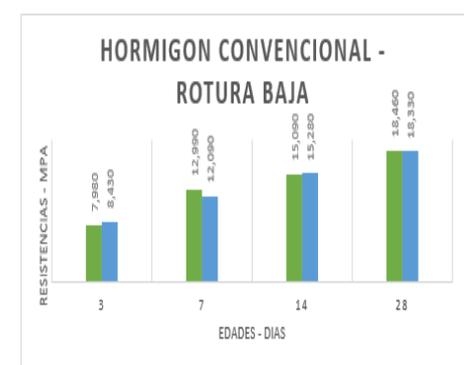
Área del gráfico | HORMIGON CONVENCIONAL - ROTURA ALTA

Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
20/10/2023	3	198,070	9,170	9,92
20/10/2023		219,300	10,670	
26/10/2023	7	321,090	16,550	16,89
26/10/2023		322,200	17,230	
6/11/2023	14	369,990	20,900	20,685
6/11/2023		379,400	20,470	
17/11/2023	28	404,700	21,900	21,565
17/11/2023		375,200	21,230	



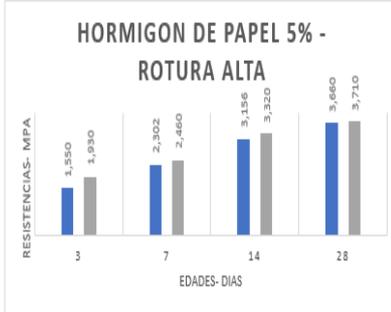
HORMIGON CONVENCIONAL - ROTURA BAJA

Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
20/10/2023	3	219,900	7,980	8,205
20/10/2023		222,570	8,430	
26/10/2023	7	311,780	12,990	12,54
26/10/2023		313,550	12,090	
6/11/2023	14	313,090	15,090	15,185
6/11/2023		323,000	15,280	
17/11/2023	28	326,200	18,460	18,395
17/11/2023		324,000	18,330	

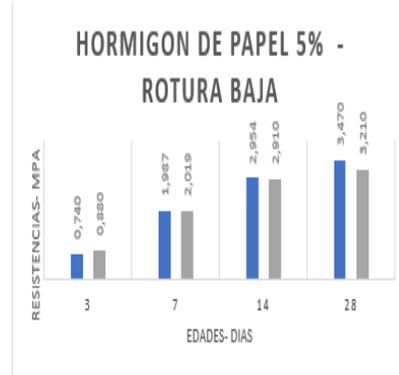


Rotura (ALTA Y BAJA)	HORMIGON DE PAPEL 5%				
	Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
Alta	23/10/2023	3	33,450	1,550	1,74
Alta	23/10/2023		34,200	1,930	
Baja	23/10/2023	3	19,500	0,740	0,81
Baja	23/10/2023		20,050	0,880	
Alta	26/10/2023	7	43,900	3,102	2,781
Alta	26/10/2023		43,400	2,460	
Baja	26/10/2023	7	32,098	1,987	2,003
Baja	26/10/2023		33,005	2,019	
Alta	7/11/2023	14	57,980	3,456	3,388
Alta	7/11/2023		58,700	3,320	
Baja	7/11/2023	14	51,490	2,954	2,932
Baja	7/11/2023		51,500	2,910	
Alta	18/11/2023	28	43,500	3,460	3,635
Alta	18/11/2023		67,400	3,810	
Baja	18/11/2023	28	61,300	3,470	3,34
Baja	18/11/2023		62,000	3,210	

HORMIGON DE PAPEL 5% - ROTURA ALTA					
	Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
1	23/10/2023	3	33,450	1,550	1,74
2	23/10/2023		34,200	1,930	
1	26/10/2023	7	43,900	2,302	2,381
2	26/10/2023		43,400	2,460	
1	7/11/2023	14	57,980	3,156	3,238
2	7/11/2023		58,700	3,320	
1	18/11/2023	28	43,500	3,660	3,685
2	18/11/2023		67,400	3,710	

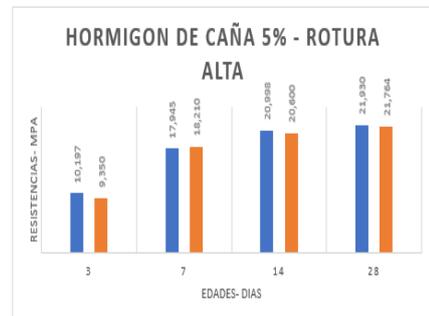


HORMIGON DE PAPEL 5% - ROTURA BAJA					
	Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
1	23/10/2023	3	19,500	0,740	0,81
2	23/10/2023		20,050	0,880	
1	26/10/2023	7	32,098	1,987	2,003
2	26/10/2023		33,005	2,019	
1	7/11/2023	14	51,490	2,954	2,932
2	7/11/2023		51,500	2,910	
1	18/11/2023	28	61,300	3,470	3,34
2	18/11/2023		62,000	3,210	

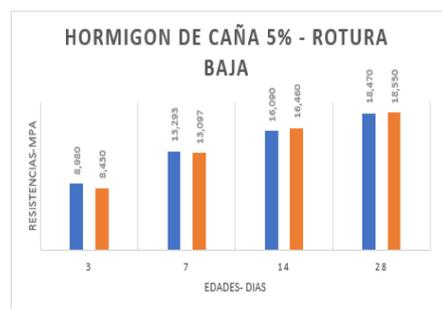


Rotura (ALTA Y BAJA)	HORMIGON DE CAÑA 5%				
	Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
Alta	20/10/2023	3	254,084	10,197	9,7735
Alta	20/10/2023		251,300	9,350	
Baja	20/10/2023	3	209,197	9,980	10,205
Baja	20/10/2023		213,784	10,430	
Alta	23/10/2023	7	321,076	17,945	18,0775
Alta	23/10/2023		321,900	18,210	
Baja	23/10/2023	7	309,521	14,293	14,195
Baja	23/10/2023		309,873	14,097	
Alta	7/11/2023	14	401,097	20,998	20,799
Alta	7/11/2023		399,300	20,600	
Baja	7/11/2023	14	323,987	18,090	18,275
Baja	7/11/2023		326,300	18,460	
Alta	20/11/2023	28	431,800	21,930	21,847
Alta	20/11/2023		415,300	21,764	
Baja	20/11/2023	28	326,300	18,470	18,39
Baja	20/11/2023		323,600	18,310	

HORMIGON DE CAÑA 5% - ROTURA ALTA					
	Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
1	20/10/2023	3	254,084	10,197	9,7735
2	20/10/2023		251,300	9,350	
1	23/10/2023	7	321,076	17,945	18,0775
2	23/10/2023		321,900	18,210	
1	7/11/2023	14	401,097	20,998	20,799
2	7/11/2023		399,300	20,600	
1	20/11/2023	28	431,800	21,930	21,847
2	20/11/2023		415,300	21,764	

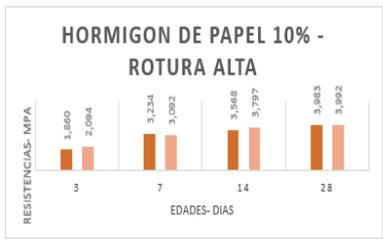


HORMIGON DE CAÑA 5% - ROTURA BAJA					
	Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
1	20/10/2023	3	209,197	8,980	8,705
2	20/10/2023		213,784	8,430	
1	23/10/2023	7	309,521	13,293	13,195
2	23/10/2023		309,873	13,097	
3	7/11/2023	14	323,987	16,090	16,275
4	7/11/2023		323,300	16,460	
3	20/11/2023	28	326,300	18,470	18,51
4	20/11/2023		325,800	18,550	

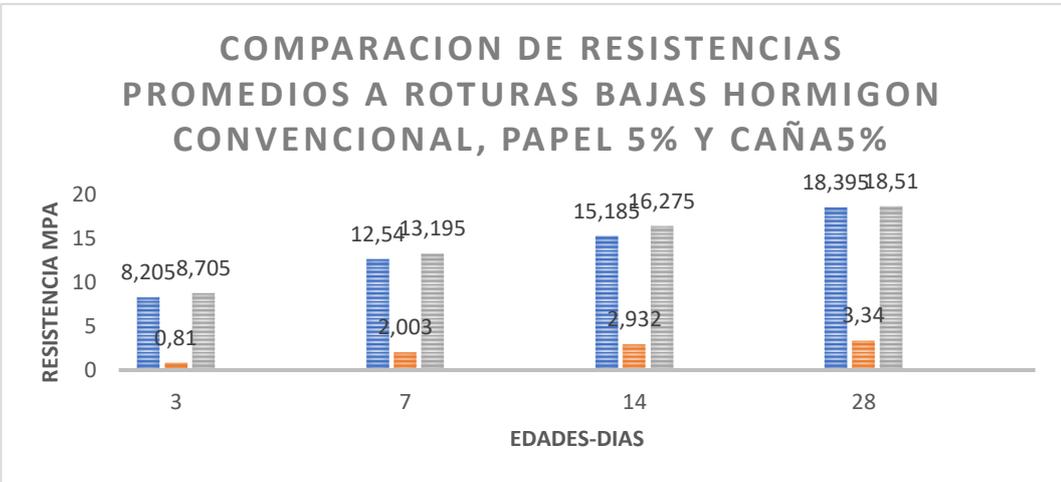
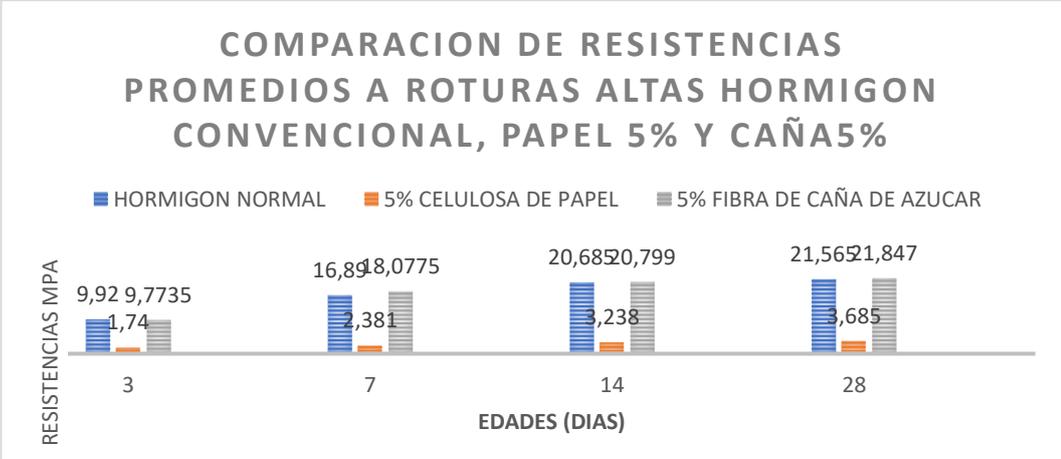
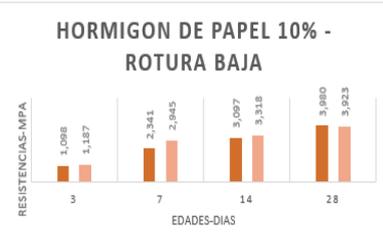


Rotura (ALTA Y BAJA)	HORMIGON DE PAPEL 10%				
	Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)
Alta	23/10/2023	3	32,450	1,860	1,977
Alta	23/10/2023		33,256	2,094	
Baja	23/10/2023	3	19,326	1,098	1,1425
Baja	23/10/2023		20,103	1,187	
Alta	27/10/2023	7	42,974	3,234	3,163
Alta	27/10/2023		43,046	3,092	
Baja	27/10/2023	7	31,986	2,341	2,643
Baja	27/10/2023		32,946	2,945	
Alta	6/11/2023	14	56,789	3,568	3,6825
Alta	6/11/2023		57,345	3,797	
Baja	6/11/2023	14	51,982	3,097	3,2075
Baja	6/11/2023		51,543	3,318	
Alta	17/11/2023	28	42,984	3,983	3,9875
Alta	17/11/2023		66,989	3,992	
Baja	17/11/2023	28	63,857	3,980	3,9515
Baja	17/11/2023		62,985	3,923	

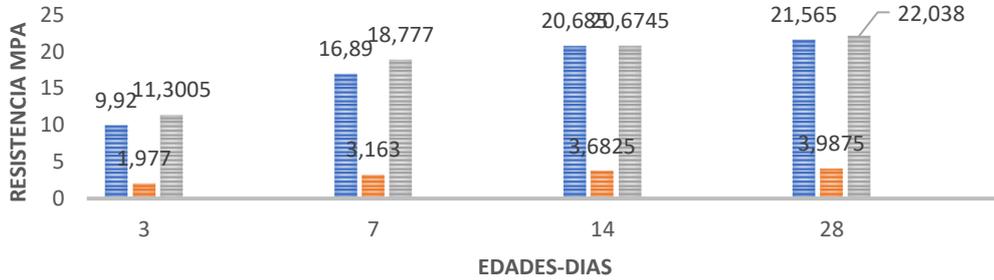
HORMIGON DE PAPEL 10% - ROTURA ALTA					
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)	
23/10/2023	3	32,450	1,860	1,977	1
23/10/2023		33,256	2,094		2
27/10/2023	7	42,974	3,234	3,163	1
27/10/2023		43,046	3,092		2
6/11/2023	14	56,789	3,568	3,6825	1
6/11/2023		57,345	3,797		2
17/11/2023	28	42,984	3,983	3,9875	1
17/11/2023		66,989	3,992		2



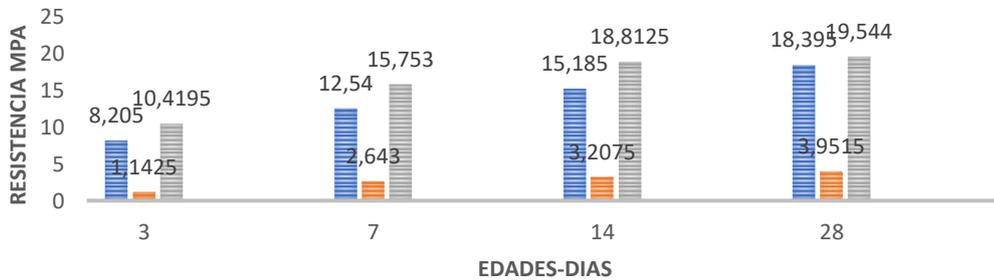
HORMIGON DE PAPEL 10% - ROTURA BAJA					
Fecha	EDADES (DIAS)	CARGA (KN)	RESISTENCIA (MPA)	PROMEDIO (MPA)	
23/10/2023	3	19,326	1,098	1,1425	1
23/10/2023		20,103	1,187		2
27/10/2023	7	31,986	2,341	2,643	1
27/10/2023		32,946	2,945		2
6/11/2023	14	51,982	3,097	3,2075	3
6/11/2023		51,543	3,318		4
17/11/2023	28	63,857	3,980	3,9515	3
17/11/2023		62,985	3,923		4



### COMPARACION DE RESISTENCIAS PROMEDIOS A ROTURAS ALTAS HORMIGON CONVENCIONAL, PAPEL 10% Y CAÑA 10%

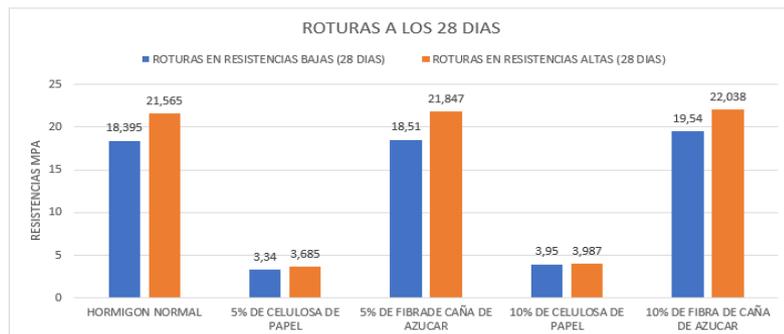


### COMPARACION DE RESISTENCIAS PROMEDIOS A ROTURAS BAJAS HORMIGON CONVENCIONAL, PAPEL 10% Y CAÑA 10%



ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS (28 DIAS)	
Hormigones	RESISTENCIAS MPA
HORMIGON NORMAL	18,395
5% DE CELULOSA DE PAPEL	3,34
5% DE CENIZA DE CAÑA DE AZUCAR	18,51
10% DE CELULOSA DE PAPEL	3,95
10% DE FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR	19,54

ROTURAS EN RESISTENCIAS ALTAS (28 DIAS)	
Hormigones	RESISTENCIAS MPA
HORMIGON NORMAL	21,565
5% DE CELULOSA DE PAPEL	3,685
5% DE FIBRADE CAÑA DE AZUCAR	21,847
10% DE CELULOSA DE PAPEL	3,987
10% DE FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR	22,038



ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS HORMIGON NORMAL	
EDAD	RESISTENCIAS
3	8,205
7	12,54
14	15,185
28	18,395

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS HORMIGON 5%	
EDAD	RESISTENCIAS
3	0,81
7	2,003
14	2,932
28	3,34

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS HORMIGON 5% FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR	
EDAD	RESISTENCIAS
3	8,705
7	13,195
14	16,275
28	18,51

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS HORMIGON 10% CELULOSA DE PAPEL	
EDAD	RESISTENCIAS
3	1,1425
7	2,643
14	3,2075
28	3,9515

ROTURAS EN RESISTENCIAS BAJAS HORMIGON 10% FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR	
EDAD	RESISTENCIAS
3	10,4195
7	15,753
14	18,8125
28	19,544

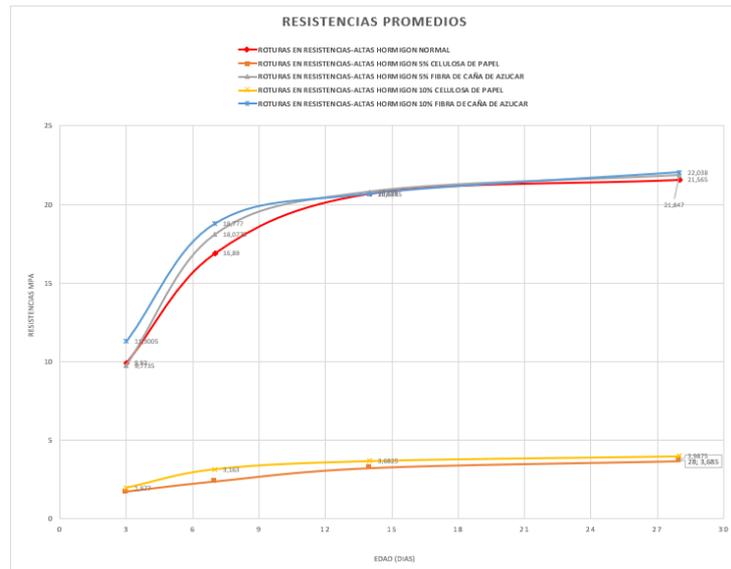
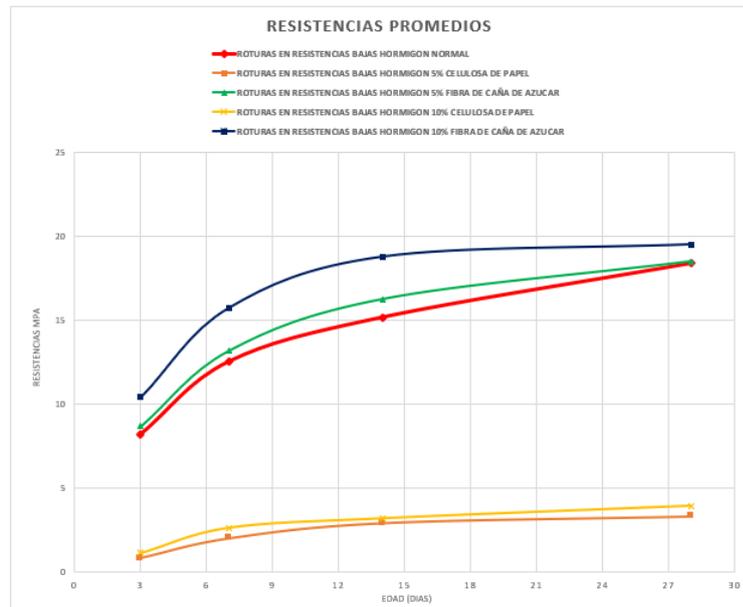
ROTURAS EN RESISTENCIAS-ALTAS HORMIGON NORMAL	
EDAD	RESISTENCIAS
3	9,92
7	16,89
14	20,685
28	21,565

ROTURAS EN RESISTENCIAS-ALTAS HORMIGON 5%	
EDAD	RESISTENCIAS
3	1,74
7	2,381
14	3,238
28	3,685

ROTURAS EN RESISTENCIAS-ALTAS HORMIGON 5% FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR	
EDAD	RESISTENCIAS
3	9,7735
7	18,0725
14	20,799
28	21,847

ROTURAS EN RESISTENCIAS-ALTAS HORMIGON 10% CELULOSA DE PAPEL	
EDAD	RESISTENCIAS
3	1,977
7	3,163
14	3,6825
28	3,9875

ROTURAS EN RESISTENCIAS-ALTAS HORMIGON 10% FIBRA DE CAÑA DE AZUCAR	
EDAD	RESISTENCIAS
3	11,3005
7	18,777
14	20,6745
28	22,038



Activar Windows