



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE DISTINTOS MÉTODOS DE
CURADO UTILIZANDO PARAFINA E INMERSIÓN EN AGUA
COMPROBANDO LA EFICACIA EN HORMIGONES ESTRUCTURALES.

VARGAS PIZARRO JESUS ALBERTO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE DISTINTOS MÉTODOS
DE CURADO UTILIZANDO PARAFINA E INMERSIÓN EN AGUA
COMPROBANDO LA EFICACIA EN HORMIGONES
ESTRUCTURALES.

VARGAS PIZARRO JESUS ALBERTO
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE DISTINTOS MÉTODOS DE CURADO
UTILIZANDO PARAFINA E INMERSIÓN EN AGUA COMPROBANDO LA
EFICACIA EN HORMIGONES ESTRUCTURALES.

VARGAS PIZARRO JESUS ALBERTO
INGENIERO CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 01 DE MARZO DE 2023

MACHALA
01 de marzo de 2023

ENTREGA1

por Jesus Vargas

Fecha de entrega: 23-feb-2023 10:11a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2021263949

Nombre del archivo: VARGAS-COMPLEXIVO_PARA_REVISION.pdf (166.98K)

Total de palabras: 3544

Total de caracteres: 17294

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, VARGAS PIZARRO JESUS ALBERTO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE DISTINTOS MÉTODOS DE CURADO UTILIZANDO PARAFINA E INMERSIÓN EN AGUA COMPROBANDO LA EFICACIA EN HORMIGONES ESTRUCTURALES., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

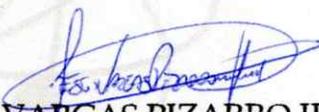
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 01 de marzo de 2023


VARGAS PIZARRO JESUS ALBERTO
0705279867

ENTREGA 1

por Jesús Vargas

Fecha de entrega: 23-feb-2023 10: 11a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2021263949

Nombre del archivo: VARGAS-COMPLEXIVO_PARA_REVISION.pdf (166.98K)

Total de palabras: 3544

Total de caracteres: 17294

ENTREGA1

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

2%

★ docplayer.es

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico primeramente a Dios, ya que por Él he podido llegar a cumplir esta etapa de mi vida, siendo bueno y fiel en todo el proceso conmigo, no soltándose en ningún momento permitiendo así alcanzar este sueño que tanto había esperado.

A mi papá y mamá por la paciencia, amor, fe y sobre todo oraciones que siempre han estado presentes, gracias al esfuerzo y dedicación que tuvieron desde muy pequeño conmigo para poder ser un hombre de bien y ayudar en todo tiempo, sin ellos esto no hubiera sido posible.

A mi amada esposa e hijo que son parte de inspiración para mí, ya que la presencia de ellos es la que ha llenado de alegría, sonrisas y mucho amor mi vida, motivándome a ser mejor y cumplir todas mis metas planteadas.

Y a mi amada abuelita que ya no está conmigo, pero siempre deseó verme ser un profesional, apoyándose con sus hermosas palabras en todo momento y orando por mí, siendo ella una de las mujeres más importantes en mi vida que me enseñó mucho todo el tiempo que estuvo a mi lado, siendo una gran madre para mí.

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se analiza la eficiencia del uso de parafina en el curado de hormigones estructurales, comparando los resultados obtenidos con el uso de agua, según lo que nos dice las normas ASTM C 309 -03 y ACI 308.

Para ellos se realizaron ensayos de laboratorio estipulados en la norma INEN (857-858-860-696) como son: granulometría ,peso volumétrico y varillado de los agregados , absorción de agregados , densidades y diseño , con la finalidad de obtener cilindros de hormigón para una resistencia a la compresión a los 28 días de $f'c= 21$ MPa , sobre la cual al momento de fraguado y primer periodo del endurecimiento del hormigón se empleará un método en particular poco usado en el campo de la construcción siendo el curado por membrana líquida, empleando así la parafina , además se usara también el método de inmersión en agua , para luego realizar la comparación de cual es más eficiente y apropiado para la uso del fraguado.

Se realizaron ensayos tanto para el método de inmersión en agua, como para el uso de membranas líquidas (parafina), en las edades de 7, 14 ,21,28 días según establecidos en la norma ACI 308.

Los resultados obtenidos luego de cada una de las roturas planificadas de los cilindros fueron comparados entre ambos métodos para así evidenciar, cual es el método óptimo para el curado de hormigones que aporte mayor eficacia y cumpla con los estándares de calidad, además evitando así el agrietamiento prematuro del material.

Palabras claves: Hormigón, Curado, Parafina, Cilindros, Concreto, Inmersión.

ABSTRACT

In the present degree work, the efficiency of the use of paraffin in the curing of structural concretes is analyzed, comparing the results obtained with the use of water, according to what ASTM C 309 -03 and ACI 308 standards tell us.

For them, laboratory tests stipulated in the INEN standard (857-858-860-696) were carried out, such as: granulometry, volumetric weight and rods of the aggregates, absorption of aggregates, densities, and design, in order to obtain concrete cylinders for a compressive strength at 28 days of $f'c = 21$ MPa, on which, at the moment of setting and the first period of concrete hardening, a particular method little used in the field of construction will be used, curing by liquid membrane, thus using paraffin, in addition the method of immersion in water will also be used, to then make the comparison of which is more efficient and appropriate for the use of the setting.

Trials were carried out both for the water immersion method and for the use of liquid membranes (paraffin), at ages of 7, 14, 21, 28 days as established in the ACI 308 standard.

The results obtained after each of the planned breaks of the cylinders were compared between both methods in order to demonstrate which is the optimal method for curing concrete that provides greater efficiency and meets quality standards, thus avoiding cracking material premature.

Keywords: Concrete, Cured, Paraffin, Cylinders, Concrete, Immersion.

ÍNDICE DE TABLA

DEDICATORIA	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. MATERIALES Y MÉTODOS	9
2.1. Materiales.....	9
2.2. Fundamentación.	10
2.2.1. Cemento.....	10
2.2.2. Agua.....	11
2.2.3. Agregados.....	11
2.2.4. Concreto.....	13
2.3. Diseño y preparación de probetas de hormigón.	13
2.4. Resistencia de hormigón	14
2.4.1. Rotura a compresión.	14
2.5. Curado.....	14
2.5.1. Curado externo	15
2.5.2. Curado interno	16
2.6. Métodos de prueba de curado.....	16
2.6.1. Método de curado Húmedo.....	16
2.6.2. Método de curado para evitar pérdida de humedad.....	17
3. RESULTADOS.....	19
3.1. Resistencia a compresión de hormigón curado con parafina	19
3.2. Resistencia a compresión de hormigón curado con agua	22
3.3. Comparación de resultados empleando curado con agua y parafina	23
4. CONCLUSIONES.....	25
5. RECOMENDACIONES	26

6. BIBLIOGRAFÍA.....	27
7. ANEXOS.....	30
7.1. Peso volumétrico suelto para agregado fino y grueso.....	30
7.2. Peso volumétrico suelto varillado para agregado grueso.....	31
7.3. Densidad y Porcentaje de Absorción para agregado grueso.....	32
7.4. Densidad y porcentaje de Absorción para agregado fino.....	33
7.5. Análisis granulométrico para agregado grueso y fino.....	35
7.6. Desgaste de agregado grueso.....	38
7.7. Memoria técnica del diseño de mezclas de concreto con agregados de la cantera de “Tuco León” para una resistencia de 21MPa.....	40
7.8. Factor de conversión para resultados de ensayos en máquina de compresión ..	45
7.9. Ensayos de Laboratorio	46

ÍNDICE DE TABLA

<i>Tabla 1. Materiales y su dosificación</i>	9
<i>Tabla 2. Tamizado del agregado fino</i>	12
<i>Tabla 3. Especificación para la carga – Ensayo de abrasión</i>	38
<i>Tabla 4. Parámetros del diseño de mezclas de concreto.</i>	42

ÍNDICE DE CUADRO

<i>Cuadro 1. Lista de ensayo</i>	9
<i>Cuadro 2. Equivalencia de tipos de Cemento y Descripción.</i>	11
<i>Cuadro 3. Tamizado agregado grueso.</i>	12
<i>Cuadro 4. Proporciones de la mezcla de concreto para 24 cilindros</i>	13
<i>Cuadro 5. Resultado de resistencias de hormigón 7 días</i>	19
<i>Cuadro 6. Resultado de resistencias de hormigón 14 días</i>	20
<i>Cuadro 7. Resultado de resistencias de hormigón 21 días</i>	20
<i>Cuadro 8. Resultado de resistencias de hormigón 28 días</i>	20
<i>Cuadro 9. Resultados de resistencias finales con uso de parafina</i>	21

Cuadro 10. Resistencia por curado en inmersión en agua	22
Cuadro 11. Comparación de resistencias obtenidas con parafina y agua.	23
Cuadro 12. Peso volumétrico suelto- arena	30
Cuadro 13. Peso Volumétrico Suelto Grava	31
Cuadro 14. Peso Volumétrico Suelto Grava	32
Cuadro 15. Densidad y porcentaje de absorción para agregados gruesos	33
Cuadro 16. Densidad y porcentaje para agregado fino	34
Cuadro 17. Análisis granulométrico de la grava	36
Cuadro 18. Análisis granulométrico de la arena	37
Cuadro 19. Desgaste de agregado grueso	39
Cuadro 20. Propiedades de los agregados	40
Cuadro 21. Resultado de análisis granulométrico	40
Cuadro 22. Resultado de relación agua cemento	41
Cuadro 23. Revenimientos. Tamaño máximo de nominales	41
Cuadro 24. Volumen de los materiales para 1 m3 de hormigón	43
Cuadro 25. Pesos de los materiales para 1 m3 de hormigón	43
Cuadro 26. Dimensiones de probeta	44
Cuadro 27. Cantidad en kilogramos de los materiales para 24 cilindros.	44
Cuadro 28. Cantidad de los materiales agregando el 15% de desperdicio	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ensayo de Resistencia a compresión - Rotura de Probetas	14
Ilustración 2. Ensayo de Resistencia a compresión - Colocación de Probetas	14
Ilustración 3. Comparación de curado interno y externo	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inmersión de probetas en agua para curado	17
Figura 2. Probeta curada con parafina	19
Figura 3. Resultados de resistencias finales con uso de parafina	21
Figura 4. Resultado de curado por inmersión en agua	22
Figura 5. Comparación de resultados de resistencia empleando parafina y agua	24

1. INTRODUCCIÓN

El hormigón actualmente en la construcción es uno de los materiales que mayor uso tiene en Ecuador y a nivel mundial, motivo por el cual se lo caracteriza como uno de los principales elementos constructivos ya que sus propiedades permiten un desarrollo óptimo en la ejecución de algún proyecto. [1]

Para poder alcanzar la mayor resistencia del hormigón, este necesita ser tratado luego de ya haberse ejecutado en obra, y el proceso correcto por el cual debe pasar el concreto es el curado del mismo, así como lo define el ACI 308, siendo este un procedimiento en el cual el concreto madura y de esta manera le permite desarrollar sus propiedades de fortalecimiento con el pasar de los días llegando así a lograr la resistencia deseada.

La realización del curado debe ser considerada uno de los factores con mayor importancia ya que este permite asegurar la integridad de una estructura que ha sido bien diseñada, curar el concreto ayuda a evitar la fisuración por contracción plástica o por contracción de secado. Cuando no se procede a realizar el proceso de curado nuestro hormigón no alcanza la resistencia debida, logrando solo un 55% de su resistencia, en cambio cuando se procede a curar durante 3 días este puede aproximarse a un 75% de la resistencia, si se realiza durante los 7 primeros días se puede lograr un 98% de su resistencia, y si se cura diariamente alcanzaría hasta el 100% de su resistencia.

En este proyecto se utilizaron los métodos de curado que nos da la norma ACI-308 , y se procederá a emplear métodos como: proceso de inmersión en agua y empleo de una membrana (parafina) según ASTM C 309 -3 , los cuales trataran de evitar que se pierda la humedad interna del concreto , con el fin de así obtener el comportamiento de estos al momento de ser tratados por distintos métodos y al final evaluar cual es el mecanismo de curado más eficiente que permita llegar a la resistencia planteada de 21MPa.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Los materiales que se usaron en laboratorio para el desarrollo de las probetas de concreto fueron los siguiente:

- Cemento Portland GU tipo I
- Agua potable
- Agregados (grava-arena).

Tabla 1. Materiales y su dosificación

MATERIAL	DOSIFICACIÓN
AGUA	0.68
CEMENTO	1.00
GRAVA	2.42
ARENA	3.43
FUENTE: AUTOR	

El agregado grueso (grava) y fino (arena) fueron extraídos de la cantera de “Tucu León” ubicada en el cantón Pasaje, para estos materiales se dispuso a realizar la determinación de propiedades físicas como mecánicas de los agregados gruesos y finos, por lo cual se desarrolló un listado de los ensayos realizados según la norma INEN.

Cuadro 1. Lista de ensayo

ENSAYOS EJECUTADOS A MATERIAL PÉTREO			
AGREGADO GRUESO		AGREGADO FINO	
Tipo de ensayo	Norma	Tipo de ensayo	Norma
Peso volumétrico suelto y varillado	INEN – 858	Peso volumétrico suelto	INEN – 858
Densidades y porcentaje de absorción	INEN – 857	Densidades y porcentaje de absorción	INEN – 857
Análisis granulométrico	INEN – 696	Análisis granulométrico	INEN – 696
Porcentaje de desgaste	INEN – 860		
Fuente: Autor			

Luego de haber realizado todos los ensayos establecidos por la norma INEN 2011 para los materiales antes mencionados (ver Anexos 7.1 - 7.6) , se procedió a efectuar así una dosificación de un $f'c= 21$ MPa para el diseño de hormigón , con el cual se elaboró 24 probetas de hormigón, las cuales procedieron a dividirse en dos grupos para emplear dos métodos de curado distintos como son: Métodos que aportan humedad y métodos que evitan la pérdida de humedad , entre estos métodos se usó parafina con el cual se dispuso 12 probetas para el curado , siendo este un método que evita la pérdida de humedad, y además se empleó inmersión en agua con el cual se dispuso las otras 12 probetas para el curado , usado este como un mecanismo que aporta humedad a la probeta.

2.2. **Fundamentación.**

2.2.1. *Cemento*

Definido el cemento hidráulico como el cemento que fragua y endurece por reacción química con agua y es capaz de hacerlo aún bajo el agua. Sin embargo, al cemento portland también se lo establece como un cemento hidráulico y es considerado el elemento más importante del hormigón conformado por la pulverización del Clinker, que contienen esencialmente silicato de calcio, y que este contiene uno o más de los siguientes elementos: sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso que se introduce para ayudar en la fabricación o manejo del cemento [2]

2.2.1.1. *Clasificación del cemento.*

La norma NTE INEN152, nos muestra los Cementos Portland Tipos entre estos: I, II, III, IV, V, de los cuales dependerá que uso se dará en algún proyecto para poder emplear alguno de estos tipos mencionados. [3]

A continuación, se muestra un cuadro con breve descripción de los distintos tipos de cemento.

Cuadro 2. Equivalencia de tipos de Cemento y Descripción.

Cementos Hidráulicos por Desempeño	Descripción del tipo de Cemento	Cemento Portland
GU	Uso general	Tipo I
HE	Alta resistencia inicial	Tipo III
HS	Alta resistencia a los sulfatos	Tipo V
MS	Moderada resistencia a los sulfatos	Tipo II
MH	Moderado calor de hidratación	Tipo IV
LH	Bajo calor de hidratación	Tipo II

FUENTE: NTE INEN 2380:2011

2.2.2. Agua

La norma INE INEN 1855-1, menciona que el agua para la mezcla debe de ser clara y de apariencia limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos y otras sustancias dañinas para el hormigón o para el acero de refuerzo. [4]

2.2.3. Agregados

Los agregados son materiales granulares inactivos que se pueden encontrar tanto de forma natural como artificial y se utilizan en la fabricación del concreto cuando se mezclan con un material que actúa como cementante. Según su origen, se clasifican en dos categorías: naturales y artificiales. [5]

Agregados naturales: Proviene de fuentes naturales, además sus partículas son consecuencia de procesos como abrasión y se pueden encontrar en los ríos y canteras, entre estos tenemos: granito, grava, arena, arcilla y piedra pómez entre otros.

Agregados artificiales: Agregados provenientes de procesos industriales que se caracterizan en la especialización de trituración de los materiales, entre estos tenemos: limaduras de hierro, arcillas expandidas, Clinker entre otros y por lo general son más ligeros.

De acuerdo con su tamaño, los agregados se clasifican en agregados finos y grueso.

Agregados finos: Son agregados conocidos como arena, estos pasan el tamiz #4 lo cual equivale a 4.76mm.

La arena que se usó para los distintos ensayos si cumplió con los parámetros mencionados según la (Tabla 1) normado por la ASTM C33 / C33M-18. [6]

Tabla 2. Tamizado del agregado fino

Tamiz (Especificaciones E 11)	Porcentaje Pasando (%)
9.5 mm (3/8 in)	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)	5 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Fuente: ASTM C33 / C33M-18

Agregados gruesos: Son conocidos como gravas estos son materiales que en cuanto al tamaño de sus partículas van de los 5mm a 125mm, y superan el tamiz #4.

Cuadro 3. Tamizado agregado grueso.

Numero de tamaño	Tamaño Nominal	Cantidades más finas que Cada Tamiz de laboratorio, Porcentaje Masa													
		100 mm (4pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2pulg)	37.5 mm (1 ½ pulg)	25mm (1pulg)	19 mm (3/4pulg)	12.5mm (1/2pulg)	9.5mm (3/8pulg)	4.75mm (No4)	2.36mm (No8)	1.18 mm (No.16)	
1	90 a 37.5 mm	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37.5 mm	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25 mm	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0a 5	...	...	...	...
3.57	50 a 4.75 mm	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 a 19 mm	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
4.67	37.5 a 4.75 mm	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 a 12.5 mm	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 a 9.5 mm	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 a 4.75 mm	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19 a 9.5 mm	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19 a 4.75 mm	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 a 4.75 mm	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 a 2.36 mm	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 5	0 a 5

Fuente: ASTM C33 – 03

2.2.4. Concreto

El concreto reforzado es un material de construcción muy utilizado debido principalmente a tres factores: Tiene una buena resistencia a la compresión, es relativamente económico y puede ser moldeado con facilidad en diversas formas. [7]. Además, el hormigón es ampliamente usado en la edificación de diversas estructuras tales como edificios, puentes y obras de preservación de agua. [8]

Sin embargo, existe una creciente preocupación por la durabilidad del material debido al deterioro del acero de refuerzo y del propio concreto causado por la interacción con los agentes ambientales.

El concreto puede tener distintos niveles de resistencia y calidad, los cuales son afectados por diversos factores clave, tales como la mezcla utilizada, la temperatura ambiental y el proceso de curado. [9]

En algunos casos se puede obtener que en el concreto los agregados (arena y grava) ocupan entre el 60 - 75% de su volumen, lo que constituye de esta manera la mayoría del grueso del concreto. [10]

Para el desarrollo de la muestra de hormigón a utilizar, se empleó una dosificación de 21 MPa la cual se conformó de las siguientes proporciones de materiales:

Cuadro 4. Proporciones de la mezcla de concreto para 24 cilindros

Materiales y proporciones	
Agua	28,23 kg
Cemento	41,52 kg
Grava	100,44 kg
Arena	138,26 kg
Fuente: Autor	

2.3. Diseño y preparación de probetas de hormigón.

Para el procesamiento de la mezcla, los materiales se fueron incorporando a la concreteira uno por uno, empezando con la grava y arena dejando estos mezclarse bien, luego se

añadió el cemento de igual manera dejando 5 minutos en mezcla y finalmente se incorporó el agua para así dejar por unos 10 minutos aproximadamente mezclar bien cada uno de estos materiales.

2.4. Resistencia de hormigón

La resistencia de hormigón se puede medir por distintos métodos, del cual se utilizó el mecanismo de rotura a compresión para poder efectuar los ensayos respectivos.

2.4.1. Rotura a compresión.

Se emplean tres tipos de muestras para medir la capacidad de resistencia a la compresión: probetas cilíndricas de 15x30 cm, probetas cilíndricas de 10x20 cm y probetas en forma de cubo establecido según la norma ASTM - C31. [11] [12]

Este ensayo de compresión según la INEN 573 [13] ,permite determinar la resistencia máxima a la compresión de las probetas de hormigón, introduciéndolas dentro del área de ensayo para luego estas ser sometida a una carga aplicada.

Ilustración 2. Ensayo de Resistencia a compresión - Colocación de Probetas



FUENTE: AUTOR

Ilustración 1. Ensayo de Resistencia a compresión - Rotura de Probetas



FUENTE: AUTOR

2.5. Curado

El curado del concreto es un proceso en el cual se hidratan los componentes del cemento, como son los silicatos y aluminatos, para transformar la pasta fresca en una masa sólida y resistente con capacidad de adherencia.

Sobre todo, para curar el concreto se debe considerar mantenerlo a una temperatura adecuada que esta entre (10-27°C) según ASTM C-31 [12] , para garantizar así que los procesos de hidratación se lleven a cabo correctamente, cabe considerar que las condiciones climáticas no siempre son las ideales para realizar dicho proceso, por lo cual es común suministrar agua adicional al concreto, para mantenerlo húmedo durante un período de entre una a cuatro semanas después de retirar los moldes o cimbras.

Hay múltiples técnicas, elementos y procesos para llevar a cabo el curado del concreto, todos ellos persiguen un propósito común, mantener la humedad y la temperatura adecuadas para obtener las características deseadas en el material. Es decir, a mayor retención de humedad, mayor eficacia tendrá el método de curado. [14]

No obstante, si el proceso de curado del concreto es inadecuado o no se lleva a cabo, puede generar una alta porosidad, especialmente en la capa superficial del material. [15]

El curado se puede clasificar en curado interno y curado externo del cual debemos tener en consideración su definición y luego a que tipo de curado nos inclinamos para emplear así uno de estos en los ensayos con nuestro hormigón.

2.5.1. Curado externo

El curado del concreto externo consiste en la colocación de manera superficial de agua a nuestro hormigón, esto se puede dar mediante riegos periódicos de agua, o con la aplicación de agentes que posean una buena capacidad de absorción y desorción entre estos pueden ser aserrín o polímeros. Cabe mencionar que también se puede realizar la inmersión en agua en caso de probetas de hormigón.

Sin embargo, uno de los mayores problemas que presenta este tipo de curado externo es el problema de "flujo lento", el cual consiste cuando el agua de hidratación empieza a moverse en el concreto, llegando así a cierto punto de evaporarse antes haber tenido tiempo de hidratar todo el volumen del elemento.

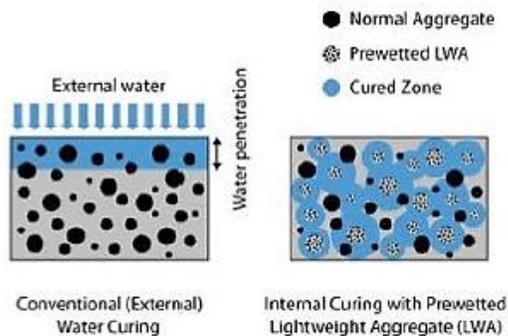
Para evitar este problema, es necesario mantener una capa de agua permanente sobre la superficie del concreto durante un período prolongado, lo cual puede ser difícil de lograr en grandes superficies, lugares remotos, climas cálidos, lugares con problemas de suministro de agua y en lugares fríos los cuales presentan problemas de congelamiento impidiendo así la hidratación. [16]

2.5.2. Curado interno

Es un proceso en el cual el cemento se hidrata utilizando agua adicional, no incluida en la mezcla original, lo que ayuda a desarrollar todo el potencial del concreto de manera económica y sostenible, mejorando la hidratación, reduciendo las grietas tempranas, la penetración de cloruros y mejorando la durabilidad del concreto prolongando su vida útil. [16]

Esta tecnología implica la inclusión de un material poroso en el concreto fresco, un material altamente permeable capaz de absorber una cantidad significativa de agua, la cual se liberará dentro de la estructura porosa del concreto a medida que la humedad relativa y la presión interna intersticial disminuyan. [17]

Ilustración 3. Comparación de curado interno y externo



Fuente: ESCSI

2.6. Métodos de prueba de curado.

Entre los métodos de curado externo tenemos dos: Húmedos, y los tratamientos para evitar la pérdida de humedad, de los cuales se tomarán uno de cada uno de estos métodos para realizar el curado de los cilindros de hormigón elaborados.

2.6.1. Método de curado Húmedo

Este método se encarga de aportar agua adicional al cilindro, siendo la inmersión en agua uno de estos empleados para el curado de las probetas realizadas en laboratorio.

2.6.1.1. *Inmersión (agua).*

Luego de ya pasado las 24 horas desde la preparación de los cilindros de hormigón y estos que ya se encuentren en estado sólido, se procedió a realizar la inmersión del cilindro de hormigón ya terminado en agua.

Se dejó los cilindros sumergidos en agua durante 28 días en una pequeña piscina, de los cuales cada cierta edad establecida que son 7,14,21 y 28 según la norma ACI 308 [18], se procedía a retirar para ser llevados a realizar el ensayo de resistencia a la compresión, obteniendo así las distintas resistencias que muestre cada cilindro al momento de ser sometidos a una carga puntual sobre ellos.

Figura 1. Inmersión de probetas en agua para curado



FUENTE: AUTOR

2.6.2. *Método de curado para evitar pérdida de humedad.*

Este método consiste en el uso materiales que proporcionen una membrana superficial al concreto y fue además uno de los empleados en los ensayos para curado de las probetas realizadas en laboratorio.

2.6.2.1. *Membranas de curado (Parafina).*

Estas son parafinas (ceras) o resinas, los cuales son compuestos que deben de cumplir con la normativa ASTM C 309-3 [19].

El proceso de curado que se utilizó para las 12 probetas inicio al termino de las 24 horas que se dejó en reposo los cilindros de hormigón y de ahí se procedió a desencofrarlos de los recipientes, luego de esto se necesita parafina, la cual puede estar en estado sólido o líquido, si se llega a emplear parafina en estado sólido el punto de fusión va desde los 40 a 60°C, para de esta manera cambiar su estado de sólido a líquido, y así ser utilizada en el proceso de curado.

Cabe mencionar que este método de curado es experimental ya que la parafina que se utilizó es un material que se emplea para la preparación de velas, y el estado de la parafina usada fue líquida, considerada esta como un aceite mineral por sus componentes que son derivados del petróleo, a continuación, colocamos en un recipiente vacío la parafina líquida para así ir sumergiendo cada una de nuestras probetas, dejando estas por un minuto dentro del recipiente.

Luego de pasado un minuto se procede a retirar la probeta o cilindro de hormigón, ya cubierto con la parafina, siendo este el líquido que se encargue de evitar el secado superficial e interno del hormigón, y que este pueda retener su humedad interna para poder alcanzar la resistencia planteada de 21MPa.

Tomamos el cilindro y lo llevamos a un lugar con una temperatura aproximada de 25°C, y así finalmente se lo cubre con una película plástica revistiendo todos los cilindros, de esta manera se evita la pérdida de humedad del hormigón diseñado.

Este proceso de sumergir el cilindro de hormigón en parafina se lo realizó una vez cada semana durante los 28 días de las edades establecidas por la normativa ACI - 308 para el curado de concreto.

Para el ensayo de resistencia a la compresión las muestras cilíndricas fueron ejecutadas según norma ASTM C - 109 [20], luego de esto se procedió a realizar la ejecución de rotura de 3 cilindros por semanas, a los 7, 14, 21 y 28 días obteniendo así la resistencia que nos proporcionó cada una de las probetas ejecutadas en el ensayo de compresión.

Figura 2. Probeta curada con parafina



FUENTE: AUTOR

3. RESULTADOS

3.1. Resistencia a compresión de hormigón curado con parafina

Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión simple empleando el diseño de un $f'c=21\text{MPa}$ en el periodo de 7,14,21 y 28 días para poder observar la eficiencia de este método de curado con parafina, se muestra en los siguientes cuadros.

El proceso de conversión de KN dados por la maquina a Kg/cm^2 ver en (Anexo 7.7)

Cuadro 5. Resultado de resistencias de hormigón 7 días

RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 7 DÍAS			
PROBETA	f'c (KN)	f'c (Kg/cm²)	f'c (MPa)
1	210	121.2	12
2	238.5	137.6	13.6
3	250	144.3	14.3

FUENTE: AUTOR

Como se observa en el cuadro 5 , los resultados de los 3 cilindros presentan un buen inicio ya que los porcentajes que lograron en 7 días de curado van entre el 57% y 68% aproximadamente, mostrando así que el proceso de la fabricación tanto como el curado podrian lograr la resistencia planteada.

Cuadro 6. Resultado de resistencias de hormigón 14 días

RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 14DÍAS			
PROBETA	f'c (KN)	f'c (Kg/cm2)	f'c (MPa)
1	217	125.2	12.4
2	317.8	183.4	18.1
3	314.2	181.3	17.9
FUENTE: AUTOR			

En el cuadro 6 y 7, se nota que dos de los cilindros logran llegar exitosamente a un 85% - 86% y solo uno de estos cilindros que es la PROBETA 1 se mantuvo en un 60% y 67%.

Cuadro 7. Resultado de resistencias de hormigón 21 días

RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 21 DÍAS			
PROBETA	f'c (KN)	f'c (Kg/cm2)	f'c (MPa)
1	245.5	141.7	14
2	323.4	186.6	18.5
3	316	182.3	18
FUENTE: AUTOR			

Cuadro 8. Resultado de resistencias de hormigón 28 días

RESISTENCIA DEL CONCRETO A LOS 28 DÍAS			
PROBETA	f'c (KN)	f'c (Kg/cm2)	f'c (MPa)
1	305.1	176	17.4
2	361	208.3	20.6
3	346.7	200	19.8
FUENTE: AUTOR			

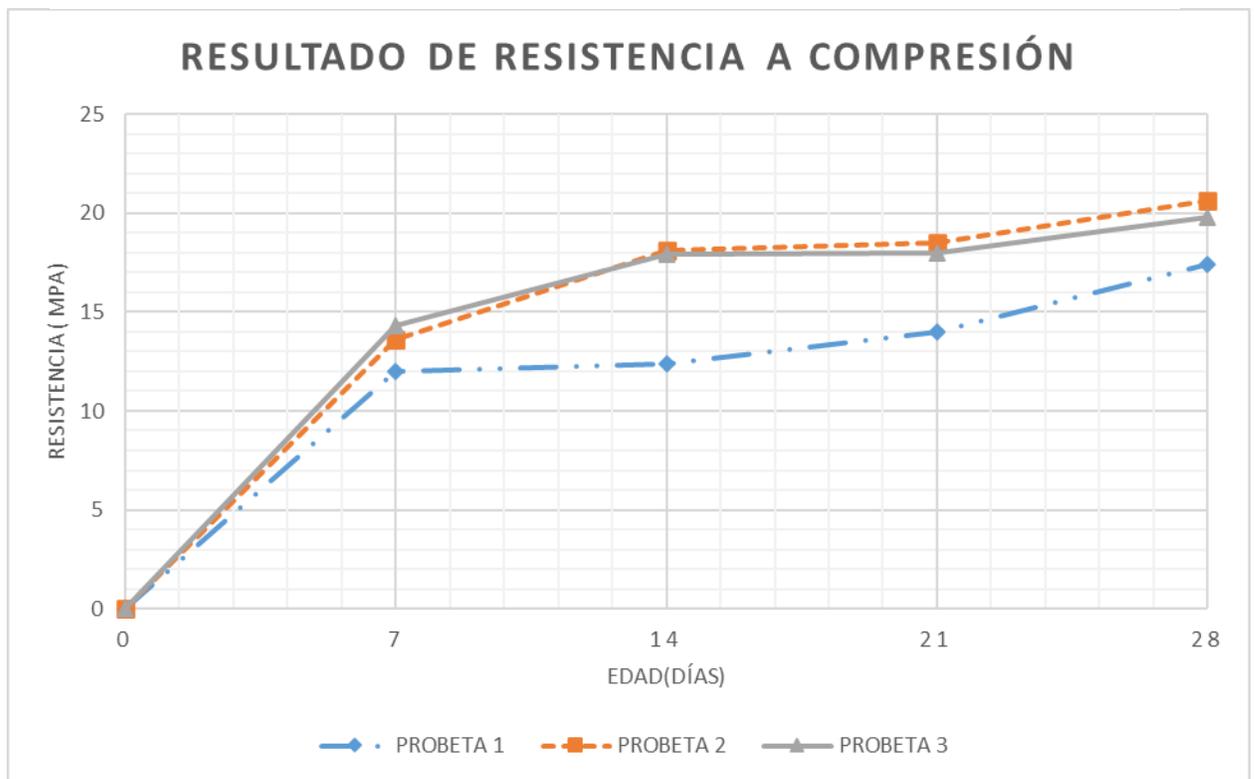
Finalmente, en el cuadro 8, observamos que la PROBETA 2 fue la que más se acercó a nuestra resistencia deseada de $f'c=21\text{MPa}$ establecido para los 28 días de curado, pero también no se encuentra mucha diferencia en la PROBETA 3 debido a que presenta un valor muy cercano al requerido, siendo de esta manera que solamente una de las probetas fue la que no pudo alcanzar la resistencia deseada, teniendo un valor un poco inferior de 17.41MPa , demostrando así que este tipo de curado con parafina puede considerarse como una buena opción para evitar la pérdida de humedad del hormigón.

Cuadro 9. Resultados de resistencias finales con uso de parafina

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CURADO CON PARAFINA			
EIDADES(DÍAS)	PARAFINA		
	f'c en Mpa		
	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3
7	12	13.6	14.3
14	12.4	18.1	17.9
21	14	18.5	18
28	17.4	20.6	19.8

FUENTE: AUTOR

Figura 3. Resultados de resistencias finales con uso de parafina



FUENTE: AUTOR

Finalmente, en la figura 3, se observa como dos de las curvas que son la PROBETA 2 y PROBETA 3 son casi simétricas en su composición debido a que sus valores son muy cercanos promoviendo de esta manera que el proceso de curado con parafina demostró ser un proceso experimental exitoso.

3.2. Resistencia a compresión de hormigón curado con agua

Los resultados obtenidos en el ensayo resistencia de compresión simple empleando el diseño de un $f'c=21\text{MPa}$ en la edad de 7,14,21 y 28 días para poder observar la eficacia de este método de curado de inmersión en agua, se muestra en los siguientes cuadros.

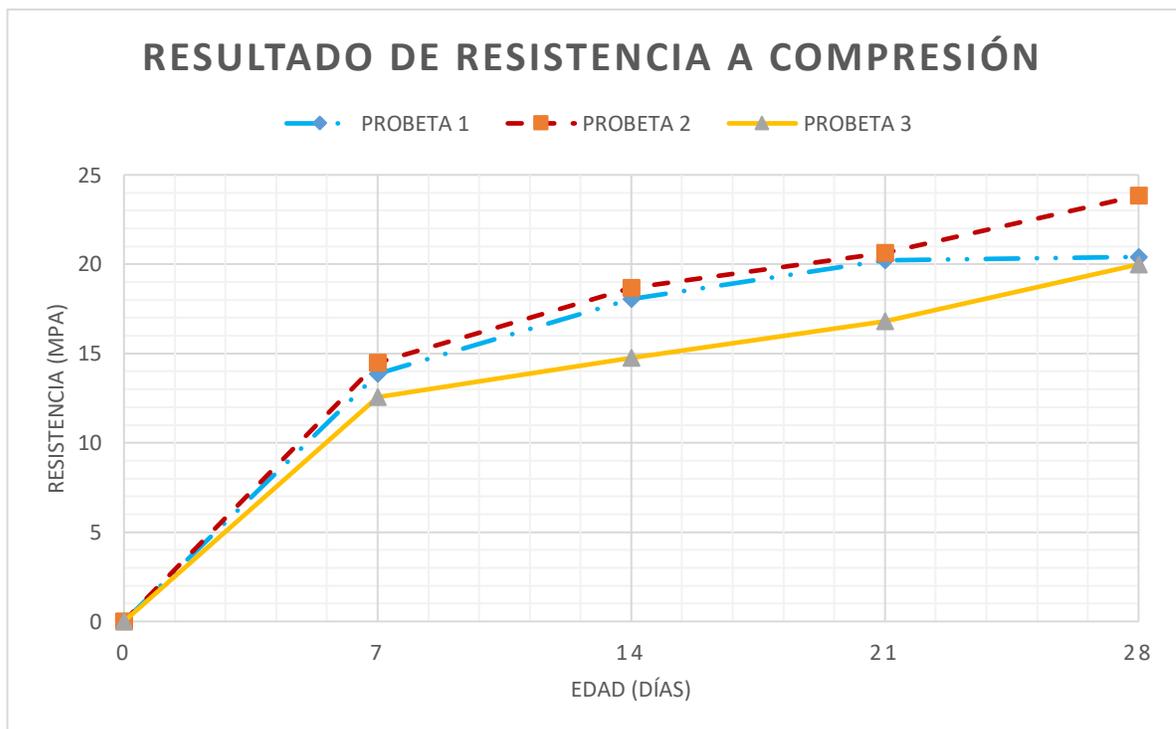
Cuadro 10. Resistencia por curado en inmersión en agua

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO			
EIDADES(DÍAS)	f'c en Mpa		
	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3
7	13.8	14.5	12.5
14	18.1	18.7	14.8
21	20.2	20.6	16.8
28	20.4	23.8	20

FUENTE: AUTOR

El cuadro 10, muestra que solo la PROBETA 1 fue la única que alcanzo el valor más cercano a 21MPa, también muestra una PROBETA 2 que se ha disparado del resultado establecido y, además que la PROBETA 3 presenta una proximidad a la resistencia deseada.

Figura 4. Resultado de curado por inmersión en agua



FUENTE: AUTOR

Finalmente, en la figura 4, se observa como dos de las curvas que son la PROBETA 1 y PROBETA 3 tienen valores cercanos con una pequeña diferencia que una de ellas logra alcanzar 20.4 MPa y la otra 20 MPa, mostrando así que solo la PROBETA 2 fue la única que presenta una irregularidad en su valor, debido a que se dispara de los 21 MPa que fue lo establecido en la edad de 28 días.

3.3. Comparación de resultados empleando curado con agua y parafina

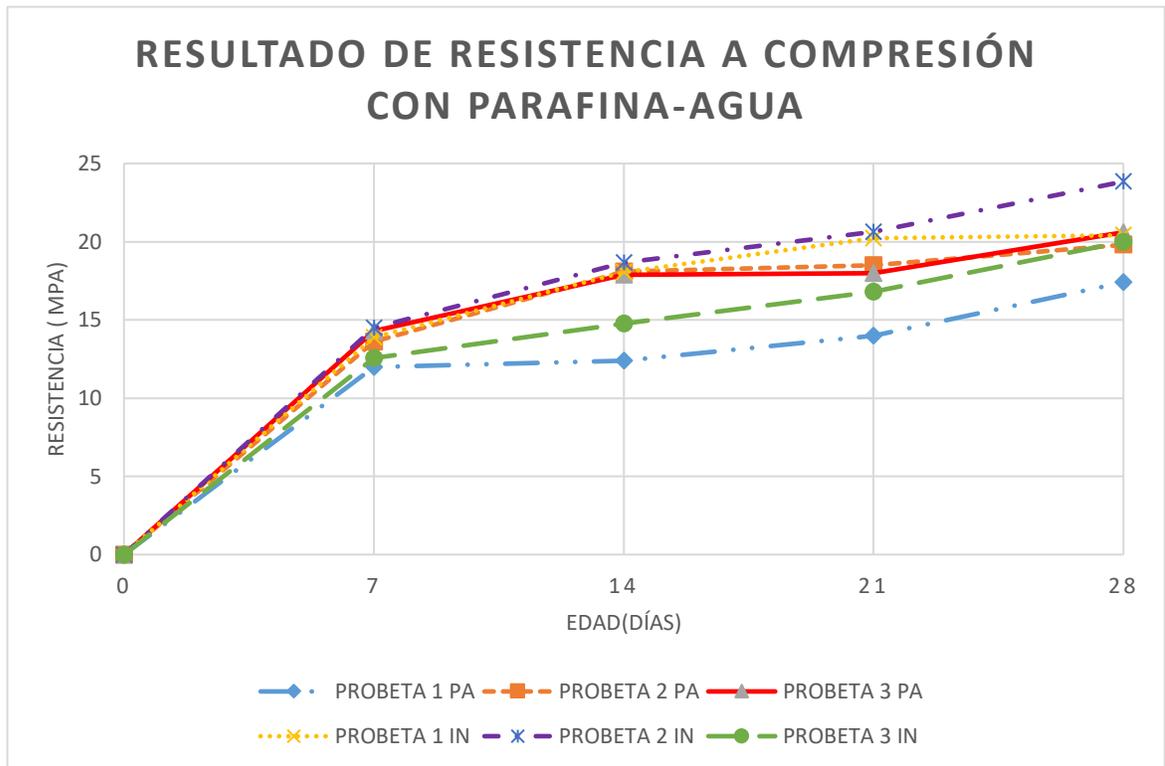
Cuadro 11. Comparación de resistencias obtenidas con parafina y agua.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO CURADO CON PARAFINA-AGUA						
EIDADES(DÍAS)	PARAFINA			AGUA		
	f'c en Mpa			f'c en Mpa		
	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3	PROBETA 1	PROBETA 2	PROBETA 3
7	12	13.6	14.3	13.8	14.5	12.5
14	12.4	18.1	17.9	18.1	18.7	14.8
21	14	18.5	18	20.2	20.6	16.8
28	17.4	20.6	19.8	20.4	23.8	20

FUENTE: AUTOR

El cuadro 11 nos permite tener constancia de los resultados obtenidos efectuando el curado con parafina y agua, siendo ambos métodos que lograron cumplir con el diseño establecido de 21MPa, dando una cercanía a este valor con la PROBETA 2 y 3 empleando parafina, y la PROBETA 1 y 3 con el uso de agua, ambos en la edad de 28 días.

Figura 5. Comparación de resultados de resistencia empleando parafina y agua



FUENTE: AUTOR

La figura 5, muestra las curvas de resistencias de todos los cilindros que se fabricaron luego de ejecutarse todas las pruebas, y el resultado final al usar el curado con parafina y agua, demostró que ambos métodos lograron evitar casi al 100% la pérdida de humedad interna del concreto, consiguiendo así que no se presente exudación del concreto y además no exista fisuración en las probetas permitiendo obtener casi el diseño establecido de 21MPa en resistencia a los 28 días.

4. CONCLUSIONES

- El tratamiento de parafina a la que se sometió las probetas de hormigón probó ser un método efectivo para poder alcanzar las resistencias establecida de 21MPa dada en 28 días según la norma ACI – 308, puesto que evitó la evaporación del agua interna que tenía cada probeta al momento de la mezcla de los materiales áridos con el agua y cemento para así aumentar su capacidad de resistencia conforme van pasando los días.
- También se encontró que la parafina aportó, además del alcance de la resistencia, una capa protectora para evitar la fisuración que suele presentarse en las probetas por contracción plástica y contracción por secado.
- Los resultados obtenidos al momento de comparar el curado con parafina y la inmersión en agua, demuestran que el uso de la parafina líquida logró ser un método experimental que podría emplearse en la ejecución del curado de estructuras de hormigón, siempre y cuando se lleve a cabo cada uno de los pasos establecidos según la norma ASTM C 309-3 para lograr tener un hormigón de buena resistencia en su etapa final al momento de estar ya en obra.
- Se pudo notar por mayoría que el curado empleando parafina evitó la pérdida de humedad necesaria para poder alcanzar un gran porcentaje en la resistencia.
- Curar el concreto debe ser uno de los requisitos esenciales en cada proyecto ejecutado, de esta manera el concreto puede alcanzar la resistencia necesaria con la que uno realiza el diseño de una infraestructura.
- En ambos métodos, se puede observar que en 7 días de curado se ha podido alcanzar en dos de las muestras el 70% de la resistencia deseada , y en otras dos mas el 64% ,demostrando que los métodos de curado han sido una gran herramienta para la obtención de estos resultados.

5. RECOMENDACIONES

- En el desarrollo de los ensayos se necesita tener cuidado con los equipos de laboratorio, además mantener los materiales con los que se va a realizar los ensayos separados y etiquetados para evitar contaminación o manipulación de estos.
- Tener suma atención en revisar la norma ACI y la norma INEN tanto para los ensayos de agregados como para el diseño de hormigones, permitiendo así el desarrollo exitoso de dosificaciones.
- Realizar el debido curado con cada una de las probetas ya sea utilizando el método de inmersión o parafina, cumpliendo tanto con las guías y pautas dadas en la norma ASTM C 309 -3 y ACI - 308 para alcanzar las resistencias deseadas.
- Se recomienda al momento de emplear el curado por inmersión, que el agua este por encima de 11°C según ACI – 308, para evitar así choque térmico al concreto provocando fisuración.
- Se recomienda usar el método de inmersión solo en casos de que se pueda sumergir completamente el elemento de concreto.
- Al momento de utilizar el curado con parafina si se emplea en estructuras grandes de hormigón como columnas o losas se puede aplicar utilizando un rodillo, atomizador o bomba de fumigación, usando así como aspersion para mejor aplicación en áreas más grandes.
- Se recomienda para remover la parafina usada en algún proyecto de hormigón, utilizar un solvente aplicando encima de la superficie, de esta manera se ira desapareciendo la capa de parafina de la estructura.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. L. Santamaría, B. Adame y C. Bermeo, «Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen,» *DIGITAL NOVASINERGIA*, vol. 4, nº 1, pp. 91-101, 2021.
- [2] NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.NTE INEN 151:2010 , «Cemento Hidráulico.Definiciones de términos,» Quito, 2010.
- [3] NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.NTE INEN 152:2010 , «Cemento Portland.Requisitos,» Quito, 2010.
- [4] NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.NTE INEN 1855-1 , «Hormigones.Hormigón premezclado.Requisitos,» Quito, 2015.
- [5] Ó. Palacio León, Á. Chávez Porras y Y. L. Velásquez Castiblanco, «Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados,» *Tecnura*, vol. 21, nº 53, pp. 96-106, 2017.
- [6] American Society for Testing and Materials.ASTM C33/C33M-18, «Especificación estandar para agregados de hormigón,» Pensilvania, 2018.
- [7] R. G. Solís Carcaño y M. A. Alcocer Fraga, «Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción,» *Ingeniería , Investigación y Tecnología*, vol. 20, nº 4, 2019.
- [8] L. Díaz Merino, L. F. Altamirano Tocto y S. . P. Muñoz Pérez, «USO DE MATERIALES LIGEROS PARA LA PRODUCCIÓN DE HORMIGÓN DE BAJA DENSIDAD: UNA REVISIÓN LITERARIA,» *Habitat Sustentable*, vol. 12, nº 1, pp. 90-101, 2022.
- [9] J. . H. Vargas Blaschke y F. Aguirre Torrico, «ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO UTILIZANDO EL MÉTODO DE CORRELACIÓN DE LA MADUREZ DEL CONCRETO APLICADO A LOS MATERIALES DE COCHABAMBA-BOLIVIA,» *Investigacion y Desarrollo*, vol. 18, nº 1, pp. 117-127, 2018.

- [10] D. M. BURGOS GALINDO, Á. GUZMÁN APONTE y N. TORRES CASTELLANOS, «Desempeño mecánico y durable de concretos que incorporan agregado reciclado fino comercial,» *EIA*, vol. 16, nº 32, pp. 167-179, 2019.
- [11] N. Rudeli y A. Santilli, «Medición de resistencia a tempranas edades del hormigón: método que mejor se ajusta para la determinación de tiempos mínimos de desencofrado de elementos verticales de hormigón,» *Obras y proyectos*, nº 22, pp. 6-16, 2017.
- [12] American Society for Testing and Materials. ASTM - C 31/C 31 M - 08a, «Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la obra,» Pensilvania, 2008.
- [13] NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. NTE INEN 1 573:2010 , «Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilindricos de hormigón de cemento hidráulico,» Quito, 2010.
- [14] L. D. ZAMBRANO NAVARRETE, R. J. ALAVA SANTOS, W. E. RUIZ PARRAGA y E. A. MENENDEZ MENENDEZ, «APLICACIÓN DE MÉTODOS DE CURADO Y SUS INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL HORMIGÓN,» *REVISTA GACETA TÉCNICA*, vol. 23, nº 1, pp. 35-47, 2021.
- [15] D. Cruz Moreno, G. Fajardo, I. Flores Vivián, A. Cruz López y P. Valdez, «Tratamiento superficial con nanopartículas base silicio inducido durante el curado: Efecto en la durabilidad de materiales base cemento portland,» *ALCONPAT*, vol. 7, nº 3, pp. 274-285, 2017.
- [16] S. D. RODRÍGUEZ TOREES y N. TORRES CASTELLANO, «Evaluación de los efectos de curado interno sobre el hormigón.,» *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, vol. 39, nº 2, pp. 37-45, 2019.
- [17] A. Duran Herrera, J. Canul Polanco, L. Lopez Yopez, P. Valdez Tamez y R. Dávila-Pompermayer, «Efecto sinérgico de un polímero superabsorbente y un inhibidor de corrosión de nitrito de calcio en la durabilidad del hormigón de alto rendimiento,» *ALCONPAT*, vol. 10, nº 2, pp. 206-218, 2022.

[18] American Concrete Insitute, «Guia para el curado externo del concreto,» 2016.

[19] American Society for Testing and Materials.ASTM C-309-3, Espificación estándar para los compuestos formados de membrana liquida hormigon, 2003.

[20] American Society for Testing and Materials.ASTM C 109-109M-05,, «Método normalizado de ensayo de resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico,» Pensilvania, 2005.

7. ANEXOS

Resultados de los ensayos realizados en laboratorio para el agregado fino-grueso

7.1. Peso volumétrico suelto para agregado fino y grueso.

Equipo

- Balanza (precisión 0.05kg)
- Recipiente para peso volumétrico “Molde” (arena y grava)
- Varilla de compactación (16mm diámetro – 600 mm longitud)
- Cucharón
- Muestra de arena y grava

Procedimiento peso volumétrico suelto (arena-grava)

- Obtenemos el volumen de los moldes (grava- arena)
- Colocamos el agregado dentro del molde hasta quedar lleno y luego se procede a enrasar con la varilla.
- Pesamos el molde con el material
- Este proceso se realizará 3 veces así obteniendo una media.

El proceso realizado para obtener el peso volumétrico sin el agregado, lo repetimos con la grava haciendo el mismo procedimiento.

Cuadro 12. Peso volumétrico suelto- arena

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
PESO VOLUMETRICO SUELTO - ARENA		
Cantera= Tuco Leon - Pasaje		
DATOS DE MOLDE	DIAMETRO (CM)	15.1
	ALTURA (CM)	15.4
	PESO(KG)	2.488
DATOS DE ENSAYO		CANtera TUco LEON
w molde(kg)	2.488	
w molde+ grava(kg)	6.06	
w grava(kg)	3.572	
Volumen molde (m3)	0.002758	
PVS(kg/m3)	1295.14	
PVS(kg/cm3)	1.295	

Cuadro 13. Peso Volumétrico Suelto Grava

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
PESO VOLUMETRICO SUELTO - GRAVA		
Cantera= Tuco Leon - Pasaje		
DATOS DE MOLDE	DIAMETRO (CM)	25
	ALTURA (CM)	27.5
	PESO(KG)	9
DATOS DE ENSAYO		CANERA TUCO LEON
w molde(kg)	9	
w molde+ grava(kg)	27.8	
w grava(kg)	18.8	
Volumen molde (m3)	0.01349	
PVS(kg/m3)	1393.62	
PVS(kg/cm3)	1.394	

7.2. Peso volumétrico suelto varillado para agregado grueso.

Equipo

- Balanza (precisión 0.05kg)
- Recipiente para peso volumétrico “Molde” (arena y grava)
- Varilla de compactación (16mm diámetro – 600 mm longitud)
- Cucharón
- Muestra de grava

Procedimiento de peso volumétrico varillado(grava)

- Obtenemos el peso del molde para grava
- Se procede a llenar el molde de grava a un tercio a continuación se compacta con la varilla realizando 25 golpes.
- Luego llenamos el molde a dos tercios y volvemos a compactar con la varilla realizando 25 golpes.
- Finalmente se llena el molde y se vuelve a compactar con la varilla dando 25 golpes y procedemos a enrasar con la varilla.

- Después pesamos el molde con el material, este proceso lo realizamos 3 veces para obtener una media.

Cuadro 14. Peso Volumétrico Suelto Grava

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES		
PESO VOLUMETRICO VARILLADO - GRAVA		
Cantera= Tuco Leon - Pasaje		
DATOS DE MOLDE	DIAMETRO (CM)	25
	ALTURA (CM)	27.5
	PESO(KG)	9
DATOS DE ENSAYO		CANERA TUCO LEON
w molde(kg)	9	
w molde+ grava(kg)	29.4	
w grava(kg)	20.4	
Volumen molde (m3)	0.01349	
PVV(kg/m3)	1512.23	
PVV(kg/cm3)	1.512	

7.3. Densidad y Porcentaje de Absorción para agregado grueso.

Equipo

- Balanza hidrostática (capacidad de 5kg o más, sensibilidad de 0.5 g o menos)
- Cesta cilíndrica de alambre (de malla con abertura N° 6 de aproximadamente 4 a 7 litros de capacidad)
- Tanque de agua
- Recipiente metálico
- Horno (temperatura uniforme $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$)

Procedimiento

- Se deja sumergiendo el material durante 24h.
- Se retira la grava y se procede a secar superficialmente con una franela.
- Luego se pesa el material superficialmente seco

- A continuación, se llena el tanque de agua y se sumerge la canastilla vacía hasta su totalidad para luego ser pesada.
- Después se sumerge la canastilla con el material y se pesa, viendo así la diferencia obteniendo el peso del material sumergido.
- Finalmente se procede a llevar el material al horno para ser secado y determinar su porcentaje de absorción.

Cuadro 15. Densidad y porcentaje de absorción para agregados gruesos

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES 			
DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADO GRUESOS MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 1/2" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"			
DATOS DE ENSAYO		CANTERA TUCO LEÓN	
Rec + agregado sss	(g)		2012.20
Rec + agregado seco	(g)		1968.00
Peso de la canast.+agreg. sumergido	(g)		1107.60
Peso del agregado sss	(g)	A	2012.20
Peso del agregado sumergido	(g)	B	1107.60
Volumen del agregado	(cm ³)	C	904.60
Peso del agregado seco	(g)	D	1968.00
Densidad del agregado SSS	(g/cm ³)	$D_{sss} = A / C$	2.224
Densidad del agregado MASA	(g/cm ³)	$D_{masa} = D / C$	2.176
Densidad del agregado APARENTE	(g/cm ³)	$D_{ap} = D / (D - B)$	2.287
Porcentaje de Absorción	%	$Abs \% = ((A - D) / D) * 100$	2.246
FUENTE: AUTOR			

7.4. Densidad y porcentaje de Absorción para agregado fino.

Equipo

- Balanza (capacidad 1 Kg o más, sensibilidad 0.1 gr)
- Matraz (capacidad 500 cm³)
- Molde cónico "cimacio" (30 ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 ± 3 mm de altura)
- Barra compactadora (340 g de masa, con un extremo de superficie plana circular de 25 mm de diámetro)

- Horno (temperatura uniforme $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ C}$)

Procedimiento

- Se sumerge la arena por 24h.
- Se procede a retirar la arena del agua y se seca utilizando una secadora hasta poder observar que nuestra arena ya este menos húmeda.
- A continuación, comprobamos que la arena este superficialmente saturada, con el cimacio damos 9 golpes en cada tercio hasta llenarlo totalmente, luego retiramos el cimacio y la arena debe desmoronarse suavemente lo que indica que se logró la condición de superficialmente saturada.
- Pesamos 500gr de arena superficialmente saturada.
- Se procede a llenar el matraz con agua y se pesa, luego se introduce los 500 gr de arena en el matraz y llenamos con agua para así pesar el matraz con agua más la muestra.
- Finalmente se retira la muestra del matraz y se lleva al horno para secado y así obtener el porcentaje de absorción del material.

Cuadro 16. Densidad y porcentaje para agregado fino

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES 			
DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADO FINOS			
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 4 Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200			
DATOS DE ENSAYO		CANTERA TUCO LEÓN	
Peso del Matraz	(g)	A	179.83
Peso del recipiente	(g)	B	790.75
Peso del Rec + muestra seca al horno	(g)	C	1274.30
Peso de la muestra seca al horno	(g)	D	483.55
Peso del Matraz + Agua	(g)	E	697.10
Peso del Matraz + Agua+agregado sss	(g)	F	998.80
Peso de la muestra SSS	(g)	G	500.10
Volumen de la Muestra	(cm ³)	H	195.20
Densidad del agregado SSS	(g/cm ³)	G/H	2.562
Densidad del agregado MASA	(g/cm ³)	D/H	2.477
Densidad del agregado APARENTE	(g/cm ³)	D/(H-(G-D))	2.707
Porcentaje de Absorción	%	(G-D)/D*100	3.423
FUENTE: AUTOR			

7.5. Análisis granulométrico para agregado grueso y fino.

Equipo

- Tamizadoras eléctricas
- Tamices cuadrados y redondos
- Balanzas electrónicas (sensibilidad de 0.1 g para arena y 0.5 g para grava)
- Recipientes
- Brocha
- Horno (temperatura uniforme $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$)

Procedimiento

- Se obtiene la muestra por cuarteo y se seca la muestra en el horno.
- Para escoger la cantidad necesaria para el ensayo nos regimos a la norma INEN-696 que nos indica: para agregado fino mínimo 300 gr. y para agregado grueso 5.0 kg.
- Colocamos los tamices en forma descendente, en base a las normas técnicas empezando desde 3/8" N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 para el agregado fino; y para agregado grueso: 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4, 1/2", 3/8", N°4, N°8.
- Se coloca la muestra en el tamiz superior y se enciende la máquina de tamizar durante 2 min para el agregado grueso y 2 min para el fino.
- Se pesa la masa que quedó en cada tamiz.

Cuadro 17. Análisis granulométrico de la grava



Cuadro 18. Análisis granulométrico de la arena



7.6. Desgaste de agregado grueso.

Equipo

- Bandejas metálicas pequeñas y grandes
- Balanzas con sensibilidad de 0.1% de la carga de ensayo.
- Carga (esferas de acero con peso aproximado entre 390 y 445 g)
- Tamiz #12
- Máquina de los Ángeles
- Muestra de ensayo.

Procedimiento

- Se realiza la gradación del material.
- Luego se pesa la cantidad de material necesaria para la muestra.
- Se coloca el material junto con las esferas en este caso se usó 12 esferas para el ensayo; se hace girar este con una velocidad entre 30 y 33 rpm, girando hasta completar 500 vueltas.
- Se retira las esferas y luego se hace pasar el material por el tamiz #12.
- Finalmente se calcula el porcentaje de desgaste.

Tabla 3. Especificación para la carga – Ensayo de abrasión

Gradación	Numero de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: NTE INEN 860

Cuadro 19. Desgaste de agregado grueso

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES	
ENSAYO DE DESGASTE	
GRANULOMETRIA	
PASA	RETIENE
3/4"	1/2"
1/2"	3/8"
TOTAL	

METODO	
B	
2506.9	+
-	-
2501.8	+
-	-
5008.7	+
-	-
10	10

DATOS DE ENSAYO	Cantera - Tuco León
Peso de la muestra	5008.7
Pasante del tamiz N°12 a 500	767.5
Revoluciones (g)	
% Desgaste (D500)	15.32333739

Fuente: Autor

7.7. Memoria técnica del diseño de mezclas de concreto con agregados de la cantera de “Tuco León” para una resistencia de 21MPa

Cuadro 20. Propiedades de los agregados

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS			
Agregado grueso		Agregado fino	
P.V.V (kg/cm ³)	1,512	P.V.S (kg/cm ³)	1,295
P.V.S (kg/cm ³)	1,393	D.S.S (kg/cm ³)	2,562
D.S.S (kg/cm ³)	2,224	Módulo de finura	3,03
Absorción %	2,246	Absorción %	3,423
FUENTE: AUTOR			

Cuadro 21. Resultado de análisis granulométrico

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA GRAVA 3/4"								
Cantera:		Tuco León						
Peso de la muestra (gr)		5000						
TAMIZ Nº	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES ASTM C33			
			Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	2"	1 1/2"	1"	3/4"
2 1/2"	0,00	0	0,00	100,00	100			
2"	0,00	0	0,00	100,00	95 - 100	100		
1 1/2"	0,00	0	0,00	100,00		95 - 100	100	
1"	172,49	172,49	3,47	96,53	35 - 70		95 - 100	
3/4"	2475,50	2647,99	53,25	46,75		35 - 70		90 - 100
1/2"	1980,73	4628,72	93,09	6,91	10 - 30		25 - 60	
3/8"	282,92	4911,64	98,78	1,22		10 - 30		20 - 55
4	39,41	4951,05	99,57	0,43	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10
FONDO	21,33	4972,38	100,00	0,00			0 - 5	0 - 5
TOTAL	4972,38							
Peso antes del tamizado		5000,00						
Peso después tamizado		4972,380						
Error (PAT-PDT) /PAT*100		0,55						
FUENTE: AUTOR								

Cuadro 22.Resultado de relación agua cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días, MPa	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
35	0.48	0.40
30	0.55	0.46
25	0.62	0.53
21	0.68	0.59
20	0.70	0.61
15	0.80	0.72
FUENTE: ACI 211.1		

Cuadro 23.Revenimientos.Tamaño máximo de nominales

Revenimiento, cm	Agua, kg/m ³ para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo (mm) indicado							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10.0	202	193	184	175	165	157	133	119
15.0 a 17.5	216	205	197	174	174	166	154	-
Promedio recomendado de contenido de aire tota, por ciento, según el nivel de exposición								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0
FUENTE: ACI 211.1								

Tabla 4. Parámetros del diseño de mezclas de concreto.

Diseño de mezcla del concreto	
Relación A/C	0,68
Revenimiento	8
T.M. N	1"
Cantidad de agua (kg/m ³)	193
FUENTE: AUTOR	

- **Volumen Aparente del agregado grueso por unidad de volumen de hormigón**

$$\text{Peso del cemento} = \frac{\text{P. AGUA}}{\text{R A/C}}$$

$$\text{Peso del cemento} = \frac{193}{0,68} = 283,82 \text{ kg}$$

P. Cemento = 283,82 kg

- P. cada saco en kg= 50 kg

$$\# \text{ sacos} = \frac{283,82 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 5,68$$

de Sacos= 5,68

- Densidad del Cemento= 2,9 g/cm³
- Coeficiente V.A.G.C=0,65
- **Volumen para 1 m³ de hormigón**

$$\text{cemento} = \frac{\text{P. cemento}}{\text{Densidad de cemento}} = \frac{283,82 \text{ kg}}{2,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} * \frac{1}{1000} = 0,098 \text{ m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{\text{agua en litros}}{1000} = \frac{193 \text{ L}}{1000} = 0,193 \text{ m}^3$$

$$\text{piedra} = \frac{\text{P. V. V} * \text{V. A. G. C}}{\text{D. S. S}} = \frac{1,511 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 0,65}{2,224 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}} = 0,441 \text{ m}^3$$

$$\text{arena} = 1 - \text{cemento} - \text{agua} - \text{piedra} = 1 - 0,098 - 0,193 - 0,441 = 0,268 \text{ m}^3$$

$$\text{arena corregida} = (\text{piedra} + \text{arena}) * 0,40 = (0,441 + 0,268) * 0,40 = 0,284 \text{ m}^3$$

$$\text{piedra corregida} = (\text{piedra} + \text{arena}) - \text{arena corregida} = (0,441 + 0,268) - 0,284$$

$$\text{piedra corregida} = 0,425 \text{ m}^3$$

Cuadro 24. Volumen de los materiales para 1 m³ de hormigón

Volumen de material para 1 m ³ de concreto	
Cemento	0,098 m ³
Agua	0,193 m ³
Arena corregida	0,284 m ³
Piedra corregida	0,425 m ³
Aire	0,020 m ³
FUENTE: AUTOR	

- **Peso en kilogramos en 1 m³ de hormigón**

$$\text{cemento} = 283,82 \text{ kg}$$

$$\text{agua} = 193 \text{ kg}$$

$$\text{arena} = \text{A. corregida} * \text{D. S. S} * 1000 = 0,268 \text{ m}^3 * 2,562 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 1000 = 686,62 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{grava} = \text{P. corregida} * \text{D. S. S} * 1000 = 0,425 \text{ m}^3 * 2,224 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 1000 = 945,20 \text{ kg/m}^3$$

Cuadro 25. Pesos de los materiales para 1 m³ de hormigón

Materiales para 1 m ³ de concreto	
Cemento	283,82 kg/m ³
Agua	193,00 kg/m ³
Grava	686,62 kg/m ³
Arena	945,20 kg/m ³
Total	2108,64 kg/ m ³
FUENTE: AUTOR	

- **Volumen de material que se requiere para 24 cilindros**

Cuadro 26. Dimensiones de probeta

<i>Dimensiones del cilindro</i>	
Diámetro=15 cm	Volumen cilindro= 0,0053 m ³
Altura =30 cm	Volumen 24 cilindros= 0,1272 m ³
FUENTE: AUTOR	

- Agua = 0,1272 m³ × 193 kg/m³ = 24,55 kg
- Cemento = 0,1272 m³ × 283,82 kg/m³ = 36,10 kg
- Grava = 0,1272 m³ × 686,62 kg/m³ = 87,34 kg
- Arena = 0,1272 m³ × 945,20 kg/m³ = 120,23 kg

Cuadro 27. Cantidad en kilogramos de los materiales para 24 cilindros.

Cantidad para 24 cilindros	
Peso agua	24,55 kg
Peso cemento	36,10 kg
Peso grava	87,34 kg
Peso arena	120,23 kg
FUENTE: AUTOR	

- **Volumen de material que se requiere para 24 cilindros más el 15% de desperdicio**

Cuadro 28. Cantidad de los materiales agregando el 15% de desperdicio

Materiales con 15% de desperdicio	
Peso agua	28,23 kg
Peso cemento	41,52 kg
Peso grava	100,44 kg
Peso arena	138,26 kg
FUENTE: AUTOR	

7.8. **Factor de conversión para resultados de ensayos en máquina de compresión**

- **Conversión de kN a kgf/cm²**

Resistencia dada por la Máquina en kN = 1kN = 101.97 kgf

$$\text{Área del Cilindro ensayado} = \frac{\pi * D^2}{4} ; D = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Área del Cilindro ensayado} = \frac{\pi * 15^2}{4} = 176.72 \text{ cm}^2$$

- **Factor de Conversión**

$$\frac{101.97 \text{ kgf}}{176.72 \text{ cm}^2} = 0.5770 \text{ kgf/cm}^2$$

7.9. Ensayos de Laboratorio

Anexo 1. Preparación de hormigón



Colocación de agregados, cemento, y agua en concretera para fundición y vertido de mezcla en probetas cilíndricas

Anexo 2. Uso de parafina para curado de hormigones



Colocación de probetas de hormigón dentro de recipiente con parafina líquida para curado



Colocación de probetas en un lugar fresco y protección con material de plástico

Anexo3. Curado por inmersión en agua



Inmersión de las probetas de hormigón en una piscina con agua a temperatura mayor de 11°C

Anexo 4. Ensayo de compresión





Colocación para ensayo de rotura a compresión de probetas de hormigón, para así obtener el valor de las resistencias alcanzadas.