



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AFECTACION EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS
CILINDRICAS EMPLEANDO CURADO DE SELLADO CON
POLIETILENO Y CURADO POR INMERSIÓN

CORDOVA MARTINEZ VANESSA KATHERINE
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AFECTACION EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE
PROBETAS CILINDRICAS EMPLEANDO CURADO DE SELLADO
CON POLIETILENO Y CURADO POR INMERSIÓN

CORDOVA MARTINEZ VANESSA KATHERINE
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

AFECTACION EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS
CILINDRICAS EMPLEANDO CURADO DE SELLADO CON POLIETILENO Y
CURADO POR INMERSIÓN

CORDOVA MARTINEZ VANESSA KATHERINE
INGENIERA CIVIL

ZARATE ENCALADA JOSE MARCELO

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA
27 de febrero de 2023

COMPLEX1

por Vanessa Cordova

Fecha de entrega: 23-feb-2023 10:01a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2021257824

Nombre del archivo: CORDOVA_INFORME_REVISAR_PLAGIO.pdf (337.15K)

Total de palabras: 5361

Total de caracteres: 26543

COMPLEX1

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	1%
3	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Santo Tomas Trabajo del estudiante	<1%
6	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante	<1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%

9	repository.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
10	Juan Cosa Martínez. "Utilización de mezclas de residuos para la obtención de cementos de activación alcalina: aplicación en morteros y suelos estabilizados", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %
11	Submitted to Univerza v Ljubljani Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.ufla.br Fuente de Internet	<1 %
13	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
14	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
16	ddd.uab.cat Fuente de Internet	<1 %
17	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
18	repository.eafit.edu.co Fuente de Internet	<1 %

19	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
22	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
23	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
24	documentop.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

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

La que suscribe, CORDOVA MARTINEZ VANESSA KATHERINE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado AFECTACION EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS EMPLEANDO CURADO DE SELLADO CON POLIETILENO Y CURADO POR INMERSIÓN, 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.

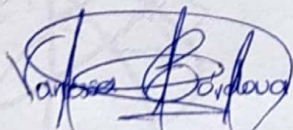
La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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.

La autora 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, 27 de febrero de 2023



CORDOVA MARTINEZ VANESSA KATHERINE
0705597029

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres, quienes siempre me brindaron su apoyo incondicional, me han ensañado a ser una persona con principios y valores, me supieron guiar y aconsejar para cumplir mi sueño de culminar mis estudios universitarios.

También quiero dedicar el resultado de este trabajo a una persona muy importante en mi vida, por brindarme siempre su apoyo y palabras de motivación, por su paciencia, comprensión y por sus consejos los cuales me han ayudado a no rendirme ante las dificultades que se me presentaron.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a mi familia por todo su apoyo en el transcurso de mi carrera universitaria, gracias a ellos ahora estoy en este punto de mi vida, mi eterna gratitud hacia a ellos.

A mi hermana por siempre ser ese aliento de motivación en mis momentos más difíciles de mi vida.

A mi mejor amiga Gisella que con su cariño desinteresado siempre me ha escuchado y apoyado cuando lo he necesitado.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil quienes me han brindado sus conocimientos para ser una gran profesional.

RESUMEN

El presente trabajo experimental se llevó a cabo en el laboratorio de comportamiento de materiales de la facultad de Ingeniería Civil. Se realizaron 24 probetas cilíndricas de concreto regidas a un diseño en el cual se plasma una resistencia a la compresión de $f'_c = 21$ MPa. Los materiales que componen la mezcla de concreto se obtuvieron de la cantera "Tuco León" ubicada en el cantón Pasaje, a estos agregados se los sometió a una serie de ensayos para conocer sus propiedades y revisar si cumplen con las especificaciones técnicas.

Se empleó la metodología del ACI 211.1 para el diseño de mezclas de concreto, obteniéndose los volúmenes necesarios de materiales para la mezcla en base a una relación agua-cemento (A/C) la cual depende de la resistencia de diseño.

Luego se procedió a elaborar la mezcla de concreto con la dosificación calculada para los 24 cilindros, y se dejó fraguar durante un periodo de 24 horas. Al siguiente día se desencofraron los cilindros y se sometió 12 cilindros a curado por inmersión y los otros 12 cilindros al curado con polietileno, para proceder con la rotura de los 6 primeros cilindros a los 7 días e ir analizando y comparando los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión en ambos métodos de curado.

Los ensayos de rotura se llevaron a cabo a los 7, 14, 21 y 28 días luego del desencofrado. Finalmente se analizaron y compararon los resultados obtenidos en laboratorio de ambos métodos de curado.

Palabras clave: Curado, resistencia a la compresión, concreto

ABSTRACT

The present experimental work was carried out in the materials behavior laboratory of the Faculty of Civil Engineering. 24 cylindrical concrete specimens were made governed by a design in which a compressive strength of $f'_c = 21$ MPa is reflected. The materials that make up the concrete mix were obtained from the "Tuco León" quarry located in the Pasaje canton, these aggregates were subjected to a series of tests to determine their properties and check if they meet the technical specifications.

The ACI 211.1 methodology was used for the design of concrete mixtures, obtaining the necessary volumes of materials for the mixture based on a water-cement ratio (W/C) which depends on the design resistance.

Then we proceeded to prepare the concrete mix with the dosage calculated for the 24 cylinders, and it was left to set for a period of 24 hours. The following day the cylinders were stripped and 12 cylinders were subjected to curing by immersion and the other 12 cylinders to curing with polyethylene, to proceed with the breaking of the first 6 cylinders after 7 days and to analyze and compare the results obtained from the compressive strength in both curing methods.

Breakage tests were carried out at 7, 14, 21 and 28 days after stripping. The results obtained in the laboratory of both curing methods were finely analyzed and compared.

Keywords: Cured, polyethylene, immersion, compressive strength, concrete.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Índice	5
I. Introducción	10
II. MATERIALES Y METODOS	11
2.1. Muestreo.....	11
2.2. Proceso metodológico.....	12
2.2.1. Densidad relativa de los agregados	13
2.2.2. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (Ver Anexos, Tabla 7) 14	
2.2.3. Peso volumétrico suelto y varillado del agregado fino y grueso.....	15
2.2.4. Desgaste del agregado grueso (Ver Anexos, Tabla 11)	16
2.3. Ensayo de resistencia a la compresión	17
2.4. Descripción del método del ACI para el diseño de mezclas de hormigón	17
2.4.1. Elección del Revenimiento	17
2.4.2. Elección del Tamaño Máximo Nominal.....	18
2.4.3. Estimación de la cantidad de agua.....	18
2.4.4. Relación agua – cemento (A/C)	18
2.4.5. Cálculo de contenido de cemento	20
2.4.6. Verificación de la Granulometría	20
2.4.7. Estimación del contenido de agregado grueso	21
2.5. Especificaciones para la elaboración de las probetas cilíndricas de hormigón en laboratorio.....	22
2.6. Curado del hormigón de especímenes en laboratorio	22
2.6.1. Curado con polietileno.....	23
2.6.2. Curado por inmersión.....	24

III.	RESULTADOS	25
IV.	CONCLUSIONES	30
V.	RECOMENDACIONES	31
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	32
VII.	ANEXOS	35
7.1.	Cuadros de resultados de ensayos de laboratorio.....	35
7.2.	Memoria técnica del diseño de mezclas de concreto con agregados de la cantera de “Tuco León”	38
7.3.	Memoria fotográfica	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ensayos realizados en laboratorio para agregados gruesos. Fuente: Elaboración propia	12
Tabla 2 Ensayos realizados en laboratorio para agregados finos. Fuente: Elaboración propia.....	13
Tabla 3 Especificaciones para la carga. Fuente: NTE INEN 860	16
Tabla 4 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción. Fuente: ACI 211.1.....	18
Tabla 5 Cantidad de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado. Fuente: ACI 211.1	19
Tabla 6 Relación A/C en base a su resistencia. Fuente: ACI 211.1	19
Tabla 7 Recomendaciones granulométricas para el agregado fino. Fuente: ASTM C33	20
Tabla 8 Requerimientos del tamizado en agregados gruesos. Fuente: ASTM C33	21
Tabla 9 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto. Fuente: ACI 211.1	21
Tabla 10 Rotura de los cilindros de hormigón a una edad de 7 días. Fuente: Elaboración propia.....	25
Tabla 11 Rotura de los cilindros de hormigón a una edad de 7 días. Fuente: Elaboración propia.....	25
Tabla 12 Rotura de los cilindros de hormigón a una edad de 7 días. Fuente: Elaboración propia.....	26
Tabla 13 Rotura de los cilindros de hormigón a una edad de 7 días. Fuente: Elaboración propia.....	26
Tabla 14 Resistencias promedio para cada ensayo de compresión descartando los valores de las resistencias disparadas. Fuente: Elaboración propia	27
Tabla 15 Resistencias a la compresión finales a los 7, 14, 21 y 28 días. Fuente: Elaboración propia	27
Tabla 16 Densidad específica y porcentaje de absorción del agregado fino.....	35
Tabla 17 Densidad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso	35
Tabla 18 Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Tuco León	36
Tabla 19 Granulometría de los agregados gruesos.....	37
Tabla 20 Peso volumétrico suelto del agregado grueso	37
Tabla 21 Peso volumétrico varillado del agregado grueso	37
Tabla 22 Peso volumétrico suelto del agregado fino	38
Tabla 23 Degradación del árido grueso, Método Máquina de los Ángeles	38
Tabla 24 Propiedades de los agregados. Fuente: Elaboración propia.....	38

Tabla 25 Parámetros del diseño de mezclas de concreto. Fuente: Elaboración propia	40
Tabla 26 Volumen de los materiales para 1 m ³ de hormigón. Fuente: Elaboración propia	41
Tabla 27 Pesos de los materiales para 1 m ³ de hormigón. Fuente: Elaboración propia	42
Tabla 28 Cantidad en kilogramos de los materiales para 24 cilindros. Fuente: Elaboración propia	42
Tabla 29 Cantidad de los materiales agregando el 15% de desperdicio. Fuente: Elaboración propia	43

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Resistencia a los 7 días. Fuente: ACI 211.1.....	20
Ilustración 2 Curvas de resistencia para el método de curado de inmersión y polietileno. Fuente: Elaboración propia.....	28
Ilustración 3 Comparación de la resistencia a la compresión entre los métodos de curado de inmersión, polietileno, y el curado realizado en Holcim para $f'c$ de 21 MPa. Fuente: Elaboración propia	28

1. INTRODUCCIÓN

El concreto es un material que es usado en el área de la construcción alrededor de todo el mundo, debido a sus grandes bondades, como la versatilidad que posee, su trabajabilidad y durabilidad, además de que posee un excelente desempeño a la resistencia a compresión [1]. El concreto es una mezcla de distintos materiales como la arena, grava, cemento, agua, y en algunas ocasiones aditivos (no se han considerado en este estudio); esta mezcla puede tomar la forma de cualquier molde o encofrado, es por ello, que para este trabajo experimental se han realizado muestras en probetas cilíndricas en donde se ha depositado la mezcla de concreto.

Para obtener una buena mezcla se ha planteado una dosificación mediante la metodología del Instituto Americano de Concreto (ACI, por sus siglas en inglés, comité 211.1, [2]) en base a la resistencia de diseño a la compresión planteada $f'_c = 21\text{MPa}$, y así establecer la relación agua/cemento (A/C) más óptima.

Esta metodología implica conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados gruesos y finos que componen la mezcla, así que se procedió a realizar una serie de ensayos para identificar los pesos volumétricos sueltos y varillado, el desgaste del agregado grueso, su granulometría, ya que es muy importante conocer los tamaños de las partículas que componen al agregado para analizar si cumplen con las especificaciones técnicas de la ASTM C33 [3] (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales), y las densidades específicas para la arena y la grava. Con los datos obtenidos en laboratorio se elaboró el diseño de mezclas de concreto.

Las probetas cilíndricas de concreto se sometieron a dos procesos de curado, el primero es el curado por inmersión, el cual consiste en sumergir el cilindro por completo en agua; y el segundo es el curado con polietileno, para este método se forró por completo el cilindro con este plástico, el objetivo de este trabajo es analizar y comparar el grado de afectación que presenta la resistencia a la compresión cuando se emplean ambos métodos de curado a los 7, 14, 21 y 28 días.

2. MATERIALES Y METODOS

El hormigón es un material muy usado en la construcción debido a su favorable desempeño a la resistencia a compresión, sin embargo, también posee aspectos no tan positivos, por ejemplo, cuando se presentan fuerzas a tracción su resistencia es reducida, asimismo su ductilidad también es baja [4].

Realizar un buen curado al hormigón es uno de los aspectos más importantes y eficaces que contribuye a que el hormigón alcance la resistencia deseada. En la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 3124 [5] se da a conocer acerca de los distintos métodos de curado, en el documento se estipula que el curado es el proceso que se encarga de conservar la humedad en las estructuras evitando que se evapore el agua y se debe aplicar inmediatamente después del fraguado [6].

El estudio de este caso consiste en analizar cómo influye el método de curado en el hormigón y cuál es su afectación con relación a la resistencia de diseño. Existe un elevado índice en la variabilidad de las propiedades físicas de los agregados pétreos, por ende, para determinar las mejores condiciones de estos agregados se deben seguir una serie de ensayos sujetos a normativas vigentes las cuales se detallan a continuación:

- *Determinación de la densidad de los áridos fino y grueso*
- *Peso volumétrico suelto y varillado del árido grueso*
- *Peso volumétrico suelto del árido fino*
- *Análisis granulométrico de los áridos finos y grueso*
- *Determinación del valor de la degradación del árido grueso*
- *Impurezas orgánicas del árido fino*

2.1. Muestreo

Para la elaboración de las probetas cilíndricas es necesario realizar la dosificación de mezclas de hormigón. Para realizar el muestreo de los áridos debe llevarse a cabo un cálculo estimativo y así determinar la cantidad correspondiente a cada material, esto lo realiza el técnico responsable del proyecto. Los materiales a ensayar se obtuvieron de la cantera "Tuco León" ubicada en el cantón Pasaje; según especifica la norma INEN 695 [7] en el apartado "*Exploración de fuentes potenciales de áridos*", de este lugar se extrajo el árido grueso con un tamaño de partículas de $\frac{3}{4}$ ", y el árido fino el cual consiste en una combinación de arena natural y elaborada según la norma INEN 872 [8].

Se dispone a usar cemento hidráulico Tipo GU bajo el cumplimiento de la norma INEN 2380:2011 [9], debido a su apreciable desempeño en relación a la resistencia y durabilidad, además de que este tipo de cemento hidráulico sirve especialmente para la fabricación de hormigón estructural, ya que cuando es mezclado con agua esta desempeña el rol de hidratar a las partículas del cemento, para dar paso a la formación de la pasta aglutinante [6].

Finalmente se procede a la elaboración del diseño del concreto partiendo de la relación agua-cemento (A/C) en base a una resistencia a la compresión establecida (21 MPa). El método para realizar la dosificación de la mezcla de concreto está normalizado por el Instituto Americano de Concreto (ACI, por sus siglas en ingles), comité 211.1 [2] en el que se describe el proporcionamiento de mezclas para concreto normal, pesado y masivo, este documento dispone de una serie de especificaciones que deben poseer los agregados.

2.2. Proceso metodológico

Para realizar un buen diseño de hormigón es necesario conocer las propiedades que poseen los materiales que componen la mezcla. Caracterizar correctamente estos materiales constituye obtener unos agregados de calidad que cumplan un excelente desempeño en relación a la resistencia [10]. Las propiedades más comunes que se suelen determinar a uno de los materiales (los áridos) que componen la mezcla de hormigón son, la determinación de la granulometría, su peso volumétrico y peso varillado, la capacidad de absorber agua, la gravedad específica, el desgaste, y su resistencia [11].

En el desarrollo de este trabajo, se realizó una serie de ensayos en laboratorio haciendo uso de las guías de prácticas bajo las disposiciones de las normas INEN y ASTM, para conocer cuáles son las propiedades tanto físicas como mecánicas de los agregados fino y grueso.

Ensayos aplicados en laboratorio con sus respectivas normas:

Tabla 1 Ensayos realizados en laboratorio para agregados gruesos. **Fuente:** Elaboración propia

	Ensayo	Norma Aplicable
AGREGADOS GRUESOS	Densidad y porcentaje de absorción	INEN - 857
	Análisis granulométrico	INEN – 696 y ASTM C – 136
	Peso suelto y varillado de la grava	INEN – 858
	Porcentaje de desgaste	INEN – 860

Tabla 2 Ensayos realizados en laboratorio para agregados finos. **Fuente:** Elaboración propia

AGREGADOS FINOS	Ensayo	Norma Aplicable
	Densidad y porcentaje de absorción	INEN - 856
	Análisis granulométrico	INEN – 696 y ASTM C – 136
	Peso volumétrico suelto de la arena	INEN – 858

2.2.1. Densidad relativa de los agregados

Según norma NTE INEN – 856 y 857 [12], [13]

Para la grava (Ver anexos, Tabla 6)

Materiales empleados

- Balanza hidrostática, con una sensibilidad de 0,5 gramos y capacidad de hasta 5 kilogramos.
- Cesta de alambre cilíndrica, tipo malla con una abertura N° 8, con un diámetro de aproximadamente 20 centímetros.
- Recipientes de forma rectangular
- Horno a una temperatura de $105 \pm 5^{\circ} \text{C}$

Procedimiento

- En primer lugar, se debe dejar la grava sumergida por 24 horas en un recipiente.
- Al siguiente día se procede a retirar a grava del agua, seguido de esto secamos superficialmente el material con una franela.
- Se toma el peso de la canastilla, y así mismo se continua a tomar el peso de la grava superficialmente seca.
- Se coloca el material en la canastilla y se procede a sumergir para tomar el peso superficialmente seco de la muestra.
- Finalmente, se extrae el material para llevarlo al horno y determinar el porcentaje de absorción.

Para la arena (Ver anexos, Tabla 5)

Materiales empleados

- Balanza con una sensibilidad de 0,1 gramos y capacidad de 1 kg
- Recipiente Matraz con capacidad de 500 cm cúbicos

- Molde cónico “cimacio” cuyas especificaciones son, altura de 73 mm, diámetros inferior y superior de 73 y 30 mm respectivamente.
- Barra de compactación con una masa de 340 gramos, cuyo extremo es de superficie plana circular con un diámetro de 25 mm.
- Horno a una temperatura de $105 \pm 5^\circ \text{C}$

Procedimiento

- Previamente deberá sumergirse en agua la arena durante 24 horas.
- Sobre una superficie plana se extiende papel periódico y se procede a secar la muestra con el mismo papel.
- Cuando se halla logrado secar superficialmente la muestra, se llenará el molde cónico haciendo tres capas y por cada capa se darán 9 golpes hasta llenarlo completamente, se retira el cono y se observa si existe desplazamiento mínimo de la arena, siguiendo este proceso se determina si la muestra está superficialmente saturada.
- De esta muestra se pesan 500 gramos de arena
- En una probeta plástica se colocan 200 cm³ de agua y se vierte la arena para obtener su volumen final.
- Posteriormente, se extrae a arena de la probeta para llevarlo al horno por 24 horas.
- Por último, se retira el material del horno pasada las 24 horas y se toma el peso.

2.2.2. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (Ver Anexos, Tabla 7)

Según norma NTE INEN 696 [7]

Materiales empleados

- Tamices tipo cuadrados y redondos
- Agitador de tamices para agregado fino y grueso
- Balanza electrónica con una sensibilidad de 0,1 gramos para el árido fino y para el árido grueso una sensibilidad de 0,5 gramos.
- Recipientes
- Fajas granulométricas
- Brochas

Procedimiento

- Se toma la muestra del árido fino según la normativa ASTM C 136, en donde se estipula realizar un cuarteo para seleccionar $\frac{1}{4}$ de la muestra para el ensayo, el peso para el agregado fino es de 500 gramos y 5000 gramos para el agregado grueso.
- Acto seguido se procede a tamizar la muestra colocando las mallas de mayor a menor según su diámetro por una tamizadora eléctrica dejando un rango de tiempo de 10 a 15 minutos para el agregado fino y grueso, basado en las normas técnicas.
- A continuación, se retira el material retenido en cada tamiz, se colocan en los recipientes y se toma el peso.
- Por último, se tabulan los datos en la tabla de resultados

2.2.3. Peso volumétrico suelto y varillado del agregado fino y grueso

Peso volumétrico suelto de la arena y grava (Ver Anexos, Tabla 8 y 10)

Según norma NTE INEN 858 [14]

Materiales empleados

- Balanza electrónica con una precisión de 0,1 % en base a la carga del ensayo.
- Recipiente cilíndrico para el peso volumétrico de la arena.
- Recipiente cilíndrico para el peso volumétrico de la grava.
- Varilla de compactación con un diámetro de 16 mm y longitud de 600 mm.
- Cucharón o pala

Procedimiento

- En primer lugar, se calculará el volumen del molde.
- Luego se pesa el molde.
- Después se procede a colocar la arena en el molde y se enrasa.
- Finalmente se toma el peso de la arena con el molde.
- Se repite el procedimiento para la grava.

Peso volumétrico varillado de a grava (Ver Anexos, Tabla 9)

Materiales

- Balanza electrónica con una precisión de 0,1 % en base a la carga del ensayo.

- Recipiente cilíndrico para el peso volumétrico de la grava.
- Varilla de compactación con un diámetro de 16 mm y longitud de 600 mm.
- Cucharón o pala

Procedimiento

- En primer lugar, se calculará el volumen del molde.
- Luego se pesa el molde.
- Acto seguido se coloca la grava en el molde y se da 25 golpes por cada tercio llenado, finalmente se enrasa.
- Finalmente se toma el peso de la arena con el molde.

2.2.4. Desgaste del agregado grueso (Ver Anexos, Tabla 11)

Según norma NTE INEN 860 [15]

Materiales

- Balanza electrónica con una sensibilidad de 0,01 gramos.
- Recipientes metálicos grandes y pequeños
- Tamiz # 12
- Máquina de abrasión de los Ángeles
- Horno

Procedimiento

- Se efectúa la gradación de la grava
- Se usarán 12 esferas por ende se procede a pesar 5000 gramos de grava de acuerdo a la tabla 3:

Tabla 3 Especificaciones para la carga. **Fuente:** NTE INEN 860

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

- Luego haciendo uso de la máquina de abrasión se coloca las 12 esferas y la muestra de grava, se hace girar 500 vueltas a una velocidad de 30 a 33 rpm.

- Una vez culminada las 500 vueltas se retiran las esferas y se extrae el material para proceder a pasarlo por el tamiz # 12.
- Por último, mediante cálculos se obtiene el porcentaje de desgaste.

2.3. Ensayo de resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión está definida por la relación existente entre la carga máxima que soporta el cilindro y su área transversal. Por consiguiente, de acuerdo a la norma INEN 1573 [16], cuando se fabrican los elementos de un mismo hormigón y sus condiciones de curado y compactación son las más óptimas, los resultados que se obtengan tienden a ser aleatorios [17].

Analizar la resistencia a la compresión del concreto sirve para establecer las diversas características cuando el elemento se encuentra en un estado de endurecimiento. Existen dos medios por el cual se puede determinar la resistencia a compresión del concreto, el primero es a través de la fabricación de especímenes de hormigón en probetas cilíndricas para luego ser ensayadas, y el segundo es por medio de la extracción de núcleos en la estructura de concreto cuando el elemento ya está en servicio [18]. Este método pertenece a los ensayos no destructivos, su uso puede ser muy esencial ya que la afectación que tiene la estructura puede llegar a ser mínima [19].

2.4. Descripción del método del ACI para el diseño de mezclas de hormigón

La normativa a utilizar se rige a los diseños de hormigones y mezclas de concreto en su apartado ACI 211.1 [2], está a su vez se basa en la norma internacional para lineamientos y especificaciones granulométricas ASTM C33 [3]. Básicamente este método consiste en cuantificar el volumen y los pesos de los materiales usados en la mezcla (agua, cemento, arena y grava).

Para realizar el diseño de la mezcla hay que tener en cuenta dos factores, en primer lugar, se debe tener conocimiento del tipo de obra a construir, y como segundo punto se deben obtener las propiedades tanto físicas como mecánicas de los agregados.

2.4.1. Elección del Revenimiento

En el capítulo 6 del ACI 211.1 [2] se presenta una tabla con los valores recomendados para el revenimiento dependiendo del tipo de construcción, estas cifras son únicamente válidas cuando se implementa el método de vibrado para lograr la compactación del concreto.

Tabla 4 Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción. **Fuente:** ACI 211.1

Tipos de construcción	Revenimiento, cm	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas	7.5	2.5
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

2.4.2. Elección del Tamaño Máximo Nominal

El tamaño máximo nominal (TMN) es el tamaño del tamiz inmediatamente superior al tamiz por donde pasa el 15% o más del agregado grueso, y se lo obtiene mediante la granulometría del agregado [20].

Hacer una buena elección del TMN es sumamente importante debido a que la resistencia en el concreto va a depender del tamaño de las partículas, pues, mientras más reducido sea el agregado mayor será la resistencia del concreto, por otro lado, cuando el agregado tiene un tamaño grande se demanda una menor cantidad de mortero.

2.4.3. Estimación de la cantidad de agua

El valor de la cantidad de agua a utilizar en la mezcla está condicionado por el tamaño máximo nominal de los agregados y su contenido de aire incluido, es importante mencionar que también va a depender de los aditivos químicos, pero estos no serán considerados en el diseño.

A continuación, en la tabla 5 se muestran los valores de la cantidad de agua a emplearse para concretos con y sin aire incluido, estos valores van a depender del revenimiento y del tamaño máximo nominal del agregado grueso.

2.4.4. Relación agua – cemento (A/C)

Este parámetro es el más importante para dosificar mezclas de concreto, ya que con este valor se establece los requerimientos. Para los ensayos propuestos de hormigones se usará la normativa ACI 211.1 [2] la cual nos detalla en la Tabla 6 las relaciones A/C con sus respectivas resistencias:

Tabla 5 Cantidad de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado. **Fuente:** ACI 211.1

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

Tabla 6 Relación A/C en base a su resistencia. **Fuente:** ACI 211.1

Resistencia a la compresión a los 28 días, Mpa	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
42	0.41	-
35	0.48	0.40
28	0.57	0.48
21	0.68	0.59
14	0.82	0.74

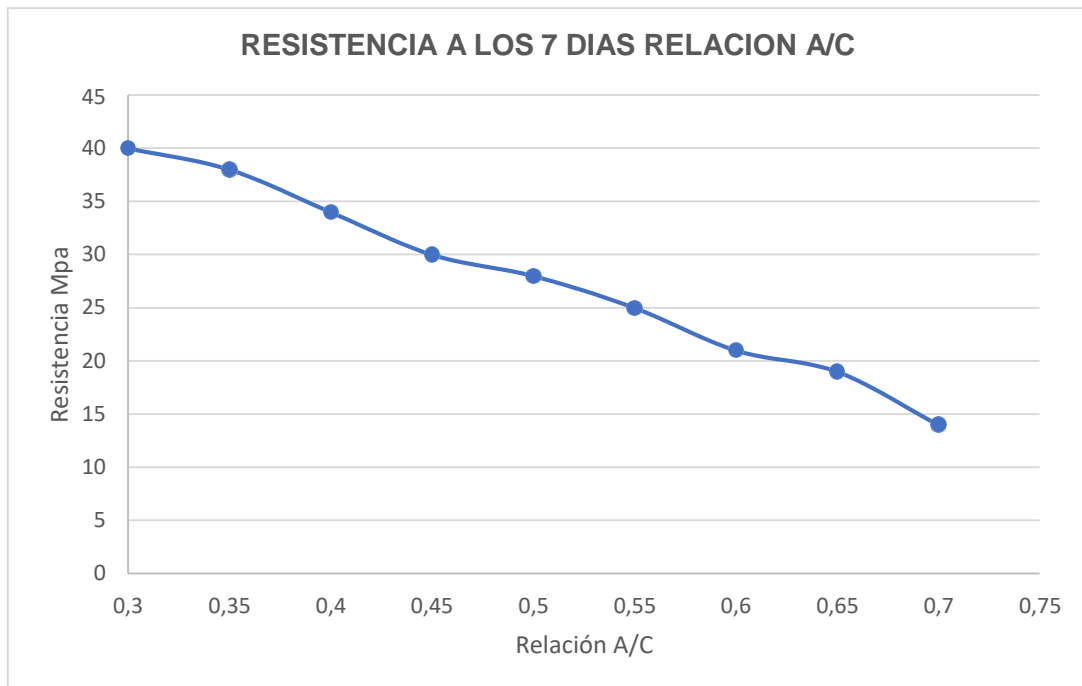


Ilustración 1 Resistencia a los 7 días. **Fuente:** ACI 211.1

2.4.5. Cálculo de contenido de cemento

El cálculo de la cantidad de cemento a usarse está condicionado por la relación A/C y el valor de la cantidad de agua expuesto en la tabla 5, por ende, se emplea la siguiente ecuación (1).

$$C = H2O / (A/C) \quad (1)$$

2.4.6. Verificación de la Granulometría

La norma que establece los valores referenciales para las granulometrías de los agregados finos y gruesos es la ASTM C33 [3], aquí se verifican los valores de la resistencia en la mezcla.

Tabla 7 Recomendaciones granulométricas para el agregado fino. **Fuente:** ASTM C33

Tamiz (Especificación 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

Tabla 8 Requerimientos del tamizado en agregados gruesos. **Fuente:** ASTM C33

Número de tamaño	Tamaño Nominal (Tamices con abertura cuadrada)	Cantidades más finas en cada tamiz de laboratorio (Abertura Cuadrada)								
		50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 ½ pulg)	25 mm (1 pulg)	19 mm (¾ pulg)	12 mm (½ pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)
1	90 a 37.5 mm	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37.5 mm	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25 mm	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	37.5 a 19 mm	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 a 4.75 mm	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	25 a 12.5 mm	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 a 9.5 mm	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 a 4.75 mm	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	19 a 9.5 mm	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19 a 4.75 mm	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	12.5 a 4.75 mm	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 a 4.745 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

2.4.7. Estimación del contenido de agregado grueso

Cuando las condiciones de la granulometría del agregado y el tamaño máximo nominal son similares se tiene un concreto con una excelente trabajabilidad. El volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto se obtiene de la Tabla 9.

Tabla 9 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto. **Fuente:** ACI 211.1

Tamaño máximo del agregado, mm	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 ½")	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

2.5. Especificaciones para la elaboración de las probetas cilíndricas de hormigón en laboratorio

Para la elaboración de las probetas cilíndricas en este trabajo se tomó en cuenta las especificaciones presentes en la NTE INEN 3124 [21].

Moldes cilíndricos

Estos moldes deben ser de un material de hierro fundido o acero, que no provoque reacción al contacto con el cemento portland, estos moldes están apoyados a una placa plana, esta placa debe estar por lo menos sujeta a 3 pernos del molde, debe existir una ranura a lo largo del molde para que permita ajustarlo o desajustarlo. Las dimensiones del molde cilíndrico son: un diámetro de 0,15 m y una altura de 0,30 m.

2.6. Curado del hormigón de especímenes en laboratorio

La etapa del curado inicial es de vital importancia ya que si se lo realiza de manera correcta se podrá obtener un concreto ideal [22]. El proceso de mezclado del hormigón es el encargado de impulsar la hidratación del cemento desde la superficie del concreto hasta llegar a su interior. Si el proceso es inadecuado puede dar paso a un elevado índice de porosidad, principalmente en la superficie exterior del concreto [23].

Según el ACI 308 R [24] define al curado como un proceso que se encarga de la maduración y endurecimiento del concreto con el paso del tiempo, este proceso se da luego de la constante hidratación del cemento, con la suficiente cantidad de agua y con una temperatura adecuada [25].

Hay que recalcar dos aspectos de vital importancia: para lograr la hidratación del cemento se debe disponer de una considerable cantidad de agua, y garantizar que el mismo abarque completamente toda la masa del concreto.

Razones para realizar el curado del concreto

Uno de los principales objetivos que conlleva llevar a cabo un curado, es que este proceso es capaz de disminuir la porosidad presente en el recubrimiento del concreto, gracias a esto se impide el paso de la humedad y factores que resultan ser agresivos en el interior del concreto.

No siempre el concreto dispondrá de agua suficiente para alcanzar la resistencia requerida en el diseño, es por ello, que es necesario realizar el rocío de agua por la superficie del concreto para que este pueda desarrollar sus propiedades satisfactoriamente.

Implementar un curado a cierta estructura no solo le está brindando un excelente desempeño en relación a la resistencia, si no, también ayuda al desarrollo de muchas otras propiedades que previenen ciertos problemas que afectan al concreto, por ejemplo, algunos de estos problemas son: la permeabilidad, la disminución de este problema permite que no exista el paso de gases como el CO₂ o el oxígeno en la piel del concreto, estos elementos contribuyen al fenómeno de la corrosión.

En el ACI 308 R [24] se menciona que la cantidad necesaria de agua para la mezcla del concreto debe ser considerablemente mayor al agua necesaria a retener para el curado, sin embargo, existen situaciones en donde se presenta la evaporación del agua afectando así al desarrollo de las propiedades deseadas. Se debe proteger al concreto de los factores naturales como la variación en la temperatura del aire, la humedad relativa y las corrientes de viento. Todos estos factores en conjunto ayudan a la completa evaporación del agua, ocasionando grietas en el concreto [25].

Actualmente existen muchas formas de curar el concreto, algunas más efectivas que otras, por ende, en este estudio se pretende analizar el comportamiento de los cilindros ante la fuerza de compresión cuando son expuestas a dos métodos de curado diferentes, los métodos de curados que se emplearon en este estudio son: el curado con polietileno y el curado por inmersión. Se elaboraron 24 cilindros de hormigón, de los cuales, 12 se sometieron al curado por inmersión y los 12 restantes al curado con polietileno

2.6.1. Curado con polietileno

El ACI 308 R [24] clasifica este tipo de curado como un material sellador, estos materiales están compuestos por una membrana que va envuelta en el concreto y que se encarga de disminuir la evaporación del agua. Este tipo de curado es aplicable en terrenos de desplante húmedo, esencialmente en zonas áridas donde este método de curado resulta ser muy beneficioso.

El polietileno es una película plástica con un peso extremadamente ligero, su presentación viene en láminas blancas, negras o transparentes. Esta película tiene que cumplir con los criterios de la normativa ASTM C 171 [26] , aquí se define un espesor para la película de 0,10 mm, en esta norma no se considera la membrana negra, sin embargo, la de color blanco resulta tener un costo elevado, pero definitivamente actúa mucho mejor ya que aquí se reflejan los rayos del sol, por otra parte, la película transparente tiene poca influencia en la absorción del calor.

Los 12 cilindros restantes y con la siguiente numeración, C13, C14, C15,..., C24 fueran envueltos totalmente de pies a cabeza por 3 capas de polietileno de color transparente.

Se debe tener en cuenta no dañarla por el rasgamiento, pues se debe garantizar la continuidad del curado.

Según el ACI 308 R este tipo de curado no se recomienda en estructuras en donde el acabado del concreto sea de gran importancia, ya que generalmente el acabado que resulta cuando se emplea el polietileno es una superficie moteada en el concreto. La apariencia de esta superficie hace visible al agregado fino, debido a que la película de lechada es muy delgada [27].

2.6.2. Curado por inmersión

Es muy conocido que el proceso del curado por este método es uno de los mejores, ya que produce satisfactoriamente un buen comportamiento del concreto cuando se somete a fuerzas de compresión, sin embargo, este método no es muy práctico realizarlo en obra, pues se tendría que sumergir completamente en agua la estructura [28].

Este método consiste en sumergir completamente el cilindro de hormigón en una piscina de agua; cuando se trata de estructuras en obra este curado se puede aplicar a losas de piso, pavimentos, puentes, en pocas palabras, se aplica a cualquier lugar en el que se pueda originar un charco mediante un dique de tierra. Se debe evitar a toda costa que se libere de alguna forma el agua presente en estos charcos, ya que la fuga de este líquido puede desestabilizar el suelo en donde se encuentra la losa de piso.

Según el ACI 308 R [24], la temperatura a la que debe estar el agua de la piscina no debe ser más fría de 11°C que el concreto, ya que pueden ocurrir esfuerzos por temperatura ocasionando agrietamientos.

Para el proceso de curado, en primer lugar, se referenció los cilindros de acuerdo a una numeración, C1, C2, C3,..., al C12, estos cilindros fueron sometidos durante 28 días a curado por inmersión inmediatamente después de que se realizó el desencofrado, se los sumergió totalmente en agua en la piscina que se encuentra en el Laboratorio de Comportamiento de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil.

3. RESULTADOS

Los valores de la resistencia a compresión de las probetas cilíndricas se obtuvieron a partir del ensayo de compresión simple, este ensayo es del tipo destructivo, pues, consiste en aplicar una carga constante hasta que la probeta llegue al punto de fractura o alcance su deformación plástica. La resistencia va a depender de muchos factores, entre los cuales se puede mencionar el curado de la probeta de hormigón.

Las doce probetas cilíndricas se sometieron a dos métodos de curado, el primero es el curado por inmersión y el segundo es el curado con polietileno, a continuación, se presentan los resultados de la resistencia a los 7, 14, 21 y 28 días.

- **Rotura de los cilindros de hormigón a los 7 días**

Tabla 10 Rotura de los cilindros de hormigón a una edad de 7 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón por el método de curado con Polietileno	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
7	13,88	141,53	14,17	144,52
7	14,49	147,79	13,95	142,21
7	12,55	127,92	13,77	140,44

En la tabla se observa que, a los 7 días de curado, el método de curado por inmersión alcanzó un valor máximo de resistencia de 14,49 MPa siendo este ligeramente superior al curado con polietileno con 14,17 MPa, sin embargo, la resistencia en el curado con polietileno estuvo por encima a la resistencia del curado por inmersión en dos de tres cilindros.

- **Rotura de los cilindros de hormigón a los 14 días**

Tabla 11 Rotura de los cilindros de hormigón a una edad de 7 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón por el método de curado con Polietileno	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
14	18,06	184,13	19,20	195,78
14	14,76	150,51	19,00	193,74
14	18,67	190,39	17,30	176,41

A los 14 días, en ambos métodos de curado un cilindro de hormigón alcanzó una resistencia un poco fuera del rango que los otros cilindros, pero, se sigue observando una diferencia notoria entre ambos métodos, en donde el curado con polietileno resalta con una resistencia a la compresión mayor al curado por inmersión, con un valor de 19,20 MPa.

- **Rotura de los cilindros de hormigón a los 21 días**

Tabla 12 Rotura de los cilindros de hormigón a una edad de 7 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón por el método de curado con Polietileno	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
21	16,79	171,20	20,40	208,02
21	20,63	210,39	20,43	208,32
21	20,22	206,17	20,11	205,06

Para las probetas cilíndricas ensayadas a los 21 días por el método de curado con polietileno, la resistencia a compresión está muy cercana a la resistencia de diseño con valores de 20 MPa, por otro lado, se observa que en el curado por inmersión existe un cilindro que obtuvo una resistencia mucho menor que los demás cilindros, con un valor de 16,79 MPa.

- **Rotura de los cilindros de hormigón a los 28 días**

Tabla 13 Rotura de los cilindros de hormigón a una edad de 7 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón por el método de curado con Polietileno	
	MPa	Kg/cm ²	MPa	Kg/cm ²
28	19,99	203,86	21,29	217,06
28	20,41	208,48	23,95	244,18
28	23,84	243,05	21,17	205,06

Finalmente, a los 28 días de edad de las probetas cilíndricas, en ambos métodos de curado hubo un cilindro cuya resistencia estuvo por encima de la resistencia de diseño $f'c = 21$ MPa, estos valores fueron de 23,84 MPa en el curado por inmersión y 23,95 en el curado con polietileno.

Ahora, luego de haber analizado en los valores de las resistencias obtenidas en cada ensayo de compresión, se pudo observar que en las 3 primeras semanas existen valores que se alejan de los valores promedio de resistencia, por ende, se procede a realizar el método de descarte. Este método consiste en descartar los valores de la resistencia más bajos en cada ensayo realizado, y promediar los dos valores más altos para así obtener una resistencia promedio en cada edad.

Tabla 14 Resistencias promedio para cada ensayo de compresión descartando los valores de las resistencias disparadas. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón por el método de curado con Polietileno	
	Mpa	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²
7	13,88	141,53	14,17	144,52
7	14,49	147,79	13,95	142,21
14	18,06	184,13	19,20	195,78
14	18,67	190,39	19,00	193,74
21	20,63	210,39	20,40	208,02
21	20,22	206,17	20,43	208,32
28	20,41	208,08	21,29	217,06
28	23,84	243,05	23,95	244,18

Tabla 15 Resistencias a la compresión finales a los 7, 14, 21 y 28 días. **Fuente:** Elaboración propia

Edad	METODO DE CURADO			
	Resistencia del hormigón por el método de curado de Inmersión		Resistencia del hormigón por el método de curado con Polietileno	
	Mpa	kg/cm ²	Mpa	kg/cm ²
7	14,19	144,66	13,86	141,33
14	18,36	187,26	19,10	194,76
21	20,43	208,28	20,42	208,17
28	22,12	225,57	22,62	230,62

Analizando los resultados se observa que en ambos métodos se sobrepasó la resistencia de diseño $f'c = 21$ MPa, con valores de 22,12 MPa para el curado por inmersión y 22,62 MPa para el curado con polietileno, según NTE INEN 1573 menciona que la variación en la resistencia debe ser del 7,8% para 3 cilindros con dimensiones de 150 por 300 mm y que se encuentran en condiciones de laboratorio, por ende, las

resistencias alcanzadas en ambos métodos de curado cumplen con lo establecido en la norma.

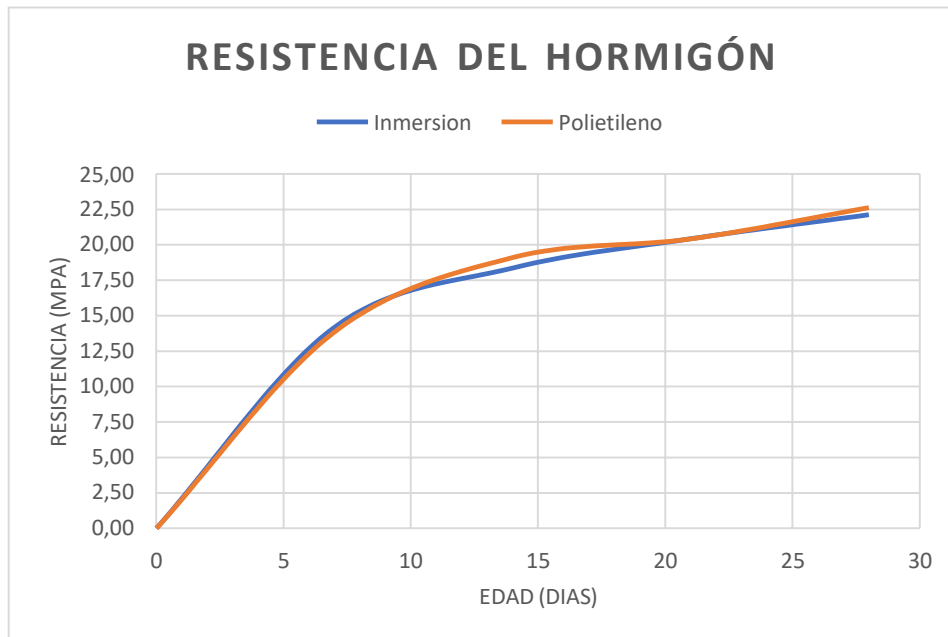


Ilustración 2 Curvas de resistencia para el método de curado de inmersión y polietileno.
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración se puede notar que existe una pequeña diferencia en ambos métodos, siendo el del curado con polietileno el que alcanzó una resistencia mayor en cada ensayo de rotura.

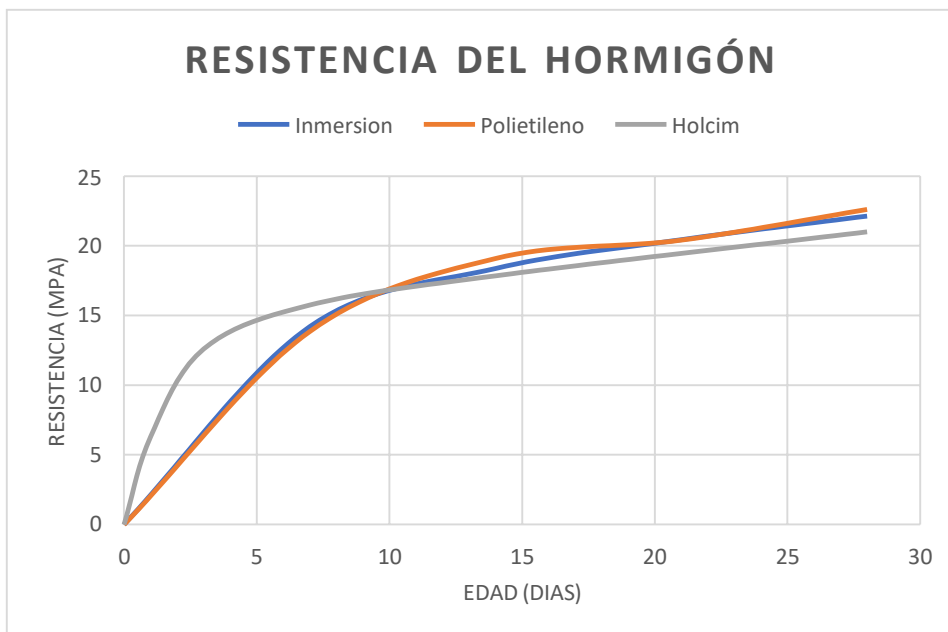


Ilustración 3 Comparación de la resistencia a la compresión entre los métodos de curado de inmersión, polietileno, y el curado realizado en Holcim para f_c de 21 MPa. **Fuente:** Elaboración propia

En la ilustración se observa que los métodos de curado empleados en este estudio resultaron incluso superiores a la resistencia de diseño ($f'_c = 21$ MPa) de Holcim [29], sin embargo, el porcentaje de resistencia desarrollado a los 10 días primeros por los métodos de curado estudiados, están por debajo de la curva de resistencia a la compresión de Holcim.

4. CONCLUSIONES

Se realizaron los respectivos ensayos en laboratorio para caracterizar los agregados y se obtuvo que, los áridos finos cumplen con las especificaciones de la norma ASTM C33, por lo tanto, es conveniente la implementación de este material a la mezcla de concreto; por otra parte, la grava no cumple con las especificaciones de la norma ya mencionada, sin embargo, en la norma NTE INEN 872 se menciona que se permite la utilización del árido siempre y cuando, este haya sido ensayado previamente para determinar un buen desempeño en la preparación de hormigón.

Se llevaron a cabo ambos curados a las probetas cilíndricas y se procedió a su rotura a los 7, 14, 21 y 28 días, obteniendo un resultado de 67,56% para el curado por inmersión y 66,00% para el curado con polietileno, ambos porcentajes están por debajo del 75% el cual es valor del porcentaje referencial que debe alcanzar la resistencia a la compresión a los 7 días de curado.

A los 14 días es notorio una leve diferencia entre ambos curados, estando el curado con polietileno por encima del curado por inmersión, con porcentajes alcanzados de 87,45 y 90,95%. En ambos métodos se cumple con el porcentaje requerido del 85% a los 14 días.

Cumplidos los 21 días se observó que ambos curados llegaron a tener casi la misma resistencia con valores del 27% y siguen estando por encima del referencial de Holcim.

Finalmente, a los 28 días se pudo notar que existe una ligera diferencia en ambos curados, destacándose el curado con polietileno con un porcentaje de 107,70% (incluso por encima de la resistencia de diseño $f'c = 21$ MPa), seguido del 105,34% el curado por inmersión.

Finalmente se concluye que los datos obtenidos nos afirman que no existe mayor diferencia entre ambos curados y que alcanzaron satisfactoriamente la resistencia de diseño de 21 MPa

5. RECOMENDACIONES

Analizando los resultados obtenidos, se puede decir que el método de curado con polietileno es válido, o tiene los mismos resultados que el curado por inmersión, por ende, se recomienda usar este tipo de curado en obra, específicamente en columnas, ya que por sus dimensiones es claramente difícil curar el elemento estructural por completo en agua, es así que es más factible forrar por completo al elemento con este material plástico, para que el mismo desarrolle las propiedades deseadas obteniendo un favorable desempeño respecto a su resistencia a la compresión.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. F. Córdova, D. I. P. Díaz, J. A. Novoa, y J. O. Alayo, «Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto», *Gac. Téc.*, vol. 20, n.º 2, pp. 4-13, 2019.
- [2] ACI, *Proporcionamiento de mezclas concreto normal, pesado y masivo*, vol. 211.1-91. 2002.
- [3] ASTM C33, *Especificación estándar para AGREGADOS PARA CONCRETO*. 2003.
- [4] Á. Picazo, M. Alberti, A. Enfedaque, y J. Gálvez, «Caracterización experimental de la resistencia a tracción y cortante del hormigón reforzado con fibras de poliolefina: Experimental assessment of the tensile and shear strength behaviour of polyolefin fibre reinforced concrete.», *DYNA - Ing. E Ind.*, vol. 94, n.º 4, pp. 437-441, jul. 2019, doi: 10.6036/9022.
- [5] NTE INEN 3124, *HORMIGÓN. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO EN EL LABORATORIO*. 2017.
- [6] L. D. Zambrano Navarrete *et al.*, «Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón», *Gac. Téc.*, vol. 23, n.º 1, pp. 35-47, jun. 2022, doi: 10.51372/gacetatecnica231.4.
- [7] S. E. de N. INEN, *ÁRIDOS. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN LOS ÁRIDOS, FINO Y GRUESO.*, vol. 696. 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/696.pdf>
- [8] NTE INEN 872, *Áridos para hormigón. Requisitos*. 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- [9] NTE INEN 2380, *Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos*. 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2380.pdf>
- [10] W. E. R. Párraga, B. H. O. Bravo, J. F. V. Párraga, J. C. G. Mera, y P. C. Ramona, «Estudio comparativo de resistencias a la compresión en hormigones de 24 Mpa empleando agregados finos procedente de los ríos de Manabí», *Rev. Investig. En Energ. Medio Ambiente Technol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 5, n.º 2, Art. n.º 2, dic. 2020, doi: 10.33936/riemat.v5i2.2968.

- [11] L. L. Consuegra y C. R. García, «Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte», *Rev. Arquít. E Ing.*, vol. 16, n.º 3, pp. 1-11, 2022.
- [12] INEN, *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL RIDO FINO.*, vol. 856. 2010. [En línea]. Disponible en:
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_856.pdf
- [13] INEN, *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO.*, vol. 857. 2010. [En línea]. Disponible en:
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_857.pdf
- [14] S. E. de N. INEN, *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.*, vol. 858. 2010. [En línea].
Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/858.pdf>
- [15] INEN, *ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DEGRADACIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.*, vol. 860. 2011. [En línea]. Disponible en:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/860.pdf>
- [16] NTE INEN 1573, *HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.*, vol. 1573. 2010. [En línea]. Disponible en:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1573.pdf>
- [17] P. Vila, M. N. Pereyra, y Á. Gutiérrez, «Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín», *Rev. Asoc. Latinoam. Control Calid. Patol. Recuperación Constr.*, vol. 7, n.º 3, pp. 247-261, 2017.
- [18] J. M. Lizarazo Marriaga y J. G. Gómez Cortés, «Desarrollo de un modelo de redes neuronales artificiales para predecir la resistencia a la compresión y la resistividad eléctrica del concreto», *Ing. E Investig.*, vol. 27, n.º 1, pp. 11-18, abr. 2007.
- [19] J. R. H. Ávila y Á. R. O. Herazo, «Relación entre resistencia a compresión en cilindros de concreto y los rebotes con esclerómetro digital», *Ingeniare*, vol. 13, n.º 22, pp. 59-68, jun. 2017, doi: 10.18041/1909-2458/ingeniare.22.1342.

- [20] I. C. L. M. Pérez y Ms. I. A. H. Hernández, «Predicción de resistencia a compresión del hormigón mediante redes neuronales haciendo uso del agregado de la cantera de Antonio Maceo.», *Rev. Arq. E Ing.*, vol. 14, n.º 1, pp. 1-9, 2020.
- [21] NTE INEN, *HORMIGÓN. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE ENSAYO EN EL LABORATORIO*. 2017. Accedido: 14 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_3124.pdf
- [22] J. Vergara, M. Gutiérrez, C. Pérez, R. Hernández, y F. Cedeño, «Prototipo de caja de curado inicial para muestras de cilindros de concreto», *Rev. Iniciación Científica*, vol. 5, pp. 120-123, nov. 2019, doi: 10.33412/rev-ric.v5.0.2397.
- [23] D. Cruz-Moreno *et al.*, «Tratamiento superficial con nanopartículas base silicio inducido durante el curado: Efecto en la durabilidad de materiales base cemento portland», *Rev. ALCONPAT*, vol. 7, n.º 3, pp. 274-285, dic. 2017, doi: 10.21041/ra.v7i3.239.
- [24] ACI 308 R, *Curado del concreto*.
- [25] American Concrete Institute (ACI), *CURADO DEL CONCRETO*, vol. 308. 2001.
- [26] *Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete*. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/c0171-20.html>
- [27] T. Figueroa y R. Palacio, «PATOLOGÍAS, CAUSAS Y SOLUCIONES DEL CONCRETO ARQUITECTÓNICO EN MEDELLÍN», *Rev. EIA*, n.º 10, pp. 121-130, dic. 2008.
- [28] W. S. A. Moreira, Y. I. M. Bravo, C. A. P. Brito, E. S. S. Saltos, y L. A. P. Vélez, «Influencia del curado en obra sobre la resistencia a la compresión del concreto», *Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. Zulia*, n.º 2, Art. n.º 2, ago. 2020.
- [29] Holcim, «Ficha técnica ECOPACT», Ecuador. [En línea]. Disponible en: https://www.holcim.com.ec/sites/ecuador/files/images/eco_pact.pdf

7. ANEXOS

7.1. Cuadros de resultados de ensayos de laboratorio

Tabla 16 Densidad específica y porcentaje de absorción del agregado fino

DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS FINOS			
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 4 Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200			
Datos del ensayo			Cantera
			Tuco León
Peso del matraz (gr)	A		0
Peso del recipiente (gr)	B		790,75
Peso del recipiente + muestra seca al horno (gr)	C		1274,3
Peso de la muestra seca al horno (gr)	D		483,55
Peso matraz + agua (gr)	E		697,10
Peso matraz + agua + muestra SSS (gr)	F		998,80
Peso de muestra SSS (gr)	G		500,10
Volumen de muestra (cm3)	H		195,20
Resultados			
Densidad relativa SSS (gr/cm3)	G / H		2,562
Densidad del agregado MASA (gr/cm3)	D / H		2,477
Densidad del agregado APARENTE (gr/cm3)	D / (H - (G - D))		2,707
Porcentaje de Absorción %	(G - D) / D * 100		3,423

Tabla 17 Densidad específica y porcentaje de absorción del agregado grueso

DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS			
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 3/4" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"			
Datos del ensayo			Cantera
			Tuco León
Peso del recipiente (gr)	P1		0,00
Rec + agregado sss (gr)	P2		2012,20
Rec + agregado seco (gr)	P3		1968,00
Peso de la canastilla sumergida (gr)	P4		0,00
Peso de la canast. + agreg. sumergido (gr)	P5		1107,60
Peso del agregado sss (gr)	A = P2 - P1		2012,20
Peso del agregado sumergido (gr)	B = P5 - P4		1107,60
Volumen del agregado (cm3)	C = A - B		904,60
Peso del agregado seco (gr)	D = P3 - P1		1968,00
Densidad del agregado SSS (gr/cm3)	D _{sss} = A / C		2,224
Densidad del agregado MASA (gr/cm3)	D _{masa} = D / C		2,176
Densidad del agregado APARENTE (gr/cm3)	D _{ap} = D / (D - B)		2,287
Porcentaje de Absorción %	Abs % = ((A - D) / D) * 100		2,246
Resultados			
Densidad del agreg. SSS (gr/cm3)	PROMEDIO		2,224
Densidad del agreg. MASA (gr/cm3)	PROMEDIO		2,176
Densidad del agreg. APARENTE (gr/cm3)	PROMEDIO		2,287
Porcentaje de Absorción %	PROMEDIO		2,246

Tabla 18 Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Tuco León

ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA								
Cantera:		Tuco León						
Peso de la muestra (gr)		1000						
TAMIZ Nº	Milímetros	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	Cantidad que pasa acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES ASTM C33 % QUE PASA	Cumple especificaciones ASTM
					Retenido Acumulado	Pasante Acumulado		
3/8"	9,52	29,31	29,31	970,56	2,93	97,07	100	No cumple
4	4,75	0,20	29,51	970,36	2,95	97,05	95 - 100	Cumple
8	2,36	74,08	103,59	896,28	10,36	89,64	80 - 100	Cumple
16	1,19	175,65	279,24	720,63	27,93	72,07	50 - 85	Cumple
30	600 micron.	380,28	659,52	340,35	65,96	34,04	25 - 60	Cumple
50	300 micron.	268,60	928,12	71,75	92,82	7,18	5 - 30	Cumple
100	150 micron.	67,21	995,33	4,54	99,55	0,45	0 - 10	Cumple
200		4,31	999,64	0,23	99,98	0,02		
FONDO		0,23	999,87	0,00	100,00	0,00		
TOTAL		999,87						
Densidad D_{ss}		2561,99	kg/m ³					
Peso Volumétrico suelto		1295,52	Kg/m ³					
Módulo de finura		3,03	Especif.: entre 2,30 - 3,10					

Tabla 19 Granulometría de los agregados gruesos

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					

Tabla 20 Peso volumétrico suelto del agregado grueso

PESO VOLUMETRICO SUELTO - GRAVA			
Datos de ensayo	Cantera	Datos del molde	
	Tuco León	Diámetro (cm)	25
w molde (kg)	9	Altura (cm)	27,5
w molde + grava (kg)	27,8	Peso (kg)	9
w grava (kg)	18,8	Volumen (m3)	0,013499
PSV (gr/cm3)		1,393	
PSV (kg/m3)		1392,69	

Tabla 21 Peso volumétrico varillado del agregado grueso

PESO VOLUMETRICO VARILLADO - GRAVA			
Datos de ensayo	Cantera	Datos del molde	
	Tuco León	Diámetro (cm)	25
w molde (kg)	9	Altura (cm)	27,5
w molde + grava (kg)	29,4	Peso (kg)	9
w grava (kg)	20,4	Volumen (m3)	0,013499
PSV (gr/cm3)		1,511	
PSV (kg/m3)		1511,22	

Tabla 22 Peso volumétrico suelto del agregado fino

PESO VOLUMETRICICO SUELTO - ARENA			
Datos de ensayo	Cantera	Datos del molde	
	Tuco León	Diámetro (cm)	15,10
w molde (kg)	2,488	Altura (cm)	15,40
w molde + grava (kg)	6,060	Peso (kg)	2,488
w grava (kg)	3,573	Volumen (m3)	0,002758
PSV (gr/cm3)		1,296	
PSV (kg/m3)		1295,52	

Tabla 23 Degradación del árido grueso, Método Máquina de los Ángeles

ENSAYO DE ABRASION - METODO MAQUINA DE LOS ANGELES				
GRANULOMETRIA		METODO		
PASA	RETIENE	B		
3/4"	1/2"	2500	+	10
			-	
1/2"	3/8"	2500	+	10
			-	
TOTAL		5000	+	10
			-	

Datos de ensayo	Cantera	Formula
	Tuco León	
Peso muestra (gr)	5000	$D_{500} = \frac{\text{Pasante tamiz N° 12 a las 500 rev}}{\text{Peso inicial de la muestra}} * 100$
Pasante del tamiz N° 12 a las 500 vueltas (gr)	754,3	
% Desgaste	15,09	

7.2. Memoria técnica del diseño de mezclas de concreto con agregados de la cantera de “Tuco León”

Tabla 24 Propiedades de los agregados. **Fuente:** Elaboración propia

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS			
Agregado grueso		Agregado fino	
P.V.V (kg/cm3)	1,511	P.V.S (kg/cm3)	1,296
P.V.S (kg/cm3)	1,393	D.S.S (kg/cm3)	2,562
D.S.S (kg/cm3)	2,224	Módulo de finura	3,03
Absorción %	2,249	Absorción %	3,423

Elección del tamaño máximo nominal a partir de la granulometría del agregado grueso:

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					

Como se mencionó anteriormente la resistencia de diseño para la mezcla de concreto sin aire incluido es de 21 MPa (210 kg/cm²), por ende, el valor de la relación A/C se muestra en la siguiente tabla:

Resistencia a la compresión a los 28 días, Mpa	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
42	0.41	-
35	0.48	0.40
28	0.57	0.48
21	0.68	0.59
14	0.82	0.74

En este proyecto se desea diseñar un concreto para elementos estructurales como vigas y columnas, es por ello que el valor del revenimiento para este tipo de construcción es de 8 según la tabla 4.

La cantidad de agua por metro cubico va a depender del revenimiento y el tamaño máximo nominal del agregado grueso como se muestra en la siguiente tabla:

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

Tabla 25 Parámetros del diseño de mezclas de concreto. **Fuente:** Elaboración propia

Relación A/C	0,68
Revenimiento	8
T.M.N	1"
Cantidad de agua (kg/m³)	193

Volumen Aparente del agregado grueso por unidad de volumen de hormigón

$$\text{Peso del cemento} = \frac{\text{Peso H}_2\text{O}}{\text{R A/C}}$$

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

P. Cemento = 283,82 kg

P. cada saco en kg = 50 kg

$$\text{No. sacos} = \frac{283,82 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 5,68$$

No. Sacos = 5,68

Densidad del Cemento = 2,9 g/cm³

Coeficiente V.A.G.C = 0,65

Volumen para 1 m³ de hormigón

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

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

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

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

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

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

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

Tabla 26 Volumen de los materiales para 1 m³ de hormigón. **Fuente:** Elaboración propia

Cemento	0,098 m ³
Agua	0,193 m ³
Piedra	0,441 m ³
Arena	0,268 m ³
Arena corregida	0,284 m ³
Piedra corregida	0,425 m ³
Aire	0,020 m ³

Peso en kilogramos en 1 m³ de hormigón

cemento = 283,82 kg

agua = 193 kg

arena = A. corregia * D. S. S * 1000 = 0,268 m³ * 2,562 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$ * 1000 = 686,62 kg

grava = P. corregida * D. S. S * 1000 = 0,425 m³ * 2,224 $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ * 1000 = 945,20 kg

Tabla 27 Pesos de los materiales para 1 m³ de hormigón. **Fuente:** Elaboración propia

Cemento	283,82 m ³
Agua	193,00 m ³
Grava	686,62 m ³
Arena	945,20 m ³
Total	2108,64 m ³

Volumen de material que se requiere para 24 cilindros

Dimensiones del cilindro

Diámetro = 15 cm Volumen cilindro = 0,0053 m³

Altura = 30 cm Volumen 24 cilindros = 0,1272 m³

Agua = 0,1272 × 193 kg = 24,55 kg

Cemento = 0,1272 × 283,82 kg = 36,10 kg

Grava = 0,1272 × 686,62 kg = 87,34 kg

Arena = 0,1272 × 945,20 kg = 120,23 kg

Tabla 28 Cantidad en kilogramos de los materiales para 24 cilindros. **Fuente:** Elaboración propia

Peso agua	24,55 kg
Peso cemento	36,10 kg
Peso grava	87,34 kg
Peso arena	120,23 kg

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

Tabla 29 Cantidad de los materiales agregando el 15% de desperdicio. **Fuente:** Elaboración propia

Peso agua	28,23 kg
Peso cemento	41,52 kg
Peso grava	100,44 kg
Peso arena	138,26 kg

7.3. Memoria fotográfica



Anexo 1 Ensayo densidad de la arena



Anexo 2 Ensayo densidad de la grava



Anexo 3 Granulometría de la grava



Anexo 4 Ensayo peso volumétrico suelto de la arena





Anexo 5 Peso volumétrico suelto y varillado de la grava



Anexo 6 Ensayo desgaste del agregado grueso



Anexo 7 Recolección de los agregados



Anexo 8 Elaboración de la mezcla de concreto



Anexo 9 Curado por inmersión



Anexo 10 Curado con polietileno



Anexo 11 Ensayo de Resistencia a la Compresión