



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS MÉTODOS DE
CURADO DE LA NORMA ACI 308 EN LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN DE 240 KG/CM². CASO DE
ESTUDIO: HORMIGÓN DE LOS EDIFICIOS DE LA PUCE SEDE
MANABÍ, CAMPUS MANTA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO, INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS SOCIALES Y
AMBIENTALES PARA UN HÁBITAT SOSTENIBLE**

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

**AMBIENTE, CIUDAD, TERRITORIO Y SOCIEDAD PARA UN
HÁBITAT SOSTENIBLE, PLANIFICADO, INCLUSIVO Y SEGURO**

**PREVIO AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES

CEDEÑO MACIAS PAULO FERNANDO

PRUNA VERA ERNESTO ALEJANDRO

TUTOR

ING. MARÍA TATIANA ORDÓÑEZ ZAMBRANO, Mgrt.

PORTOVIEJO, 2024

Certificación de la Tesis

Ing. María Tatiana Ordoñez Zambrano, Mgrt.

Tutor del plan de investigación curricular

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Ing. María Tatiana Ordoñez Zambrano, Mgrt.

C.I. 1311981979

Aprobación del Tribunal

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí:

(F)_____

Ing. María Tatiana Ordoñez Zambrano, Mgrt.

Presidente del tribunal

(F)_____

Ing. Mauricio Henry Colpari Pozzo, Mgrt.

Primer Lector

(F)_____

Ing. Fernando Quiroz Alonzo, Mgrt.

Segundo Lector

Declaración de Originalidad

Este manuscrito, no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en la información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

F. _____

Ernesto Alejandro Pruna Vera

CI. 135006613-8

Dirección: Manta

E-mail: epruna5437@pucesm.edu.ec

Celular: 0989617648

F. _____

Paulo Fernando Macias Cedeño

CI. 135006613-8

Dirección: Portoviejo

E-mail: pcedeno6138@pucesm.edu.ec

Celular: 098 111 0927

Declaración de Derecho del Autor

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos, con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

F. _____

Ernesto Alejandro Pruna Vera

CI. 135006613-8

Dirección: Manta

E-mail: epruna5437@pucesm.edu.ec

Celular: 098 9617648

F. _____

Paulo Fernando Macias Cedeño

CI. 135006613-8

Dirección: Portoviejo

E-mail: pcedeno6138@pucesm.edu.ec

Celular: 098 111 0927

Dedicatoria y Agradecimiento

A Dios por ser él quién guía mis pasos e ilumina mis conocimientos día a día para seguir sin derrotarme, a mis pilares fundamentales, mis padres,

Paulo Fernando Macias Cedeño

Dedicatoria y Agradecimiento

Agradezco a Dios por ser mi guía y por iluminar mis conocimientos cada día para seguir adelante sin rendirme. Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis pilares fundamentales, mis padres,

Ernesto Alejandro Pruna Vera

Resumen

El hormigón es esencial en la construcción debido a su resistencia y adaptabilidad; sin embargo, su desempeño depende de factores como el curado, especialmente en condiciones climáticas y ambientales de zonas costeras. Este estudio evaluó la efectividad de los métodos de curado según la norma ACI 308 en la resistencia a la compresión del hormigón de 240 kg/cm² en edificios de la PUCE sede Manabí campus Manta. Se aplicó una metodología cuantitativa con un diseño experimental, utilizando los métodos de curado descritos en la norma ACI 308 en nueve muestras. Los resultados, obtenidos mediante la norma ASTM C39, mostraron que el curado por inmersión fue el único método que permitió al hormigón alcanzar y superar la resistencia especificada de 240 kg/cm² a los 28 días, logrando 257.57 kg/cm². Los demás métodos no alcanzaron el valor requerido. Concluyendo que, el curado por inmersión garantiza el cumplimiento de la resistencia a la compresión bajo las condiciones de Manta; sin embargo, su implementación en obras es limitada. Por ello, es importante considerar alternativas viables que mantengan control y precaución en su aplicación

Palabras claves: Compresión, curado del hormigón, hidratación, humedad, resistencia.

Abstract

Concrete is essential in construction due to its strength and adaptability; however, its performance depends on factors such as curing, especially in coastal climatic and environmental conditions. This study evaluated the effectiveness of curing methods according to the ACI 308 standard on the compressive strength of 240 kg/cm² concrete in buildings at the PUCE Manta campus. A quantitative methodology with an experimental design was applied, using the curing methods described in the ACI 308 standard on nine samples. The results, obtained according to the ASTM C39 standard, showed that immersion curing was the only method that allowed the concrete to reach and exceed the specified strength of 240 kg/cm² at 28 days, reaching 257.57 kg/cm². The other methods did not reach the required value. It is concluded that immersion curing guarantees compliance with the compressive strength under Manta's conditions; however, its implementation in construction sites is limited. Therefore, it is important to consider viable alternatives that maintain control and caution in their application.

Keywords: Compression, concrete curing, hydration, moisture, strength

Tabla de Contenido

Certificación de la Tesis.....	II
Aprobación del Tribunal.....	III
Declaración de Originalidad.....	IV
Declaración de Derecho del Autor.....	V
Dedicatoria y Agradecimiento.....	VI
Dedicatoria y Agradecimiento.....	VII
Resumen.....	VIII
Abstract.....	IX
Introducción.....	1
Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Metodología.....	5
Tipo de Investigación.....	5
Enfoque de Investigación.....	5
Diseño de Investigación.....	6
Muestra de estudio.....	6
Lugar de Estudio.....	7
Técnicas de recolección de información.....	7
Materiales de Estudio.....	8
Procedimientos.....	9

Marco Teórico.....	10
Definición del Hormigón.....	10
Componentes del hormigón.....	10
Cemento.....	10
Agregados finos.....	11
Agregados gruesos.....	11
Aditivos	12
Propiedades del Hormigón	12
Resistencia a la compresión del hormigón	13
Curva de Resistencia a la Compresión	15
Fraguado y endurecido del hormigón.....	16
Proceso de curado.....	17
Revisión de Métodos de Curado según ACI 308	18
Uso de agua para el curado del concreto	18
Métodos Basados en la Retención del Agua	22
Influencia del curado en la resistencia a la compresión	23
Factores que afectan la calidad del curado	24
Fabricación de probetas cilíndricas de hormigón	25
Tipos de fractura en las probetas de hormigón.....	26
Revisión de Normativas ACI y ASTM	27

Norma ACI 308	27
Norma ASTM C39	28
Norma ASTM C309	28
Resultados	29
Mezcla de hormigón 240 kg/cn ²	29
Métodos de curado	29
Resultados de ensayo de la resistencia a la compresión	30
Ensayo de resistencia - curado por hundimiento	30
Ensayo de resistencia - curado a la intemperie	31
Ensayo de resistencia - Curado con plástico	33
Ensayo de resistencia - Curado con arena	35
Ensayo de resistencia - curado con aspersores	36
Criterios de ASTM C309	38
Discusión de Resultados	40
Conclusiones	43
Recomendaciones	45
Bibliografía	46
Anexos	54

Índice de Tablas

Tabla 1 Diseño de hormigón 240 kg/cm ²	29
Tabla 2 Resultados de resistencia promedio (MPA) por método de curado por hundimiento	30
Tabla 3 Resultados de resistencia promedio (MPA) por método de curado a la intemperie	32
Tabla 4 Resultados de resistencia promedio (MPA) por método de curado con plástico	33
Tabla 5 Resultados de resistencia promedio (MPA) por método de curado con arena	35
Tabla 6 Resultados de resistencia promedio (MPA) por método de curado con aspersores	36
Tabla 8 Comparación mediante criterio ASTM C309	39

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1 Resistencia a la compresión del hormigón.....	15
---	----

Índice de Figuras

Figura 1 Lugar de estudio y obtención de la muestra	7
Figura 2 Materiales empleados en el vaciado de hormigón.....	8
Figura 3 Etapas de la investigación	9
Figura 4 Compresión de hormigón.	14
Figura 5 Curva de resistencia a la compresión en hormigón.....	16
Figura 6 Cilindros de hormigón en tina de curado por inmersión de agua.....	19
Figura 7 Tina de curado por rociadores.	20
Figura 8 Curado con Arena.....	21
Figura 9 Curado a la intemperie sin cobertura.....	22
Figura 10 Curado mediante película de plástico.....	23
Figura 11 Tipos de fractura en ensayos de compresión.....	27
Figura 12 Valores de resistencia por edad obtenidos con curado por hundimiento	31
Figura 13 Valores de resistencia por edad obtenidos con curado a la intemperie	33
Figura 14 Valores de resistencia por edad obtenidos con curado con plástico.....	34
Figura 15 Valores de resistencia por edad obtenidos con curado con arena	36
Figura 16 Valores de resistencia por edad obtenidos con curado con aspersores	37
Figura 17 Curva de resistencia a la compresión por diferentes métodos de curado	38

Introducción

El hormigón es uno de los materiales de construcción más esenciales y versátiles en el ámbito de la ingeniería civil debido a su durabilidad, adaptabilidad y capacidad para ser moldeado en múltiples formas y tamaños (Latorre, 2024). Desde su invención y evolución a lo largo de las décadas, el hormigón ha experimentado mejoras significativas que han optimizado sus propiedades mecánicas, especialmente en términos de resistencia a la compresión y durabilidad en condiciones ambientales diversas (Ghous et al., 2021). Estas características han consolidado su uso en infraestructuras críticas como puentes, edificios, carreteras y presas, donde la resistencia y la estabilidad estructural son fundamentales para la seguridad y la funcionalidad a largo plazo (García y López, 2019; Smith, Brown, y Lee, 2020). A pesar de los avances en la tecnología de materiales, las condiciones específicas del lugar donde se emplea el hormigón pueden afectar su desempeño, y factores como el clima, la humedad y la salinidad son determinantes en el éxito del proceso de curado (American Concrete Institute [ACI], 2016).

En Ecuador, el uso del hormigón ha sido ampliamente adoptado en la industria de la construcción gracias a su resistencia, disponibilidad y a las condiciones favorables de sus componentes básicos, como el cemento, los agregados y el agua. La resistencia a la compresión es una de las propiedades más relevantes del hormigón, pues indica la capacidad del material para soportar cargas sin colapsar o deteriorarse prematuramente. En el contexto ecuatoriano, esta resistencia se mide en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), un estándar local que se diferencia de la medida internacional en megapascuales (MPa), lo cual refleja la adaptación del hormigón a las especificaciones y necesidades de la construcción en Ecuador (Mendoza y Torres, 2018). Esta particularidad es especialmente importante en áreas donde las condiciones ambientales influyen en el comportamiento del hormigón, como es el caso de Manta, una ciudad costera ubicada en la provincia de Manabí.

Manta es una ciudad ubicada en la zona costera del país, por lo que enfrenta un clima tropical seco y un alto índice de salinidad por estar frente al mar (Macías, 2023). Estas condiciones, típicas de un ambiente costero, presentan desafíos específicos para el curado del hormigón, ya que la exposición a altas temperaturas y la proximidad al mar pueden afectar el proceso de hidratación necesario para que el material alcance su resistencia óptima (Jiménez & Ordoñez, 2021); un curado adecuado es crítico en ambientes de alta salinidad, ya que esta puede acelerar el deterioro del hormigón si no se implementan técnicas de curado eficaces (Gómez y Martínez, 2018).

En la práctica, la normativa ACI 308 del American Concrete Institute es ampliamente utilizada como referencia para el curado del hormigón. Sin embargo, esta normativa fue desarrollada en contextos específicos, predominantemente en Estados Unidos, y podría no ser completamente aplicable a las condiciones locales de Manta, dadas las diferencias en el clima, los materiales y las técnicas de construcción disponibles (ACI, 2016; González y Pérez, 2020).

El Consejo Provincial de Manabí (2015) ha señalado en sus informes oficiales la importancia de adaptar las normativas internacionales a las condiciones locales de la región, puesto que, en regiones costeras expuestas a temperaturas altas, el curado inadecuado del hormigón puede resultar en una disminución drástica de su resistencia a la compresión, aumentando el riesgo de fallas estructurales prematuras y el deterioro acelerado de las construcciones (Jiménez y Ordoñez, 2021).

Ante esta problemática, la presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la efectividad de diferentes métodos de curado en la resistencia a la compresión del hormigón de 240 kg/cm² en el campus de la PUCE, sede Manta, en Manta, Manabí. Esta evaluación incluye métodos de curado como: aspersión, inmersión, exposición al ambiente y protección con plástico y arena, con el fin de identificar cuál de estos métodos es más efectivo en un contexto costero y

tropical. El estudio aplica un enfoque experimental, sometiendo cilindros de hormigón a diferentes condiciones de curado y evaluando su resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días de curado, lo cual permite obtener datos precisos sobre el impacto de cada método en las condiciones ambientales locales (Jiménez y Ordoñez, 2021). Esta investigación no solo pretende contribuir con recomendaciones específicas para optimizar las prácticas de curado del hormigón en Manta, sino que también busca generar un conocimiento aplicable en zonas con condiciones climáticas similares.

Al adaptar las normativas internacionales a las condiciones locales y proporcionar directrices basadas en datos empíricos, se espera que los resultados de esta investigación sean de gran utilidad para ingenieros y constructores que trabajan en la región costera de Ecuador. Y que en futuras investigaciones sirva como referente de revisión de la influencia de los factores climáticos en propiedades del hormigón como la permeabilidad y la resistencia a la compresión; aspectos fundamentales para garantizar la durabilidad de estructuras sometidas a condiciones ambientales desafiantes.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la efectividad de los métodos de curado de la norma ACI 308 en la resistencia a la compresión del hormigón de 240 kg/cm² de los edificios de la PUCE sede Manabí, campus Manta.

Objetivos Específicos

Definir los métodos de curado para hormigón 240 kg/cm² estipulados por la norma ACI 308.

Evaluar el impacto de los distintos métodos de curado en la resistencia a la compresión del hormigón de 240 kg/cm², de acuerdo con las normas ACI.

Comparar los resultados del análisis de resistencia a la compresión del hormigón de 240 kg/cm², de los cilindros obtenidos de un mismo mixer de la obra en la PUCE Sede Manabí Campus Manta, sometidos a diferentes tipos de curado conforme a la norma ACI 308, utilizando los criterios de evaluación establecidos por la norma ASTM C309.

Metodología

Tipo de Investigación

El presente proyecto de investigación fue formulado bajo un tipo de investigación aplicada y descriptiva. Según Arias (2020) la investigación aplicada aborda problemas prácticos y se apoya en los conocimientos de la investigación básica para resolver un problema y mejorar las circunstancias o mejorar la calidad de vida en el mundo real. Tiene como objetivo detallar las características, propiedades y rasgos más relevantes del fenómeno estudiado para lograr describir el objetivo de estudio. En este caso, la investigación aplicada permitió poner en práctica herramientas científicas para estudiar la resistencia a la compresión del hormigón en las muestras de probetas seleccionadas a fin de determinar que los procesos de curado aplicados en las probetas cumplen con los requerimientos solicitados en la normativa ACI308 y ASTM C309.

Así mismo, se utilizó un tipo de investigación descriptiva, según Hernández et al. (2018) este tipo de investigación se utiliza para describir un fenómeno, situación, evento, o un contexto de la naturaleza en el cual se recolecta información para lograr describir el objeto de estudio. En este caso, se manifestó la descripción de los resultados obtenidos al aplicar los diferentes métodos de curados proporcionados por la ACI308 a las probetas seleccionadas.

Enfoque de Investigación

El enfoque de investigación utilizado fue cuantitativo, según Hernández et al. (2018) este enfoque se centra en la recolección de datos a través de procedimientos estandarizados y permitidos por la comunidad científicos, puesto que los datos que se obtiene provienen de mediciones y se simbolizan mediante números. En este estudio, se aplicaron procedimientos estandarizados a través de la normativa ACI308 para realizar el curado de las probetas

seleccionadas, también se utilizó la normativa ASTM C39 para ensayar las probetas y obtener finalmente el resultado a la compresión de las mismas.

Diseño de Investigación

Se utilizó un diseño de investigación experimental, el mismo que, según Guevara et al. (2020) consiste en un proceso sistemático en el cual el investigador manipula sus variables de estudio (una o más) controlando cualquier cambio en otras variables. En este caso fue utilizado para evaluar los diferentes tipos de curado mediante nueve cilindros pequeños durante 3, 7 y 28 días según lo indicado en la normativa ACI 308. También se llevó a cabo las pruebas de resistencia a compresión del hormigón para evaluar la capacidad de carga y determinar el punto de falla.

Muestra de estudio

En este estudio, la muestra corresponde a 45 cilindros de hormigón diseñados con la mezcla de hormigón de 240 kg/cm², dosificación que fue proporcionada por la universidad como parte de la construcción de las edificaciones del campus Manta, sede Manabí. La universidad estableció los valores de dosificación adecuados, considerando normas locales e internacionales para asegurar el cumplimiento de los requisitos de resistencia y durabilidad en un ambiente costero.

El diseño de la mezcla incluyó una relación controlada de agua-cemento, agregados seleccionados y aditivos que favorezcan la resistencia y reduzcan la porosidad del hormigón, protegiéndolo de los agentes agresivos propios del entorno marino. Esta preparación asegura que el hormigón cumpla con los parámetros estructurales y de durabilidad necesarios para la infraestructura en condiciones costeras.

Lugar de Estudio

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Manabí, en el laboratorio de suelos de la carrera de ingeniería civil de la PUCE Sede Manabí Campus Manta.

Figura 1

Lugar de estudio y obtención de la muestra



Nota. La PUCE con sede en Manta, ubicada en el sector Gavilanes, barrio Jesús de Nazareth.

Técnicas de recolección de información

Observación: Según castellanos (2017) esta técnica implica la examinación de aspectos con la finalidad de obtener información esencial para la investigación. Fue necesario en este estudio aplicar la técnica de observación en los métodos de curado aplicados en los cilindros y en el ensayo de resistencia a la compresión con el fin de realizar una descripción correcta de los resultados.

Laboratorio: La utilización del laboratorio fue sustancial para la realización de los diferentes métodos de curados proporcionados en la ACI308, entre los cuales se emplearon: curado por inmersión o hundimiento, a la intemperie sin cobertura, con película de plástico, por

arena, por aspersores o nebulizador, utilizando 9 probetas ensayadas para cada tipo de curado. Así mismo, a través del ensayo explicado en la normativa ASTM C39, se pudo determinar la curvatura de resistencia a la comprensión de las probetas estudiadas.

Medición: A través de la técnica de la medición se obtuvieron datos y registros de los métodos de curado y el ensayo realizado para medir la resistencia a la comprensión de las probetas estudiadas.

Materiales de Estudio

Los materiales empleados fueron agua, cemento, grava y arena, tal como se realiza en un diseño de hormigón convencional dado que es el diseño de hormigón de la empresa UCEM. En la Figura 2 se presenta los materiales utilizados para el vaciado del hormigón en los cilindros:

Figura 2

Materiales empleados en el vaciado de hormigón



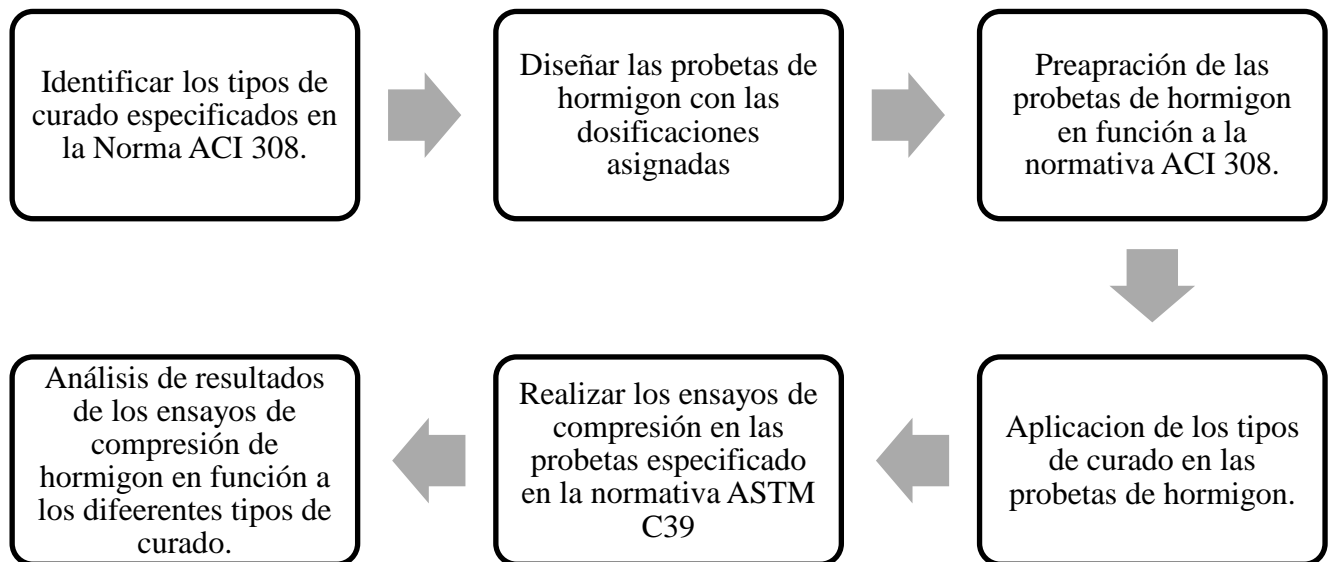
Nota. Los materiales empleados permitieron el desarrollo de un correcto proceso de vaciado.

Procedimientos

El presente estudio conlleva diversas etapas que van desde la identificación de los tipos de curado, hasta el análisis de los resultados del ensayo a la compresión. En la Figura 3 se describen las etapas contempladas para el desarrollo investigativo.

Figura 3

Etapas de la investigación



Nota. El proceso de la investigación consta de seis etapas bien definidas, a fin de obtener la información necesaria para definir que método de curado es más efectivo al asegurar una alta resistencia a la compresión del hormigón.

Marco Teórico

Definición del Hormigón

El hormigón es un material compuesto esencial en la construcción, compuesto por cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015).

El hormigón ha destacado en el sector de la construcción, debido a la capacidad que posee para resistir esfuerzos e tensión y compresión, lo que lo convierte en un material indispensable para varios proyectos de construcción, y lo coloca en el mercado como un elemento competitivo en cuanto a economía y durabilidad (Acosta, 2022).

Según Salinas et al. (2023) el hormigón es un material artificial que ofrece varias ventajas debido a su composición que le permite llegar a un estado de dureza, alcanzando una resistencia requerida según su uso en la construcción, desde el momento en que se mezcla, se considera que el hormigón está en estado fresco, condición que persiste hasta que el cemento empieza a endurecer y la mezcla pierde su plasticidad

Componentes del hormigón

Cemento

El cemento en el hormigón es un aglutinante hidráulico que, al mezclarse con agua, reacciona químicamente para formar una pasta que une los agregados finos y gruesos y les otorga cohesión. Al endurecerse, el cemento proporciona resistencia y durabilidad a la mezcla, permitiendo la formación de estructuras estables. El cemento Portland es el tipo más comúnmente utilizado en la elaboración de hormigón (León et al., 2020).

El cemento se obtiene a partir de la calcinación de materiales como carbonato de calcio, óxido de aluminio, sílice y óxido de hierro, a altas temperaturas. Entre sus principales características destacan su resistencia a la invasión química y a altas temperaturas, además, su

aspecto es un polvo fino de color gris o blanco (Organización Iberoamericana de Seguridad Social [OISS], 2019).

Agregados finos

Para el agregado fino, existen especificaciones en la Norma INEN 872:2011, donde se establece que, la arena puede ser de origen natural, procesada o una combinación de ambos, además, su módulo de finura puede ser máximo 3.1 y mínimo 2.3 según la ASTM C33, estos materiales deben ser dosificados adecuadamente para asegurar que la mezcla sea trabajable y cohesione con los demás materiales (Solórzano et al., 2024).

El agregado fino es un producto granular que se origina de la roca volcánica triturada y que pasa por el tamiz 3/8" (Holcim Ecuador, 2020). El agregado fino es un componente importante del hormigón representando aproximadamente el 40% total de agregados, por lo que, su selección debe considerar características como textura, absorción, contenido de humedad, módulo de finura y gravedad específica, ya que estas propiedades influyen significativamente en el desempeño del material, tanto en su estado fresco como endurecido (Solórzano et al., 2024).

Parrales et al. (2023) menciona que, la elección adecuada de los agregados junto con una composición óptima, es fundamental para obtener una mezcla de hormigón de alta calidad y buen rendimiento.

Agregados gruesos

El término agregado grueso hace referencia a gravas o piedra triturada, cuyas partículas tienen un tamaño superior a 5 mm, llegando hasta un diámetro nominal de 38 mm (Jiménez y Ordóñez, 2021). La proporción del agregado grueso varía según los contenidos de vacío y el diseño de mezcla del hormigón, influenciando directamente en la permeabilidad de cada una de las muestras de hormigón que se analicen (García et al., 2023).

Los agregados gruesos se seleccionan considerando su cumplimiento con la NTE INEN 872, que equivale a ASTM C33. Los agregados deben ser partículas duras y resistentes, capaces de resistir el congelamiento y los efectos de los agentes atmosféricos, además, deben estar libres de impurezas como materia orgánica, arcilla, partículas livianas y contaminantes como cloruros, así mismo, no deben reaccionar con los álcalis y contar con una correcta gradación en tamaño (Cruz y Ramírez, 2022).

Aditivos

Según la Norma ASTM C125, los aditivos son elementos diferentes a los compuestos principales que conforman el concreto, que se agregan antes y durante el proceso de mezclado, con el objetivo de modificar las características de la mezcla, en base a las exigencias de diseño (Jiménez y Ordóñez, 2021).

Los aditivos para hormigón se clasifican principalmente en reductores de agua y superplastificantes; los primeros disminuyen la cantidad de agua necesaria en la mezcla, mejorando la hidratación del cemento y aumentando la resistencia inicial como la final, además, pueden acelerar o retardar el fraguado del cemento sin afectar la resistencia final; por otro lado, los superplastificantes permiten reducir el contenido de agua, mejorar la trabajabilidad de la mezcla y lograr hormigones de alta resistencia (León y Rodríguez, Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte, 2022).

Propiedades del Hormigón

Las propiedades del hormigón dependen significativamente del control de calidad y la proporción de estos materiales. El hormigón se describe como un material similar a la piedra, formado por una mezcla cuidadosamente dosificada de cemento, arena, grava u otro agregado y agua, que se endurece en moldes con la forma y dimensiones deseadas (Nilson, 2019).

La principal característica estructural del hormigón es su alta resistencia a los esfuerzos de compresión, aunque presenta una baja capacidad para resistir esfuerzos de tracción, flexión y cortante, por esto, suele combinarse con refuerzos de acero, los cuales permiten soportar dichos esfuerzos en situaciones donde el hormigón, por sí solo, no resulta eficiente (Salinas et al., 2023).

El hormigón destaca por sus propiedades como la compresión, durabilidad y trabajabilidad, que se pueden mejorar mediante la inclusión de aditivos, acelerante y superplastificantes, que proporcionan beneficios en la calidad del material al controlar el tiempo de fraguado, aumentar la cohesión y la uniformidad de la mezcla, así como su colocación al aumentar el asentamiento (Mora et al., 2023).

Las propiedades del hormigón dependen de manera significativa del control de calidad y de la proporción de los materiales en la mezcla. De acuerdo con la normativa internacional *ACI 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete*, el control de calidad en la proporción de la mezcla, así como la adecuada hidratación y el curado, son factores esenciales para lograr una resistencia y durabilidad óptimas en el hormigón, especialmente en aplicaciones estructurales críticas (American Concrete Institute [ACI], 2019, p. 5).

Resistencia a la compresión del hormigón

La compresión se conoce como la capacidad de resistir una carga aplicada por unidad de área, que se expresa como un esfuerzo, generalmente en unidades como el kg/cm^2 o MPa, en otros casos en libras por pulgada cuadrada (psi) (Tierra et al., 2020).

La resistencia a la compresión es el principal parámetro empleado por los ingenieros en el diseño de edificaciones y estructuras, la cual se determina fracturando probetas cilíndricas de concreto con una máquina de ensayos de compresión y calculando el valor al dividir la carga de fractura entre el área de la sección que la soporta (Narváez y Orellana, 2024).

Para medir la compresión, se realiza un ensayo que permite evaluar la resistencia a la compresión especificada ($f'c$) en probetas cilíndricas, un proceso crítico para determinar la capacidad estructural del hormigón. Este ensayo se realiza generalmente a los 28 días, siguiendo procedimientos estandarizados como los especificados en las normas American Society for Testing and Materials - ASTM C39 para moldeado de cilindros y ASTM C617 para el refrentado de las probetas, según los lineamientos de la American Concrete Institute - ACI 318 (ACI, 2019, p. 20)

Según el ACI (2019), el ensayo se aplica tanto a hormigones utilizados en obra como a muestras obtenidas en laboratorio, resulta esencial para asegurar la resistencia del material bajo cargas de servicio, lo cual es fundamental para la durabilidad y seguridad estructural en aplicaciones de alta carga y exposición. El ensayo de compresión permite determinar la resistencia a la compresión ($f'c$) de muestras cilíndricas de concreto, ya sean moldeadas en laboratorio o en campo, u obtenidas mediante la extracción de núcleos. Este método se aplica a concretos con un peso unitario superior a 800 kg/m^3 ASTM C39. El ensayo de compresión de hormigón se visualiza en la Figura 4.

Figura 4

Compresión de hormigón.



Nota. Máquina de ensayo universal con probeta sometida a fuerzas de compresión

Según laASTM (2019), la resistencia a la compresión en el hormigón se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$RC = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Donde:

RC= Resistencia a compresión de la probeta en kg/cm², de una similitud a 1 kg/cm².

P = Carga o esfuerzo máximo ejercido expresado en kg.

A = Denominada el área de la superficie oblicuo expresada en cm².

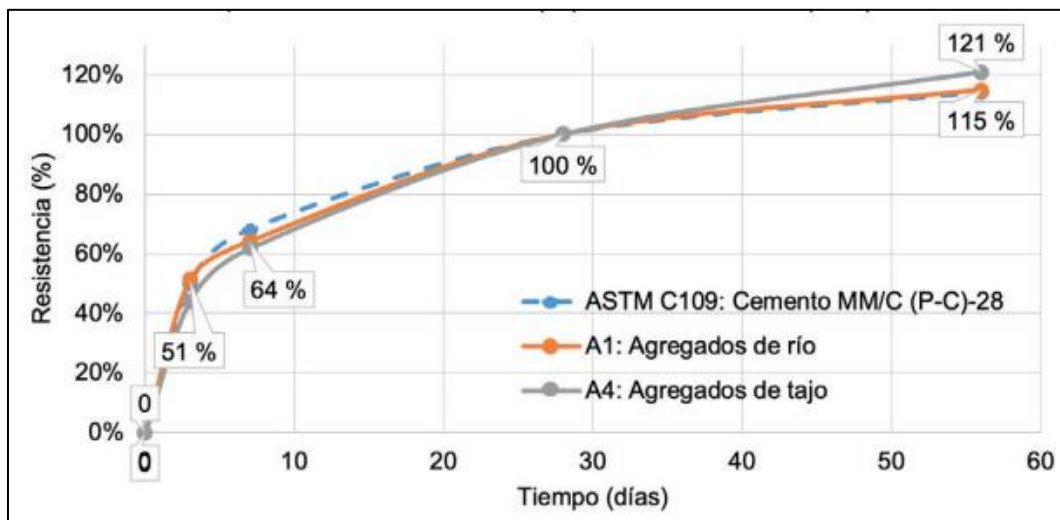
Curva de Resistencia a la Compresión

La curva de resistencia a la compresión del hormigón en diferentes tipos de curado es un gráfico que muestra cómo evoluciona la resistencia a la compresión del hormigón con el tiempo bajo distintas condiciones de curado. El curado se refiere al proceso de mantener el hormigón húmedo y a una temperatura adecuada para facilitar su endurecimiento y desarrollo de resistencia (American Concrete Institute [ACI], 2019, p. 43).

El gráfico permite comparar cómo influyen las diferentes técnicas de curado en el desarrollo de la resistencia del hormigón a lo largo del tiempo. Esto es importante para seleccionar el método de curado más adecuado según las condiciones específicas de la obra y las necesidades de resistencia del hormigón. A continuación, en la Figura 5 se presenta un ejemplo de curva de resistencia en especímenes de hormigón, realizados por Hernández et al. (2019)

Figura 5

Curva de resistencia a la compresión en hormigón.



Nota. Tomado de resistencia a compresión versus tiempo de curado en concreto hidráulico a partir de cementos modificados, por Hernández et al. (2019).

Fraguado y endurecido del hormigón

El fraguado del hormigón es un proceso químico que transforma la mezcla de cemento, agua y agregados en una estructura sólida y resistente. Durante esta etapa, el cemento, compuesto por silicatos y aluminatos, reacciona con el agua en un fenómeno llamado hidratación. Este proceso genera calor, lo que acelera las reacciones químicas y promueve la formación de cristales de hidrato de calcio, responsables de la resistencia y durabilidad del material (Núñez, 2024).

El proceso de fraguado inicia desde que se agrega agua a la pasta de cemento hasta que esta pierde su viscosidad, es decir, cuando la pasta se comienza a endurecer. El fraguado se divide en dos fases: el tiempo de fraguado inicial, cuando la pasta se vuelve semidura y parcialmente hidratada, y el tiempo de fraguado final, cuando la pasta ya no es deformable, volviéndose rígida y resistente, y el proceso de endurecimiento continúa mientras adquiere resistencia (Rocha, 2024).

El control del fraguado del hormigón depende de factores como la proporción adecuada de agua, ya que un exceso debilita el material y una insuficiencia afecta la hidratación del cemento. Asimismo, es crucial regular la temperatura, ya que temperaturas extremas pueden comprometer la calidad. En climas fríos se emplea calor para acelerar el fraguado, mientras que en climas cálidos se recurre al enfriamiento para evitar un endurecimiento prematuro (Núñez, 2024).

Proceso de curado

El curado es el conjunto de acciones destinadas a proporcionar las condiciones adecuadas para la hidratación del cemento en hormigones y morteros, asegurando el mantenimiento de la humedad durante el fraguado y el primer período de endurecimiento, este realizarse mediante riego o el uso de materiales que retengan la humedad, sin afectar negativamente al material (Manobanda, 2013).

El curado es un factor crucial en la construcción de estructuras de hormigón, ya que garantiza las condiciones necesarias de humedad y temperatura para que el material desarrolle plenamente sus propiedades (Zambrano et al., 2022).

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Estructuras de Hormigón Armado (NEC-SE-HM, 2015), las superficies expuestas de hormigón con cemento hidráulico deben mantenerse húmedas durante el tiempo especificado en el proyecto; en caso de no indicarse, se recomienda un período mínimo de 5 a 7 días; esto demuestra la importancia del curado del hormigón, ya que este proceso contribuye a mantener la humedad en las estructuras, mejorando su calidad y prolongando su vida útil (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

En Ecuador, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 3124:2017 es aquella que establece métodos de curado para prevenir la evaporación del agua en el hormigón fresco, en esta se disponen las recomendaciones para cubrir los especímenes inmediatamente con materiales no

reactivos, impermeables y durables que deben mantener la superficie fresca y hasta retirar los especímenes de los moldes (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2017).

Revisión de Métodos de Curado según ACI 308

El curado del hormigón es crucial para su desarrollo de resistencia y durabilidad a largo plazo. Según la ACI 308 R (2012), el curado se define como el proceso mediante el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y desarrolla sus propiedades mecánicas características en estado endurecido. Este proceso puede incluir diversas acciones que proporcionen las condiciones adecuadas para la hidratación del cemento en concretos y morteros (American Concrete Institute [ACI], 2019).

Según Mehta y Monteiro (2014), el proceso de curado indicado en ACI 308 R (2012) implica mantener la humedad y temperatura adecuadas en el concreto, ya que esto permite que la hidratación y el desarrollo de la resistencia continúen de manera óptima.

Según la Norma ACI 308, existen diferentes materiales, métodos y procedimientos para el curado del concreto, pero todos buscan mantener las condiciones de humedad y temperatura necesarias para desarrollar las propiedades deseadas, en ellas se especifican dos métodos principales para lograr un contenido adecuado de humedad, primero bajo la aplicación continua de agua mediante anegamiento, aspersión, vapor o cubiertas de materiales saturados como mantas, arena o paja, y segundo a través de la prevención de la pérdida excesiva de agua mediante el uso de materiales impermeables, como hojas de plástico (American Concrete Institute, 2016). Allí, se detallan varios tipos de curados, que se describen a continuación.

Uso de agua para el curado del concreto

Bajo el sistema de agua para el curado del concreto, se presentan varios procedimientos, tales como.

Por inmersión o hundimiento: Este método, aunque altamente efectivo, presenta desafíos prácticos debido a la necesidad de sumergir completamente el componente de concreto (American Concrete Institute, 2019). La inmersión garantiza una hidratación completa del cemento, lo que resulta en una mayor resistencia y durabilidad del concreto (Neville, 2011).

La característica principal de este método es la inmersión completa de manera continua, un procedimiento que asegura que la humedad suministrada al concreto sea constante, favoreciendo en gran medida la hidratación, y, por ende, un desarrollo óptimo de la resistencia y mejora de las propiedades mecánicas de los elementos de concreto (Salinas y Flores, 2024)

Figura 6

Cilindros de hormigón en tina de curado por inmersión de agua.



Nota. Cilindros de hormigón sometidos a curado por inmersión total en agua, realizado por estudiantes.

Por aspersores o nebulizador: La aspersión o nebulización es un método efectivo para proteger el concreto fresco del secado superficial prematuro cuando se aplica correctamente y de forma continua. Este sistema, que utiliza una boquilla especial para atomizar el agua en una niebla fina, crea una capa de humedad sobre el concreto que reduce la tasa de evaporación y mantiene la superficie protegida (American Concrete Institute, 2019).

Para lograr resultados óptimos, es fundamental emplear agua libre de impurezas y mantener la temperatura por encima del punto de congelación, lo cual minimiza el riesgo de fisuras en el concreto (Neville, 2011; Mindess et al., 2003).

Este método es especialmente efectivo cuando la temperatura ambiental es significativamente superior al punto de congelación, ya que permite que se forme una película de humedad sobre la superficie del concreto, favoreciendo su hidratación, por otro lado, el uso de aspersores de jardín resulta eficiente cuando no hay limitaciones en el consumo de agua, aunque es necesario considerar el costo de bombeo y si supera el costo, se podría optar, el uso de mangueras para humedecer superficies de manera uniforme y continua (ACI, 2016).

Figura 7

Tina de curado por rociadores.



Nota. Estudiantes aplicando agua mediante aspersión a cilindros de hormigón.

Curado con Arena: Este método consiste en cubrir la superficie del concreto con una capa de arena. La capa de arena debe ser lo suficientemente gruesa para retener el agua de manera uniforme sobre toda el área a curar.

Es importante que la arena utilizada cumpla con la norma ASTM C33/C33M o con especificaciones similares, lo que asegura la eliminación de materiales perjudiciales en el agregado fino. Esto reduce el riesgo de daños en la superficie del hormigón, que pueden ser causados por componentes no deseados como materiales arcillosos, carbón y lignito.

Figura 8

Curado con Arena.



Nota. Cilindros de hormigón sumergidos en bañera llena de arena húmeda, como proceso de curado.

Curado a la intemperie sin cobertura: El curado de concreto expuesto al ambiente sin la aplicación de coberturas implica mantener la superficie húmeda de manera continua mediante métodos como el rociado de agua, nebulización o la creación de estanques de agua sobre la superficie del concreto.

Este método es eficaz en regiones donde se dispone de abundante agua y donde las condiciones climáticas, como viento y altas temperaturas, no favorecen una evaporación rápida. Según la normativa ACI 308, es esencial mantener la superficie del concreto húmeda durante el periodo crítico de curado para asegurar una hidratación adecuada y evitar fisuras por contracción plástica o una reducción en la resistencia del concreto. No obstante, este método puede ser menos

eficiente en áreas con alta exposición al sol o vientos intensos, ya que la evaporación rápida podría dificultar el mantenimiento de la humedad requerida.

Figura 9

Curado a la intemperie sin cobertura.



Nota. Cilindros de hormigón seleccionados para ser sometidos a proceso de curado a la intemperie.

Métodos Basados en la Retención del Agua

Película de plástico: Este método de curado, es sugerido por la Norma Técnica Ecuatoriana expuesta por el INEN a fin de evitar la evaporación de agua del hormigón que aún se encuentra en estado fresco, por lo que se cubre de inmediato después del acabado con una película de plástico que sea resistente y que tenga la capacidad de impermeabilidad y durabilidad (Zambrano et al., 2022).

La película de plástico es un método de curado que protege el concreto de la deshidratación y ayuda a mantener el nivel de humedad necesario para su adecuada resistencia. Estas láminas plásticas deben aplicarse con precisión para evitar la formación de manchas en la superficie del concreto (American Concrete Institute [ACI], 2019, p. 78). Se recomienda que el grosor mínimo de la película plástica sea de 0.1 mm, y comúnmente se utilizan plásticos en colores blanco, transparente y negro. Los plásticos blancos reflejan la radiación solar, ayudando a

mantener temperaturas más estables, mientras que los plásticos negros absorben el calor, incrementando la temperatura del concreto, una ventaja en climas fríos o condiciones de baja temperatura (Mehta y Monteiro, 2014; Neville, 2011; Kosmatka y Wilson, 2016).

Figura 10

Curado mediante película de plástico.



Nota. Cilindros de hormigón seleccionados para ser sometidos a proceso de curado con plástico.

Influencia del curado en la resistencia a la compresión

El curado del hormigón tiene una influencia directa en sus propiedades mecánicas, puesto que, garantiza una hidratación adecuada del cemento, al mejorar su resistencia y durabilidad; todo esto es posible, debido a que mediante la aplicación de métodos de curado, este proceso se realiza en condiciones controladas, favoreciendo al aumento de la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión, lo que significa, que un curado adecuado, mantiene al hormigón constantemente húmedo y protegido, características esenciales para alcanzar su máximo desempeño mecánico (Quispe, 2021).

A pesar de que todos los métodos curado favorecen a la hidratación del concreto, en el Ecuador, los métodos más comunes de curado incluyen el rocío de agua sobre el concreto tres o cuatro veces al día, especialmente los primeros días después del desencofrado y el uso de

compuestos formadores de membrana para sellar la superficie y evitar la pérdida de agua, también se utiliza el celofán plástico para recubrir elementos estructurales en estado fresco, no obstante, este método genera dudas de su efectividad, debido a las pérdidas de agua por traslapes o roturas accidentales en el plástico durante la construcción (Alcívar et al., 2020).

La influencia de los métodos de curado no siempre es positiva para aumentar o lograr la resistencia a la compresión del hormigón requerida, ya que al aplicarse mal puede repercutir negativamente, por ejemplo, el curado por aspersión, aunque es sencillo, presenta el riesgo de generar un curado deficiente debido a la aplicación insuficiente, además de provocar erosión en la superficie si no se maneja adecuadamente; por otro lado, cuando se usan cubiertas absorbentes como el yute, estos podrían extraer la humedad interna del hormigón, afectando su resistencia y durabilidad (Zambrano et al., 2022).

Factores que afectan la calidad del curado

La calidad del curado del concreto puede verse afectada por factores que disminuyen su capacidad de resistencia, durabilidad y protección ante agentes externos, siendo uno de los principales, la falta de agua, que provoca que la capa externa del concreto sea más porosa y menos resistente, aumentando la probabilidad de desgaste precoz y permitiendo la penetración de agentes agresivos como la humedad, los cloruros y el dióxido de carbono (Alcívar et al., 2020).

Otros de los factores que afectan el proceso de curado, se relacionan con las proporciones de los materiales empleados, las condiciones ambientales durante el proceso de curado y los métodos aplicados para mantener la humedad y temperatura adecuadas (León y Rodríguez, Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte, 2022).

Las proporciones inadecuadas de materiales pueden limitar la capacidad del hormigón para desarrollar sus propiedades mecánicas, mientras que condiciones ambientales adversas, como temperaturas extremas o pérdida rápida de agua, comprometen la hidratación del cemento;

además los métodos de curado incorrectamente implementados, como materiales absorbentes no humedecidos de forma adecuada, pueden resultar en deficiencias en la resistencia (León y Rodríguez, 2022).

Fabricación de probetas cilíndricas de hormigón

Las probetas de hormigón son muestras cilíndricas fabricadas para evaluar las propiedades mecánicas del hormigón y representan el material en condiciones controladas, permitiendo medir su comportamiento ante esfuerzos de carga, deformaciones, y otras características como el módulo de elasticidad, la resiliencia y el coeficiente de Poisson, todo esto necesario para garantizar la calidad del hormigón en obra (Mendoza et al., 2019)

La fabricación de probetas de hormigón, así como el proceso de curado, transporte y almacenamiento se detalla en la norma ASTM C31 (ASTM, 2021). A continuación, se muestran los principales aspectos de la norma:

- *Preparación:* Los moldes, hechos de materiales resistentes como acero o PVC, deben tratarse con agentes desmoldantes. Se utilizan herramientas como varillas y mazos para compactar bien el hormigón.
- *Moldeo:* El hormigón se coloca en tres capas uniformes en los moldes, compactándolo con varillado y golpes laterales para eliminar burbujas de aire. Se deben aplicar 15 golpes por cada capa utilizando una varilla de compactación; estos golpes deben seguir un patrón espiral desde el borde hacia el centro. Luego se identifican las probetas y se protegen para evitar que exista pérdida de humedad.
- *Muestreo y manejo:* Las muestras deben tomarse aleatoriamente, ajustándose a criterios técnicos según el volumen de concreto. Es importante respetar los tiempos límite entre muestreo y moldeo para conservar la calidad en la mezcla.

- *Curado inicial y desmoldado:* En las primeras 24 horas, las probetas se mantienen bajo una temperatura y humedad controlada. Así mismo, es importante desmoldar con cuidado para preservar su integridad.
- *Curado final:* Posterior al desmoldado, las probetas se sumergen en agua a una temperatura ideal para garantizar que las propiedades del hormigón sean óptimas.
- *Ensayo y certificación:* Las probetas se evalúan normalmente a los 3, 7 y 28 días. Son los laboratorios quienes certifican la resistencia, y registran su peso y dimensiones.

Tipos de fractura en las probetas de hormigón

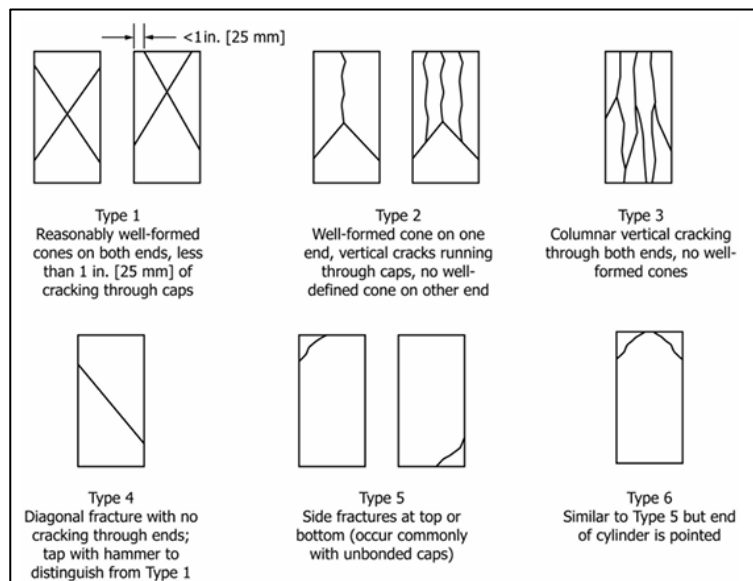
Al realizar el ensayo de resistencia a la compresión, mediante la aplicación de la carga, las probetas de hormigón al ser sometidas a presión, presentarán distintos tipos de fracturas, que según la norma ASTM C39 (2024), se clasifica en:

- Tipo 1, Conos bien formados en ambos extremos, con pocas rajaduras en las tapas
- Tipo 2. Cono bien formado en un extremo y rajaduras verticales que atraviesan las tapas, sin cono bien definido en el otro extremo
- Tipo 3. Agrietamiento vertical en columna en ambos extremos, sin conos bien formados
- Tipo 4. Fractura diagonal sin rajaduras en los extremos
- Tipo 5. Fracturas laterales en la parte superior o inferior
- Tipo 6. Similar al tipo 5, pero el extremo del cilindro es puntiagudo

Los tipos de fracturas que se obtienen al someter una probeta cilíndrica de hormigón, se visualizan en la Figura 11.

Figura 11

Tipos de fractura en ensayos de compresión



Nota. Tomado de Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, por ASTM (2024).

Revisión de Normativas ACI y ASTM

Norma ACI 308

La Norma ACI 308 proporciona una guía detallada sobre las prácticas, procedimientos, materiales y métodos de monitoreo para el curado externo del concreto, donde especifica los procedimientos de curado adecuados para diferentes tipos de proyectos, incluyendo estructuras, pavimentos y losas sobre el terreno, destacando las técnicas de curado más actuales y describe los métodos y materiales comúnmente aceptados en la industria, asegurando que el concreto alcance sus propiedades mecánicas y de durabilidad esperadas (American Concrete Institute, 2016).

El objetivo de la ACI 308 es garantizar que se mantengan las condiciones de humedad y temperatura necesarias durante el proceso de curado, lo que permite obtener un concreto de alta calidad y con una vida útil prolongada (American Concrete Institute, 2016).

Norma ASTM C39

El método estándar ASTM C39 evalúa la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de hormigón sometiéndolas a una carga de compresión axial a una velocidad predefinida hasta el punto de falla. La resistencia a la compresión se determina dividiendo la carga máxima soportada por el área de la sección transversal de la muestra. Este valor representa una propiedad física clave en el diseño estructural.

Dentro de las directrices de las normas ASTM C39 se guía los procesos de preparación, ensayo y registro de los resultados de cilindros de concreto, para medir su capacidad ante fuerzas axiales, se consideran las edades del concreto a los 3, 7 y 28 días, para tener la seguridad de que se cumple con los requisitos estructurales y de diseño (Delgado et al., 2020).

Aunque la resistencia a la compresión del hormigón se expresa comúnmente en megapascales (MPa) a nivel internacional, en Ecuador y otras regiones de América Latina se suele medir y reportar en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), una práctica que refleja usos locales, pero que se alinea con los estándares al utilizar unidades convertibles y reconocidas en la normativa internacional (ACI, 2019, p. 25).

Norma ASTM C309

La norma establece especificaciones para compuestos líquidos formadores de membranas, diseñados para aplicarse en superficies de concreto con el objetivo de reducir la pérdida de agua durante el periodo de endurecimiento inicial. Las membranas líquidas para el curado, están disponibles en variantes claras y pigmentadas de blanco, también pueden disminuir el aumento de temperatura en el concreto expuesto al sol. Son adecuados tanto para curar concreto fresco como para su posterior curado tras retirar los moldes o después de un curado inicial con humedad (ASTM, 2019).

Resultados

Mezcla de hormigón 240 kg/cm²

Para que la mezcla de hormigón alcance una resistencia de 240 kg/cm² es necesario tener una dosificación específica de los materiales. Se presenta en la Tabla 1 la dosificación de los materiales para 1 m³ empleada en el hormigón de los edificios de la PUCE con sede en Manta-Manabí.

Tabla 1

Diseño de hormigón 240 kg/cm²

Descripción	Dosificación 1 m ³			
	Pesos (kg)	%	Densidad	Volumen (Peso / Densidad)
Piedra # 1/2 Uruzca vci	1063	42.87	2.785	381.7
Arena Colimes	832	33.56	2.634	315.9
Cemento RMX	360	14.52	3.000	120.0
Eucon wr 66	3.20	0.13	1.14	2.8
Eucon 36	2.10	0.08	1.18	1.8
Agua	219	8.83	1.000	219.0

Nota. Dosificación de materiales para 1 m³ de hormigón con resistencia de 240 kg/cm²

Métodos de curado

Los métodos de curado para el hormigón con una resistencia de 240 kg/cm², estipulados por la norma ACI 308, comprenden diversas técnicas diseñadas para mantener condiciones óptimas de humedad y temperatura en el hormigón. En esta investigación, se emplearon los siguientes métodos de curado, que fueron definidos previamente en apartados anteriores:

1. Por inmersión o hundimiento: Consiste en sumergir completamente las probetas en agua para asegurar una hidratación continua durante el proceso de fraguado y endurecimiento.

2. A la intemperie sin cobertura: Las probetas de hormigón se exponen directamente a las condiciones ambientales de la zona.
3. Con película de plástico: Se cubren las probetas con una película plástica impermeable para reducir la pérdida de humedad por evaporación.
4. Por arena: Las probetas son parcialmente enterradas en arena húmeda, lo que ayuda a mantener un nivel constante de humedad alrededor del hormigón.
5. Por aspersores o nebulizador: Consiste en la aplicación periódica de agua mediante un sistema de riego por aspersión.

Resultados de ensayo de la resistencia a la compresión

Ensayo de resistencia - curado por hundimiento

Para el método de curado por hundimiento se utilizaron nueve probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron sometidas al ensayo de resistencia por compresión en diferentes edades (3, 7 y 28 días) como se visualiza en el Anexo 1; obteniendo una resistencia promedio a los 28 días de 25,26 MPa, que, mediante conversión, equivale a 257,58 kg/cm². Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Resultados de resistencia promedio (MPa) por método de curado por hundimiento

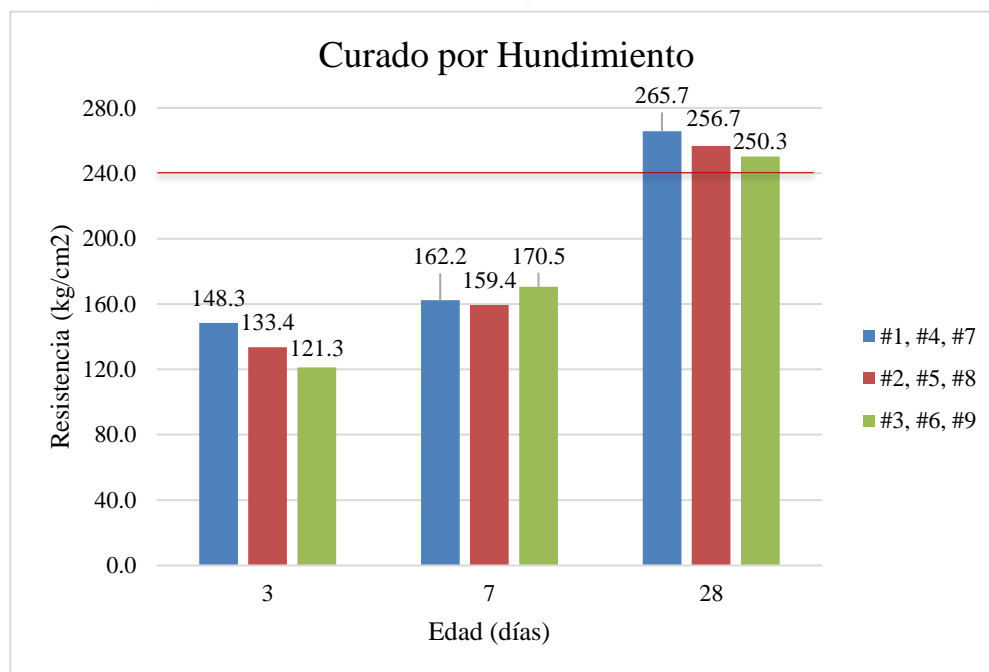
Cilindro N°	Resistencia especificada (MPa)	Edad (días)	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)	Resistencia individual (MPa)	Resistencia promedio (MPa)	% de desarrollo	Tipo de falla
1	23.53	3	3855	10.00	20.20	114.30	14.55			2
2	23.53	3	3802	10.10	20.20	104.80	13.09	13.18	56.00	5
3	23.53	3	3817	10.20	20.10	97.20	11.89			5
4	23.53	7	3756	10.00	20.20	125.0	15.91			2
5	23.53	7	3803	10.00	20.20	122.80	15.63	16.09	68.40	5
6	23.53	7	3865	10.00	20.20	131.30	16.72			3
7	23.53	28	3818.1	10.10	20.30	208.80	26.06	25.26	107.40	5
8	23.53	28	3749.6	10.10	20.20	201.70	25.17			3

Nota. Resultados de resistencia a la compresión individual y promedio en probetas de hormigón sometidas a curado por hundimiento, y tipo de falla obtenida en ensayo.

En la Figura 12 se puede apreciar gráficamente los valores de resistencias a la compresión en kg/cm^2 obtenidas mediante el ensayo en las distintas probetas sometidas a diferentes edades de curado. Es importante destacar que, mediante el curado por hundimiento, a una edad de 28 días, las tres probetas cilíndricas de hormigón ensayadas superaron el valor requerido de resistencia en el diseño, evidenciando la eficacia de este método de curado, para mantener la humedad e hidratación en las muestras de concreto.

Figura 12

Valores de resistencia por edad obtenidos con curado por hundimiento



Nota. Representación de resultados de resistencia a la compresión individual en probetas de hormigón sometidas a curado por hundimiento.

Ensayo de resistencia - curado a la intemperie

Para el método de curado a la intemperie se utilizaron nueve probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron sometidas al ensayo de resistencia por compresión en diferentes

edades (3, 7 y 28 días) como se visualiza en el Anexo 2; obteniendo una resistencia promedio a los 28 días de 17,63 MPa, que, mediante conversión, equivale a 179,78 kg/cm². Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Resultados de resistencia promedio (MPa) por método de curado a la intemperie

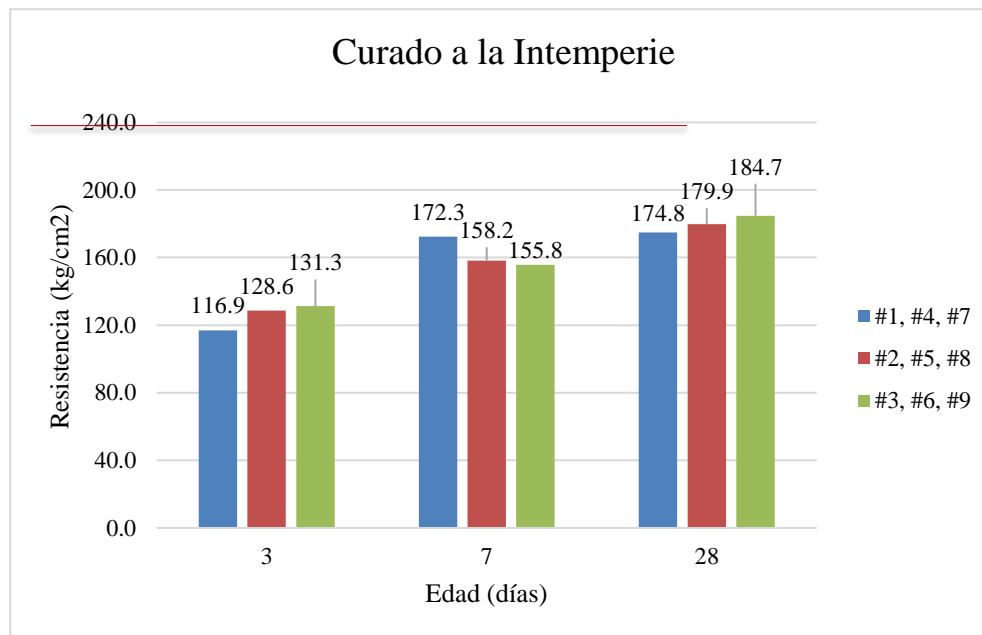
Cilindro N°	Resistencia especificada (MPa)	Edad (días)	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)	Resistencia individual (MPa)	Resistencia promedio (MPa)	% de desarrollo	Tipo de falla
1	23.53	3	3517	10.00	20.0	90.0	11.46			2
2	23.53	3	3520	10.00	20.0	99.0	12.61	12.32	52.3	2
3	23.53	3	3583	10.00	20.0	101.1	12.88			5
4	23.53	7	3563	10.00	20.0	132.7	16.90			4
5	23.53	7	3558	10.00	20.0	121.9	15.52	15.90	67.6	4
6	23.53	7	3501	10.00	20.0	120.0	15.28			5
7	23.53	28	3616.4	10.00	20.00	134.6	17.14			5
8	23.53	28	3624.2	10.00	20.00	138.5	17.64	17.63	74.9	5
9	23.53	28	3671.9	10.00	20.00	142.3	18.12			5

Nota. Resultados de resistencia a la compresión individual y promedio en probetas de hormigón sometidas a curado a la intemperie, y tipo de falla obtenida en ensayo.

Se visualiza en la Figura 13 que los valores de resistencia no varían mucho con la edad a través del curado a la intemperie; a los 28 días las probetas de concreto ensayadas no se acercaron al valor de resistencia a la compresión que se requería, estableciendo a este método como deficiente al momento de mantener la hidratación del hormigón.

Figura 13

Valores de resistencia por edad obtenidos con curado a la intemperie



Nota. Representación de resultados de resistencia a la compresión individual en probetas de hormigón sometidas a curado a la intemperie.

Ensayo de resistencia - Curado con plástico

Para el método de curado con plástico también se utilizaron nueve probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron sometidas al ensayo de resistencia por compresión en diferentes edades (3, 7 y 28 días) como se visualiza en el Anexo 3; obteniendo una resistencia promedio a los 28 días de 20,67 MPa, que, mediante conversión, equivale a 210,77 kg/cm². Los resultados se muestran en la Tabla 4

Tabla 4

Resultados de resistencia promedio (MPa) por método de curado con plástico

Cilindro N°	Resistencia especificada (MPa)	Edad (días)	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)	Resistencia individual (MPa)	Resistencia promedio (MPa)	% de desarrollo	Tipo de falla
1	23.53	3	3626.2	10.00	20.0	75.0	9.55			5
2	23.53	3	3624.5	10.00	20.0	113.7	14.47	12.16	51.7	2
3	23.53	3	3641.6	9.90	20.0	96.0	12.47			2

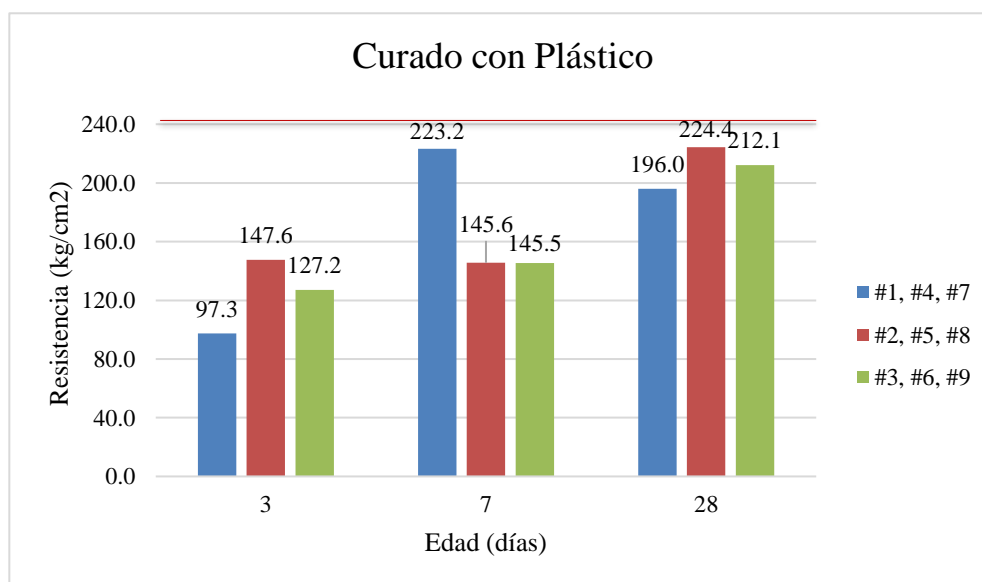
4	23.53	7	3684.8	10.00	20.0	171.9	21.89			4
5	23.53	7	3693.5	10.00	20.0	112.1	14.28	16.81	71.4	2
6	23.53	7	3777.6	10.00	20.0	112.0	14.27			2
7	23.53	28	3550.2	10.00	20.00	150.9	19.22			5
8	23.53	28	3584.4	10.00	20.00	172.8	22.01	20.67	87.9	2
9	23.53	28	3613.9	10.00	20.00	163.4	20.80			2

Nota. Resultados de resistencia a la compresión individual y promedio en probetas de hormigón sometidas a curado con plástico, y tipo de falla obtenida en ensayo.

Mediante el método de curado con plástico, existen variaciones significativas en los valores de resistencia a la compresión obtenidos. A pesar de que las probetas a los 28 días no cumplen con el valor de resistencia de 240 kg/cm², los valores se acercan a cumplir con la resistencia requerida en comparación con los otros métodos como se observa en la Figura 14, en donde una de las probetas cilíndricas ensayadas, alcanza un valor de 224 kg/cm². Esto lo posiciona como uno de los métodos viables a utilizar para el curado de elementos de concreto, bajo un control más riguroso que permita obtener mejores valores de resistencia.

Figura 14

Valores de resistencia por edad obtenidos con curado con plástico



Nota. Representación de resultados de resistencia a la compresión individual en probetas de hormigón sometidas a curado con plástico.

Ensayo de resistencia - Curado con arena

Para el método de curado con arena se utilizaron nueve probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron sometidas al ensayo de resistencia por compresión en diferentes edades (3, 7 y 28 días) como se visualiza en el Anexo 4; obteniendo una resistencia promedio a los 28 días de 22,94 MPa, que, mediante conversión, equivale a 233,92 kg/cm². Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Resultados de resistencia promedio (MPa) por método de curado con arena

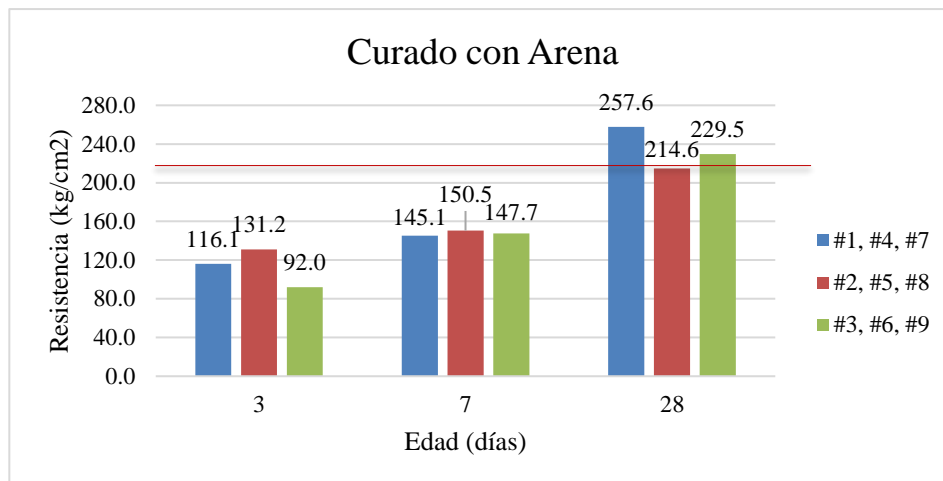
Cilindro N°	Resistencia especificada (MPa)	Edad (días)	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)	Resistencia individual (MPa)	Resistencia promedio (MPa)	% de desarrollo	Tipo de falla
1	23.53	3	3663	10.00	20.0	89.5	11.39			2
2	23.53	3	3654	10.00	20.0	101.1	12.87	11.09	47.1	2
3	23.53	3	3587	10.00	20.0	70.9	9.02			5
4	23.53	7	3687	10.00	20.0	111.8	14.23			2
5	23.53	7	3659	10.00	20.0	115.9	14.76	14.49	61.6	2
6	23.53	7	3698	10.00	20.0	113.7	14.48			2
7	23.53	28	3629	10.10	20.00	202.4	25.26			3
8	23.53	28	3544	10.00	20.00	165.3	21.05	22.94	97.5	3
9	23.53	28	3591	10.00	20.00	176.8	22.51			3

Nota. Resultados de resistencia a la compresión individual y promedio en probetas de hormigón sometidas a curado con arena, y tipo de falla obtenida en ensayo.

A través de la Figura 15, se puede apreciar que con el método de curado con arena, durante las edades de 3 y 7 días, la resistencia a la compresión no aumenta mucho, no obstante, cuando llega a una edad de 28 días de curado, la resistencia incrementa significativamente, incluso es visible que el resultado de una probeta cilíndrica de hormigón superó el valor de resistencia requerido, por lo tanto, este método se posiciona como la segunda mejor opción para mantener el concreto hidratado.

Figura 15

Valores de resistencia por edad obtenidos con curado con arena



Nota. Representación de resultados de resistencia a la compresión individual en probetas de hormigón sometidas a curado con arena.

Ensayo de resistencia - curado con aspersores

Para este método se utilizaron nueve probetas cilíndricas de concreto, las cuales fueron sometidas al ensayo de resistencia por compresión en diferentes edades (3, 7 y 28 días) como se visualiza en el Anexo 5; obteniendo una resistencia promedio a los 28 días de 19,48 MPa, que, mediante conversión, equivale a 198,64 kg/cm². Los resultados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Resultados de resistencia promedio (MPa) por método de curado con aspersores

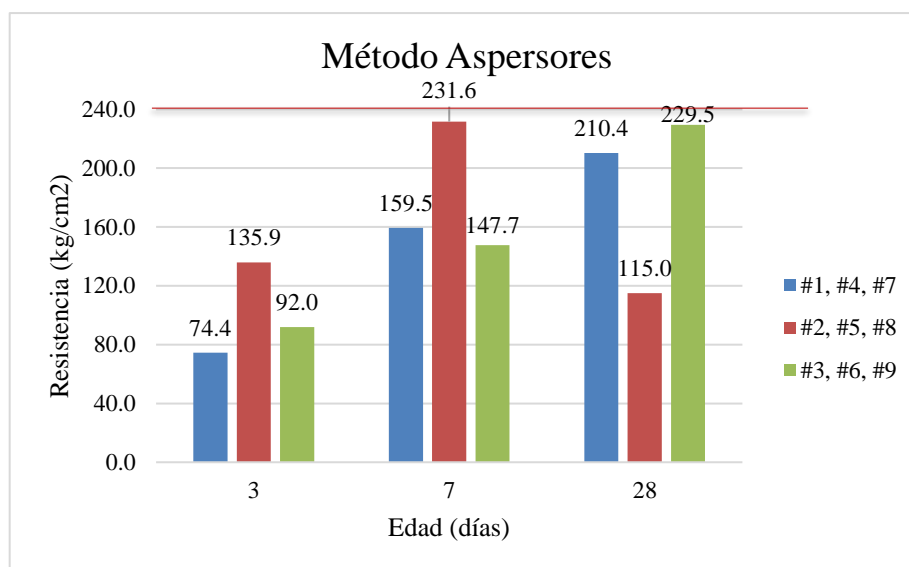
Cilindro N°	Resistencia especificada (MPa)	Edad (días)	Masa (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Carga (KN)	Resistencia individual (MPa)	Resistencia promedio (MPa)	% de desarrollo	Tipo de falla
1	23.53	3	3512	10.00	20.0	57.3	7.30			3
2	23.53	3	3596	10.00	20.0	104.7	13.33	12.00	51.0	5
3	23.53	3	3588	10.00	20.0	120.6	15.36			2
4	23.53	7	3563	10.00	20.0	122.8	15.64			2
5	23.53	7	3617	10.00	20.0	178.4	22.71	17.82	75.7	4
6	23.53	7	3564	10.00	20.0	118.7	15.11			2
7	23.53	28	3521.5	10.00	20.0	162.0	20.63	19.48	82.8	2
8	23.53	28	3388.1	10.00	20.0	88.6	11.28			5

Nota. Resultados de resistencia a la compresión individual y promedio en probetas de hormigón sometidas a curado con aspersores y tipo de falla obtenida en ensayo.

Mediante el método de curado con aspersores, no se llegó a la resistencia a la compresión requerida como se aprecia en la Figura 16, sin embargo, existen fluctuaciones en la resistencia al hallarse valores que son elevados o muy pequeños para el tiempo de curado al que estuvieron sometidos, como es el caso del cilindro n.º 5 y n.º 7. Esto demuestra que no existió uniformidad en la cantidad de agua recibida por las probetas de concretos mediante aspersión.

Figura 16

Valores de resistencia por edad obtenidos con curado con aspersores

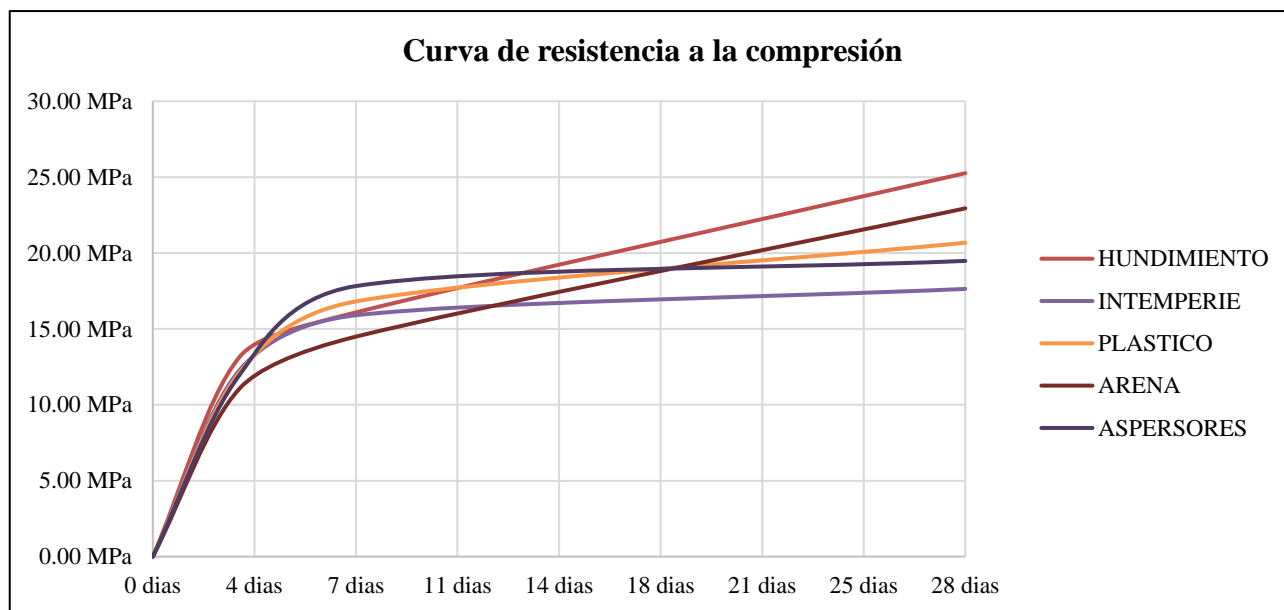


Nota. Representación de resultados de resistencia a la compresión individual en probetas de hormigón sometidas a curado con aspersores.

En resumen, se presenta una recopilación de los valores de resistencia a la compresión obtenidos mediante los métodos de curado expuestos en la ACI308 y graficados a través del ensayo de la normativa ASTM C39. Se muestra en la Figura 17 varias curvas que aclaran las diferencias entre los métodos de curados aplicados en las probetas de hormigón.

Figura 17

Curva de resistencia a la compresión por diferentes métodos de curado



Nota. Representación de curva de resistencia a la compresión para los valores obtenidos por cada método de curado.

Criterios de ASTM C309

La norma ASTM C309 establece los requisitos para compuestos de curado que forman una membrana y se utilizan para retener la humedad en el concreto fresco; aunque no explica detalladamente los criterios para comprar métodos de curado, se puede utilizar aspectos mencionados en la norma para medir su efectividad (ASTM, 2019). Entre los criterios destacan los siguientes:

- Resistencia a la compresión: Determinar cómo los métodos de curado influyen en el desarrollo de la resistencia a compresión del concreto a diferentes edades (3, 7, 28 días).
- Reducción de pérdida de humedad: Evaluar la capacidad del método de curado para minimizar la evaporación de agua del concreto, asegurando un nivel adecuado de hidratación.

- Durabilidad: Analizar cómo los métodos impactan la resistencia del concreto a agentes agresivos como dióxido de carbono, cloruros y sulfatos.
- Permeabilidad: Determinar si el curado afecta la capacidad del concreto para resistir la penetración de agua y otros líquidos.
- Apariencia superficial: Observar el acabado superficial del concreto, ya que un curado adecuado puede prevenir defectos como fisuración por contracción plástica o de secado.

No obstante, debido a que no se realizaron ensayos para medir parámetros como la permeabilidad, reducción de humedad y durabilidad, y considerando que la apariencia superficial es un parámetro subjetivo, se considera como parámetro de comparación a la resistencia a la compresión, cuyos valores fueron obtenidos mediante la aplicación del ensayo ASTM C39. De esta manera en la Tabla 7 se evalúa si cumple o no los valores obtenidos a los 28 días a través de distintos métodos de curado con la resistencia de diseño establecida de 240 kg/cm². El factor utilizado para transformar los valores de MPa a kg/cm², es de 10.1972

Tabla 7

Comparación mediante criterio ASTM C309

Método de curado	Resistencia obtenida		Resistencia requerida	Condición
	MPa	kg/cm ²	kg/cm ²	
Hundimiento	25.26	257.57	240	Cumple la resistencia
Intemperie	17.63	179.80	240	No cumple la resistencia
Plástico	20.67	210.82	240	No cumple la resistencia
Arena	22.94	233.92	240	No cumple la resistencia
Aspersores	19.48	198.63	240	No cumple la resistencia

Nota. Comparación de los valores resistencia a la compresión en MPa y kg/cm² obtenidos mediante los ensayos según la norma ASTM C39, y el valor de resistencia requerida de 240 kg/cm².

Discusión de Resultados

El estudio se realizó en Manta, ciudad costera caracterizada por altas temperaturas y alta salinidad, condiciones que impactan a la durabilidad del hormigón. A través de los distintos métodos de curado, se obtuvieron diferentes resultados que ayudan a determinar la efectividad del curado en la resistencia a la compresión del concreto. Los valores de resistencia por cada método de curado se visualizan en la Figura 17.

El método de curado por hundimiento presentó los mejores resultados, logrando una resistencia promedio de 257.57 kg/cm^2 a los 28 días, superando el valor de diseño requerido de 240 kg/cm^2 , puesto que, la inmersión total en agua proporcionó las condiciones óptimas de hidratación, evitando que las temperaturas altas aceleren la evaporación de agua y un posible proceso de deshidratación, propio de zonas costeras.

Este resultado es respaldado por Tejada y Córdoba (2023) quienes mencionan que, este comportamiento es común cuando se utiliza este método de curado, donde su resistencia no disminuye, al contrario, aumenta directamente con el tiempo debido a que no está expuesto a los cambios de temperatura ni a los factores climáticos. Este método produce un alto nivel de resistencia a la compresión y densidades cúbicas (Nsakwa y Appiadu, 2021).

El curado a la intemperie por su parte mostró el desempeño más bajo, con una resistencia promedio de 179.80 kg/cm^2 , alcanzando solo un 75% de la resistencia requerida a los 28 días; esto se debe a la exposición directa a la temperatura y salinidad, que hizo que exista una pérdida rápida de humedad, impidiendo que haya un proceso óptimo de hidratación, afectando su resistencia.

Según Chen et al. (2024) hay problemas asociados a las condiciones del medio ambiente que afectan el proceso de curado, como la temperatura, la humedad y exposición a características

propias del lugar, que incrementan la tasa de evaporación en la mezcla de hormigón, y, por ende, afectan a la resistencia a la compresión.

El método del curado con plástico logró una resistencia de 210.82 kg/cm^2 que equivale al 88% de la resistencia requerida, demostrando que mediante esta técnica se retuvo cierta cantidad de humedad, sin embargo, es probable que su eficiencia se haya visto limitada por fugas de humedad en el plástico. Esto es evidente en la probeta #7, que a los 28 días experimentó una disminución en su resistencia, que pudo originarse por un proceso de curado ineficiente, como deficiencias en la colocación de la película de plástico en esa probeta.

A pesar de no cumplir con la resistencia de 240 kg/cm^2 , el método del plástico es recomendable para climas cálidos, ya que brindan protección a los elementos estructurales de factores externos que pueden influir en las propiedades del concreto, según Amín y Ordoñez (2021). Este método debido a su aplicabilidad se utiliza en elementos estructurales, como vigas, columnas y losas (Yaw et al., 2019). No obstante, debido a que el movimiento de la humedad en la probeta de hormigón, no se proporciona una protección adecuada contra el secado temprano en el concreto, lo que reduce su hidratación (Azif, 2015).

Por su lado, el curado con arena obtuvo una resistencia mayor que el de plástico, con un valor de 233.92 kg/cm^2 , que se asocia con el hecho de la condición de la arena húmeda permite al concreto mantener una humedad constante, aunque no igualó la eficiencia del curado por hundimiento. Por último, el curado con aspersores alcanzó una resistencia promedio de 198.63 kg/cm^2 , que representa un 83% de la resistencia que se requería, esto se atribuye a la falta de un suministro continuo y uniforme, limitando una hidratación eficaz. Esto puede afectar los valores de resistencia a la compresión del hormigón con la edad, como se evidenció en la probeta #8 cuyo valor se disminuyó drásticamente, alcanzando la mitad de la resistencia en comparación

con las otras dos probetas a los 28 días de curado, por lo que la continuidad del suministro de agua en el curado es esencial para alcanzar la resistencia requerida.

Esto es respaldado por Zambrano et al. (2022) quienes mencionan que, el método por aspersión es efectivo y muy fácil de realizar para conseguir resultados favorables, no obstante, cuando no se aplica ocasionalmente o con intermitencia, se pueden presentar inconvenientes prácticos que conllevan a un curado deficiente. Esto se debe a que se genera un desequilibrio en la humedad interna del hormigón, lo que ocasiona una evaporación temprana del agua y, por ende, la hidratación es mínima (Saleem et al., 2020).

Mediante estos resultados, se puede concluir que el curado por hundimiento alcanzó y superó la resistencia requerida de 240 kg/cm², siendo el método más eficiente para garantizar que las propiedades mecánicas del hormigón se desarrollen bien a pesar de las condiciones de la zona. Sin embargo, es necesario incorporar un análisis específico de los edificios de la PUCE sede Manabí, campus Manta, con recomendaciones concretas sobre el mejor método de curado para garantizar su durabilidad y desempeño estructural según las condiciones locales.

Conclusiones

Acerca del primer objetivo específico que busca definir los métodos de curado de hormigón 240 kg/cm^2 para garantizar una resistencia a la compresión del hormigón según la norma ACI 308, se concluye que, se incluyeron la inmersión completa, que permite una hidratación continua al sumergir las probetas en agua; la exposición a la intemperie, que consiste en dejar las probetas en contacto con el ambiente natural; la cobertura con plástico que retiene la humedad al cubrir las probetas con plástico impermeable; arena húmeda que mantiene el entorno húmedo al enterrar las probeta en ella y por último, el riego por aspersión, que consiste en aplicar agua mediante aspersores, cuya elección se debe a que son los métodos de curado empleados con más frecuencia en la construcción de obras civiles.

Con respecto al segundo objetivo específico, el impacto de los métodos de curado en la resistencia a la compresión del hormigón fue claro, presentando variaciones en función del método aplicado, siendo el más eficaz, el curado por hundimiento, alcanzando 257.57 kg/cm^2 al proporcionar una hidratación continua en condiciones controladas; no obstante, el curado a la intemperie con 179.80 kg/cm^2 mostró el peor desempeño debido a la pérdida rápida de humedad al estar expuesta al clima cálido y salino de la zona. Por otro lado, el método de la cobertura con plástico y los aspersores, ofrecieron resultados regulares, limitados por fugas de humedad o suministro inconsistente de agua; así mismo, el curado con arena destacó como una alternativa eficiente, con 233.92 kg/cm^2 , sin embargo, no alcanzó la resistencia requerida a los 28 días.

Sobre el tercer objetivo específico, se concluye que, la resistencia a la compresión fue el criterio directo utilizado de la norma ASTM C309 para comparar los resultados obtenidos de la aplicación de los métodos de curado, siendo el hundimiento o inmersión completa, el único método que cumplió y superó el valor de diseño de 240 kg/cm^2 , siendo eficaz bajo las condiciones climáticas de Manta, sin embargo, esto en obra resulta un poco complicado, por lo

que es viable considerar el método de curado por plástico manteniendo cuidado en no dejar espacios que permitan la pérdida de la humedad.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un análisis técnico previo, antes de seleccionar el método de curado en obra, considerando las condiciones climáticas de la zona, como temperatura, humedad y salinidad, priorizando métodos que garanticen una hidratación constante, evitando que exista pérdidas de humedad que afecten a la resistencia final a la compresión del hormigón.

Es recomendable utilizar el curado por inmersión o hundimiento bajo las condiciones climáticas de una zona costera, sin embargo, es más utilizado para elementos pequeños o prefabricados, teniendo sus limitaciones en obra, por lo tanto, es preciso complementar con métodos alternativos que sean viables en campo, bajo un adecuado control, garantizando condiciones de humedad óptimas.

Para futuras investigaciones, se recomienda realizar otros tipos de análisis al hormigón, basados en los parámetros o criterios de la norma ASTM C309, como la reducción de pérdida de humedad, la durabilidad, la permeabilidad y la apariencia superficial, factores que son esenciales para caracterizar el desempeño de los métodos de curado, especialmente cuando las condiciones lo requieren.

Bibliografía

- Acosta, D. (2022). *Análisis de la influencia del modelado de losas por elementos tipo shell y membrana en el diseño estructural de un edificio de 4 pisos, utilizando un software de diseño especializado*. [Universidad Técnica de Ambato, Tesis de grado], Ambato.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/35456/1/Tesis%20I.C.%201576%20-%20Acosta%20Portilla%20Darwin%20Jos%C3%A9.pdf>
- Alcívar, S., Mielles, Y., Pavón, C., Solórzano, E., y Palacios, L. (2020). Influencia del curado en obra sobre la resistencia a la compresión del concreto. *Revista Técnica de Universidad del Zulia*, 2020(2), 19-25.
- American Concrete Institute. (2016). *Guide to external curing of concrete ACI 308R-16*. ACI.
- American Concrete Institute. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318-19*.
- Amín, Z., y Ordóñez, J. (2021). *Análisis de la influencia de las técnicas empleadas para el curado de cilindros de concreto hidráulico sobre la resistencia a la compresión*. [Universidad de La Costa, Tesis de grado], Atlántico.
<https://repositorio.cuc.edu.co/server/api/core/bitstreams/e6e918c9-f733-4a1b-861a-9bd64adea111/content>
- ASTM. (2019). *ASTM C 309 Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete*. <https://www.astm.org/c0309-19.html>
- ASTM. (2021). *ASTM C31 Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*.
- ASTM. (2024). *ASTM C39/39M Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.
- Azif, T. (2015). Outcome of compressive strength and hydration in Concrete with curing techniques. *Engineering*, 4(11), 72-74.
[https://www.worldwidejournals.com/international-journal-of-scientific-research-\(IJSR\)/fileview.php?val=November_2015_1492853720__24.pdf](https://www.worldwidejournals.com/international-journal-of-scientific-research-(IJSR)/fileview.php?val=November_2015_1492853720__24.pdf)

- Brunner, G. W. (Febrero de 2016). *HEC-RAS River Analysis System User's Manual Versión 5.0*. US Army Corps of Engineers . <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Users%20Manual.pdf>
- Cantero , F., Castro , O., y Ayuso , J. (2014). Análisis Comparativo de Esquemas numéricos aplicados al caso de la rotura de presa. *18th International Congress on Project Management and Engineering*, (pp. 580-591).
http://dspace.aeipro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/240/CIDIP2014_0580_0591.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castellanos, L. (2 de Marzo de 2017). *Metología de la investigación*.
<https://lcmetodologiainvestigacion.wordpress.com/2017/03/02/tecnica-de-observacion/>
- Cedeño Viteri, N. (2019). *LA INVESTIGACIÓN MIXTA ESTRATEGIA ANDRAGÓGICA FUNDAMENTAL*.
<https://biblio.ecotec.edu.ec/revista/edicion2/LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20MIXTA%20ESTRATEGIA%20ANDRAG%C3%93GICA%20FUNDAMENTAL.pdf>
- Chen, B., Tang, G., Lu, X., Xiong, B., Guan, B., y Tian, B. (2024). Thermal property evolution and prediction model of early-age low-heat cement concrete under different curing temperatures. *Journal of Building Engineering*, 82.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108020>
- Cruz, N., y Ramírez, D. (2022). Evaluación de muestras del agregado grueso proveniente de residuos de concreto para producir nuevos concretos. *Métodos & Materiales*, 12, 1-11.
- Delgado, J., Rojas, E., y Muñoz, F. (2020). Desarrollo de resistencia a la compresión en concreto con cementos modificados. *Métodos & Materiales*, 10, 28-34.
- Duque, P., Patiño , D., y López, X. (Dic de 2019). Evaluación del Sistema de Modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la Simulación Hidrológica de una Microcuenca Andina Tropical. *Información Tecnológica*, 30(6).
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600351>

- FAO. (17 de marzo de 2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. La agricultura es la mayor afectada por los desastres, según un nuevo informe: <https://www.fao.org/news/story/es/item/280688/icode/>
- García, L., Morrillo, V., y Guerra, J. (2023). Características de dos agregados gruesos triturados que influyen en la porosidad del hormigón. *Revista Científica "Ingeniar"*, 6(11), 16-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v6i11edespfeb.0086>
- Ghous, M., Kahraman, R., Al Nuaimi, N., Gencturk, B., y Alnahhal, W. (2021). Durability characteristics of high and ultra-high performance concretes. *Journal of Building Engineering*, 33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101669>
- Guevara Albán, G., Verdesoto Arguello, A., y Castro Molina, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Recimundo*, 4(3), 163-173. <https://doi.org/10.26820/recimundo/4>
- Hernández, L., Rodríguez, E., y Muñoz, F. (2019). Resistencia a compresión versus tiempo de curado en concreto hidráulico a partir de cementos modificados. *Métodos & Materiales*, 9, 1-10.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill. https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf
- Holcim Ecuador. (2020). *Agregados finos*. Holcim Ecuador: <https://www.holcim.com.ec/agregados-arena-no-lavada#:~:text=fino,en%20el%20tamiz%20n%C3%BAmero%20200>.
- Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., y Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Métodos para la determinación del coeficiente de escorrentía (c)*. Universidad Politecnica de Valencia, Producción Vegetal. Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10781/Coeficiente%20de%20escorrent%C3%ADa.pdf>

- Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., y Gisbert Blanquer, J. M. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. Universidad Politécnica de Valencia, Producción Vegetal. Valencia: Escuela técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfolog%C3%ADa%20de%20una%20cuenca.pdf>
- IDEAM. (2018). *Protocolo de modelación hidrológica e hidráulica*. Bogotá.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2017). *Norma Técnica Ecuatoriana. Hormigón, elaboración y curado de especímenes de ensayo en el laboratorio - NTE INEN 3124:2017*. Quito.
- Jiménez, Z., y Ordóñez, D. (2021). *Análisis de la influencia de las técnicas empleadas para el curado de cilindros de concreto hidráulico sobre la resistencia a la compresión*. [Universidad de la Costa, Tesis de grado], Barranquilla.
- Latorre, H. (2024). Avances en el Uso del Hormigón Armado en Ingeniería Civil: Una revisión sistemática. *Magazine de las Ciencias*, 9(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.33262/rmc.v9i3.3161>
- León, L., Torres, L., y Rodríguez, C. (2020). Disminución del contenido de cemento a partir de un diseño de mezcla en la Unidad de Servicios Básicos Hormigón. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 14(2), 1-20. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193963490005/html/>
- León, L., y Rodríguez, C. (2022). Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 16(3). <https://www.redalyc.org/journal/1939/193972950003/193972950003.pdf>
- Luziga, A. (2012). Determinación experimental del número de Curvas para el cálculo de abstracciones hidrológicas a escala continua. *UTPL*. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3527/3/Luzuriaga%20Rengel%20Andriana%20Elizabeth.pdf>

- Macías, J. (2023). Caracterización físico-química de aguas de mar contaminadas por evacuación de residuos de empresas en Tarquí. *Journal Scientific MQR Investigar*, 7(1), 1860-1877. <https://doi.org/https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.1.2023.1860-1877>
- Manobanda, C. (2013). *El curado del hormigón y su incidencia en las propiedades mecánicas finales*. [Universidad Técnica de Ambato, Tesis de grado], Ambato.
- Mendoza, C., Torres, D., Campo, R., Jiménez, J., Contreras, Á., y Ballesteros, C. (2019). Compresión de probetas de concreto. *Universidad Tecnológica de Bolívar*. https://www.researchgate.net/publication/331474004_compresion_de_probetas_de_concreto
- Mera Loor., J. L., y Baque Guerrero, B. D. (2020). *Composición y estructura arbórea del bosque de ribera en la parte alta de la represa Poza Honda*. Facultad de ciencias naturales y de la agricultura. Jipijapa: Universidad estatal del sur de Manabí. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2654/1/TESIS%20JENNI.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción Estructuras de Hormigón Armado*. MIDUVI. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/8.-NEC-SE-HM-Hormigon-Armado.pdf>
- Montesdeoca Espinoza, J. B. (Junio de 2021). *Simulación Hidrodinámica de rotura de la presa Sixto Durán Ballén*. Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Mora, J., Zamora, Á., y Ruiz, W. (2023). Evaluación de las propiedades mecánicas de hormigones de $f_c=21$ MPa, aplicando aditivos retardantes y acelerantes. *Polo del Conocimiento*, 8(12), 1347-1365. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i12.6348>
- Narváez, J., y Orellana, V. (2024). *Análisis de la resistencia a la compresión de $f_c=240$ kg/cm² entre un hormigón convencional y un hormigón con mezcla de vidrio molido en reemplazo parcial del árido fino*. [Universidad Politécnica Salesiana, Tesis de grado], Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26832/1/UPS-CT011126.pdf>

- Nsakwa, F., y Appiadu, K. (2021). Impact of Curing Methods on the Porosity and compressive strength of concrete. *Journal of Engineering Research and Reports*, 20(9), 18-30.
<https://doi.org/10.9734/JERR/2021/v20i917371>
- Núñez. (18 de Enero de 2024). *El proceso químico del fraguado de hormigón: Pilares fundamentales, factores críticos y garantía de resistencia y durabilidad en la construcción*. Núñez Grupo de Empresas: <https://gruponunez.com/blog-fraguado-hormigon-construccion>
- Organización Iberoamericana de Seguridad Social [OISS]. (2019). *Cemento*. Recomendaciones sobre productos químicos. <https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/2-Cemento.pdf>
- Ortiz Vera, O. (2015). Similitud hidráulica de sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información hidrometeorológica. *Tecnología y Ciencias del*, 25-44.
- Palavecino Ramos, A. E. (2015). *Modelación bidimensional del flujo generado por la rotura de una presa de tierra, utilizando el programa IBER*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Parrales, V., Chiliquinga, B., y Guerra, J. (2023). Composición de mezclas de agregados gruesos y finos en la resistencia a la compresión y porosidad del hormigón. *Polo del Conocimiento*, 8(11), 600-613. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i11.6227>
- Quispe, R. (2021). *Influencia del curado en las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Puno, 2021*. [Universidad César Vallejo, Tesis de grado]. Retrieved <https://hdl.handle.net/20.500.12692/64243>, from <https://hdl.handle.net/20.500.12692/64243>
- Ramírez Barachona , A. G., y Rosero Armijo, C. D. (2013). *Manual hidrológico de las cuencas hidrográficas de las vertientes del amazonas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Rincón , J., Pérez, M., Delfín, G., Freitez, C., y Martinez, F. (2017). Análisis Comparativo entre los modelos Hec-Ras e IBER en la evaluación Hidráulica de Puentes. *Revista Gaceta Técnica*, 17(1), pp. 9-28. <https://revistas.uclave.org/index.php/gt/article/view/317/160>

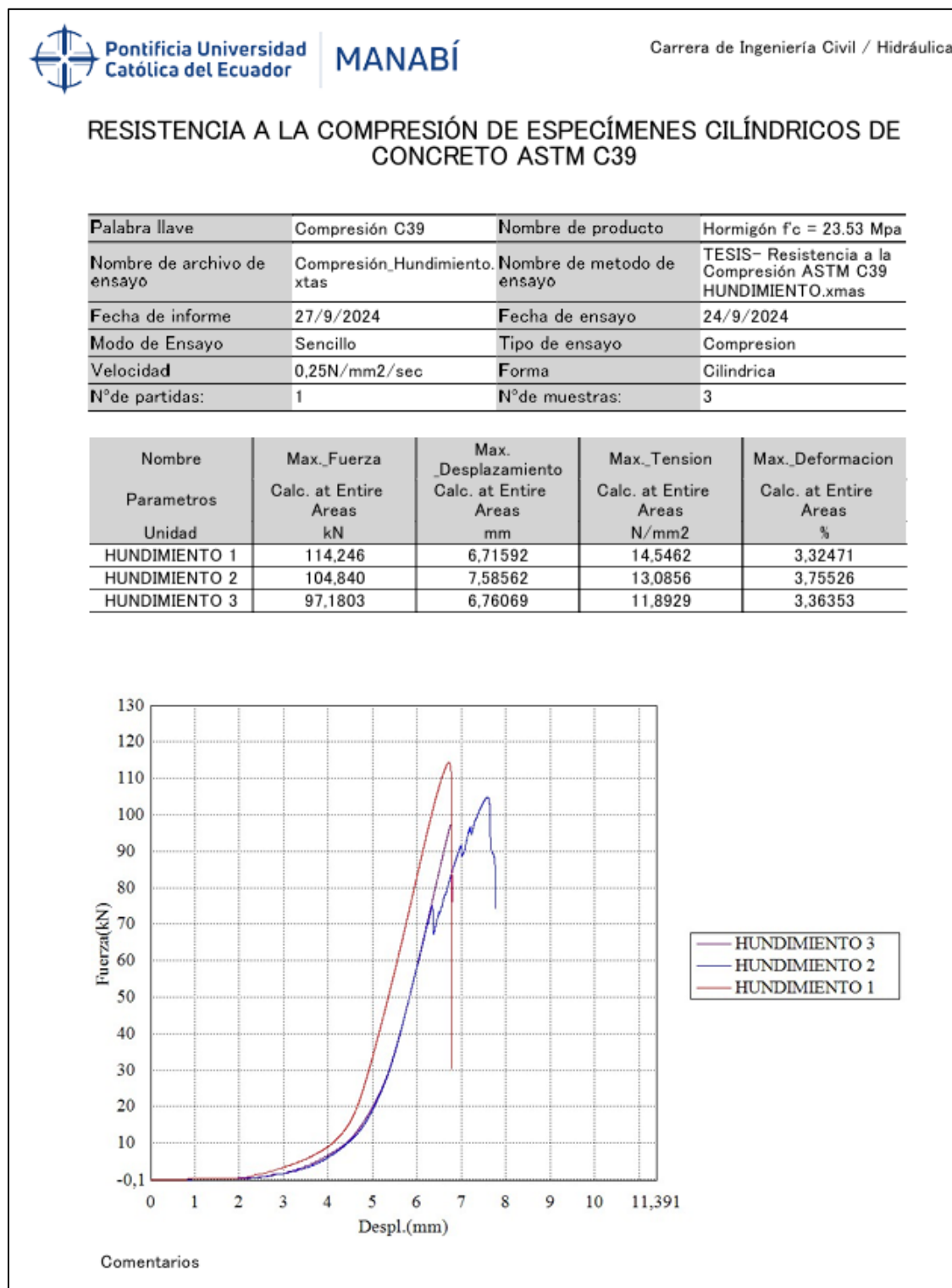
- Rocha, F. (2024). Tiempo de fraguado y consistencia normal del cemento portland IP-30 con agregados de esferas de poliestireno. *Ciencia Latina Revista Multidisciplinar*, 8(2), 7183-7194. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.11120
- Rus, E. (1 de Noviembre de 2020). *Investigacion aplicada*. Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-aplicada.html>
- Saleem, M., Kumar, H., Rai, K., Kumar, D., y Bheel, N. (2020). Effect of Various Curing Methods and Curing Ages on Compressive Strength of Plain Concrete. *Quest Research Journal*, 18(2), 29-32.
- Salinas, E., Vélez, A., Espín, S., y Freire, D. (2023). Hormigón fresco y su incidencia en sus propiedades físicas y mecánicas. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 5098-5110. <https://doi.org/https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.959>
- Salinas, F., y Flores, H. (2024). Métodos de curado en la resistencia a la compresión y tracción del concreto de $f'c=35$ MPa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 8276-8304. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.11306
- Santaella Valencia, L. E., y Morales, L. Y. (2001). *Conceptos básicos en presas*. Ciencia E Ingeniería Neogranadina. <https://doi.org/https://doi.org/10.18359/rcin.1351>
- Santillán Icaza, K. E., y Zamora Romero, B. E. (2021). *Análisis climático y de cambio climático en el distrito metropolitano de Quito*. Quito: Universidad Politécnica salesiana sede Quito.
- SENAGUA. (2013). *Secretaria Nacional del Agua*. <https://www.iagua.es/noticias/ecuador/13/07/26/tecnicos-de-senagua-trabajan-en-la-subcuenca-hidrografica-de-visquiye-33801>
- Solórzano, A., Zambrano, A., y Guerra, J. (2024). Características de dos agregados finos que influyen en la resistencia del hormigón. *Polo del Conocimiento*, 9(1), 1813-1829. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i1>

- Tejeda, L., y Córdoba, J. (2023). Influencia del curado por inmersión a la interperie en la resistencia a la compresión del concreto en la ciudad de Quibdó - Chocó. *Ingeniería y competitividad*, 25(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11818>
- Tierra, L., Topanta, S., y Manosalvas, A. (2020). Ensayo de compresión en rocas para determinar la carga máxima que soporta un pilar de contención en una Mina subterránea. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 6(2), 1232-1255. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1366>
- Torres Quintero, E., y González Naranjo, E. (2009). Aplicación del modelo de simulación hidráulica HEC-RAS para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en la cuenca del río Bogotá-sector Alicachon.
- Viers, G. (1975). Climatología. (Oikos-Tau, Ed.)
- Yaw, D., Mustapha, Z., y Zebilila, M. (2019). Compressive Strength of Concrete Using Different Curing Methods. *Journal of Social and Development Sciences*, 10(3), 30-38.
- Zambrano, L., Alava, R., Ruíz, W., y Menéndez, E. (2022). Aplicación de métodos de curado y su influencia en la resistencia a la compresión del hormigón. *Revista Gaceta Técnica*, 23(1), 35-47. <https://doi.org/https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.4>

Anexos

Anexo 1

Resultados de laboratorio de resistencia a la compresión método hundimiento

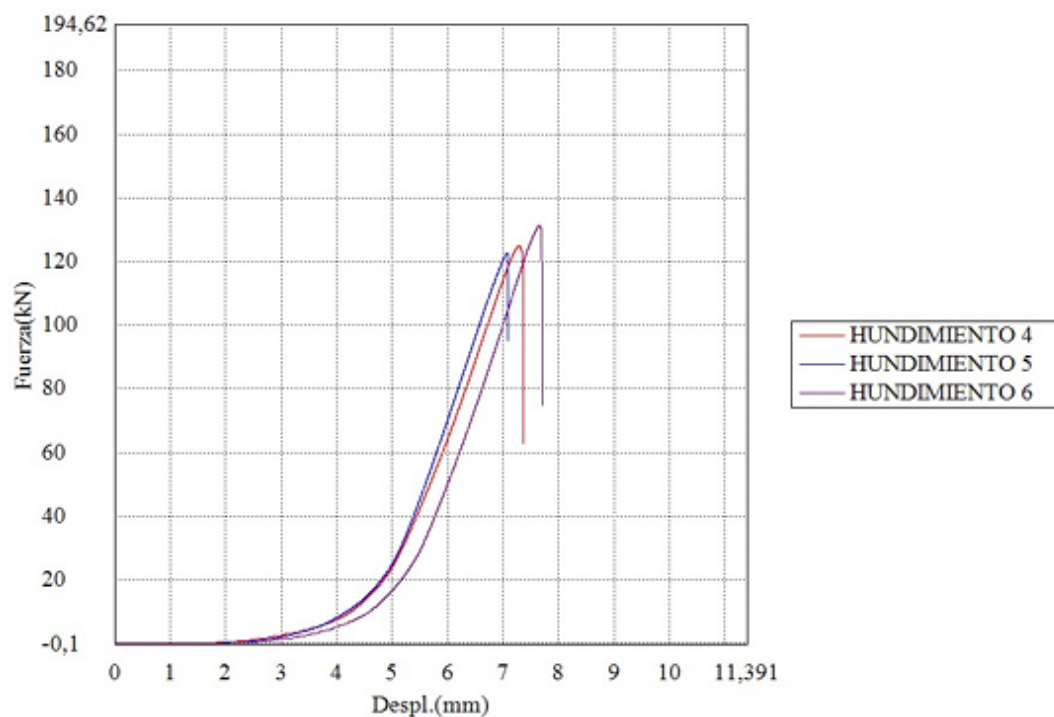




RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53 \text{ Mpa}$
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Hundimiento. xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 HUNDIMIENTO.xmas
Fecha de informe	27/9/2024	Fecha de ensayo	27/9/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre Parametros Unidad	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max. _Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
HUNDIMIENTO 4	124,953	7,29105	15,9095	3,60943
HUNDIMIENTO 5	122,796	7,07729	15,6349	3,50361
HUNDIMIENTO 6	131,310	7,65438	16,7189	3,78929



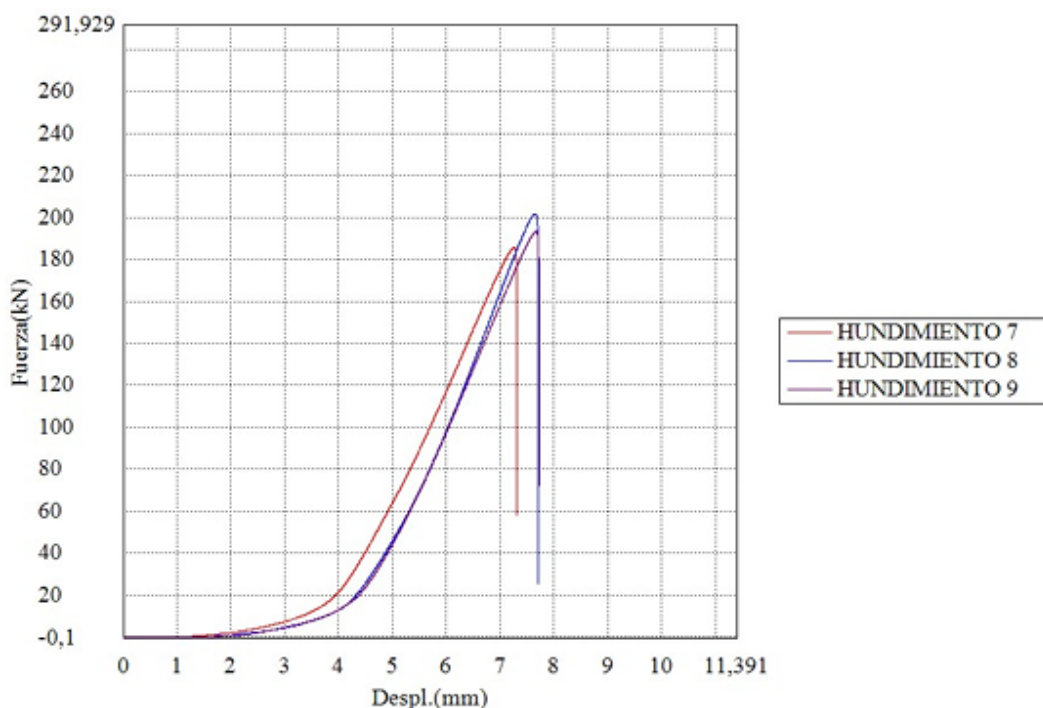
Comentarios



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

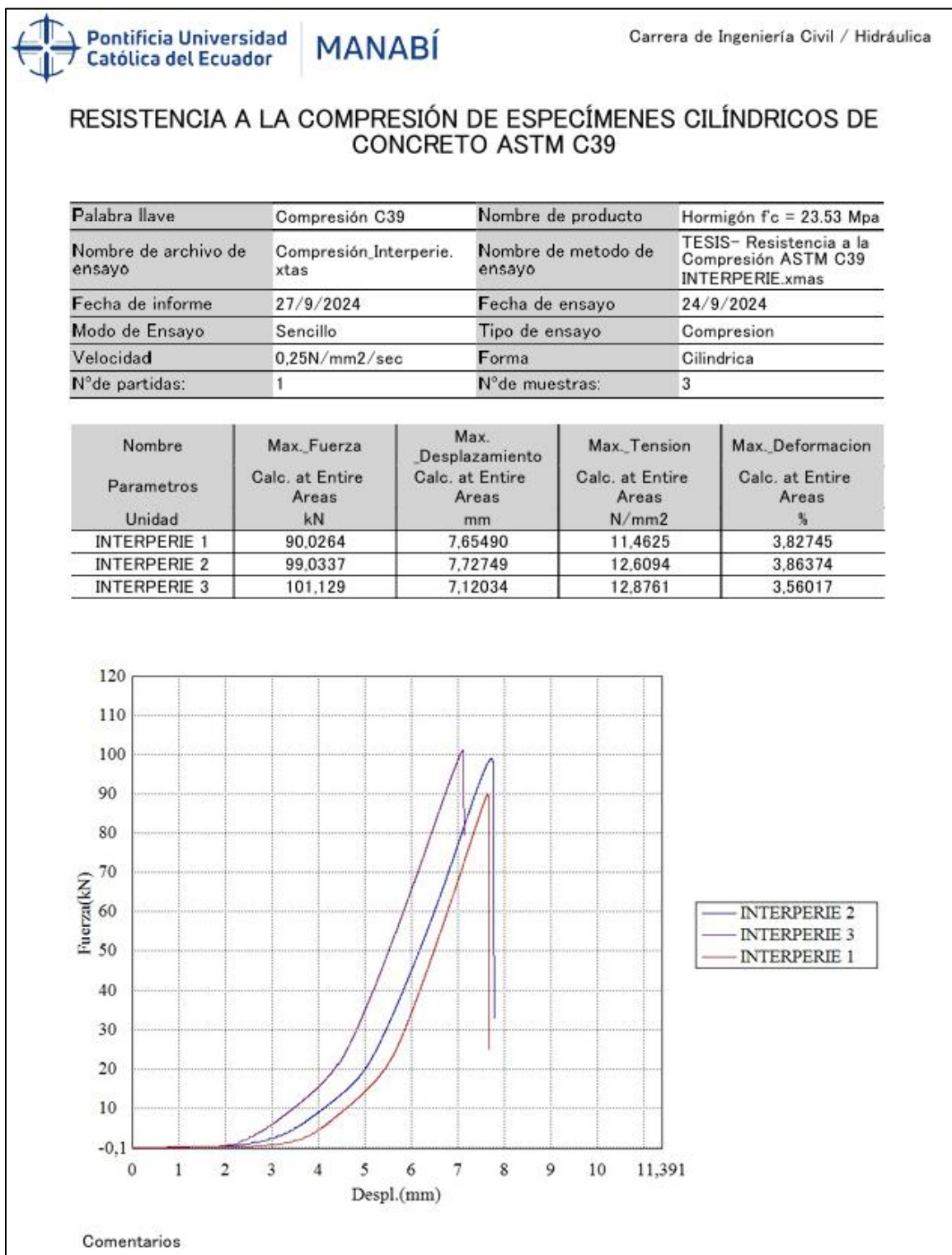
Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53 \text{ Mpa}$
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Hundimiento_xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 HUNDIMIENTO.xmas
Fecha de informe	21/10/2024	Fecha de ensayo	21/10/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre Parametros Unidad	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max. _Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
HUNDIMIENTO 7	208,831	7,25905	23,1821	3,57589
HUNDIMIENTO 8	201,680	7,65117	25,1727	3,78771
HUNDIMIENTO 9	200,664	7,66557	23,6638	3,77614



Anexo 2

Resultados de laboratorio de resistencia a la compresión método a la intemperie

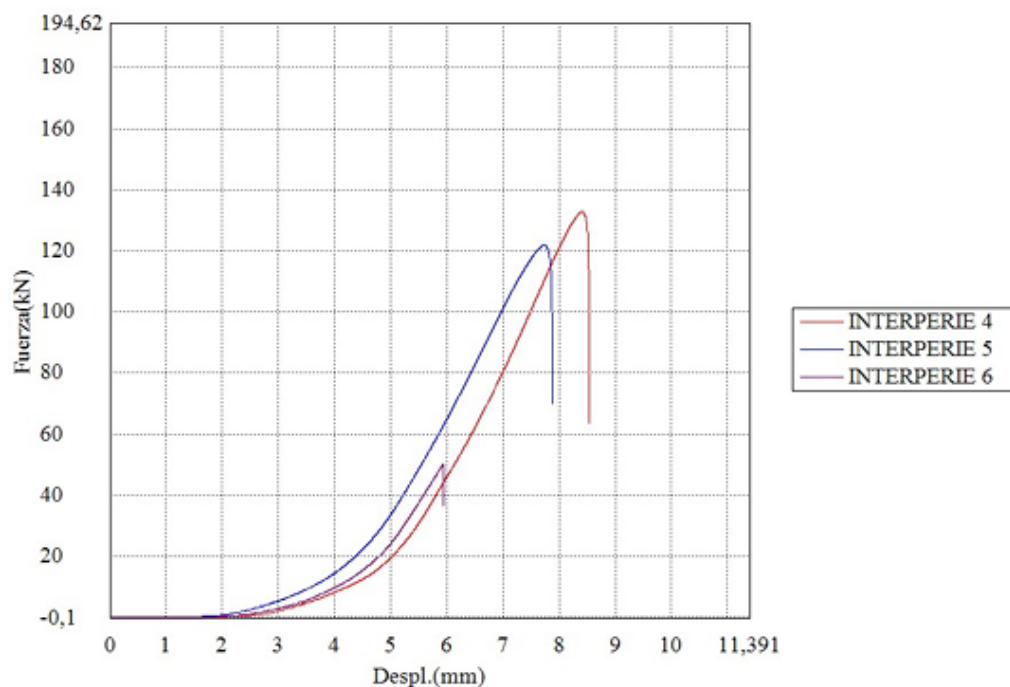




RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón f'c = 23.53 Mpa
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Interperie.xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 INTERPERIE.xmas
Fecha de informe	27/9/2024	Fecha de ensayo	27/9/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre Parametros Unidad	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
INTERPERIE 4	132,721	8,40624	16,8985	4,20312
INTERPERIE 5	121,867	7,73010	15,5166	3,86505
INTERPERIE 6	120,152	5,93109	6,36050	2,96554



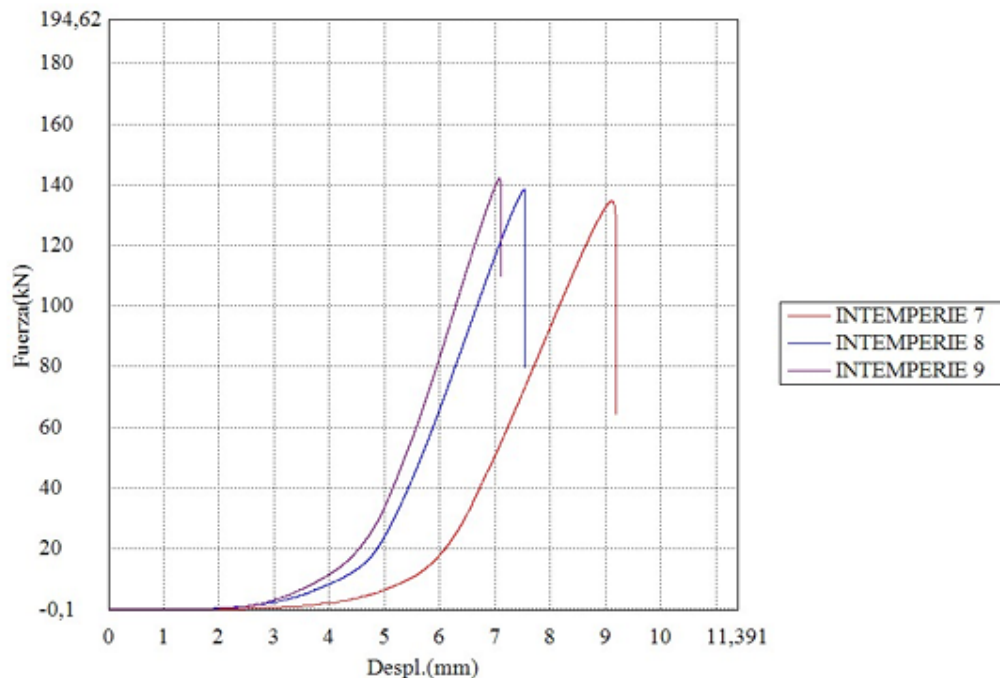
Comentarios



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53$ Mpa
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Intemperie.xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 INTERPERIE.xmas
Fecha de informe	21/10/2024	Fecha de ensayo	21/10/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

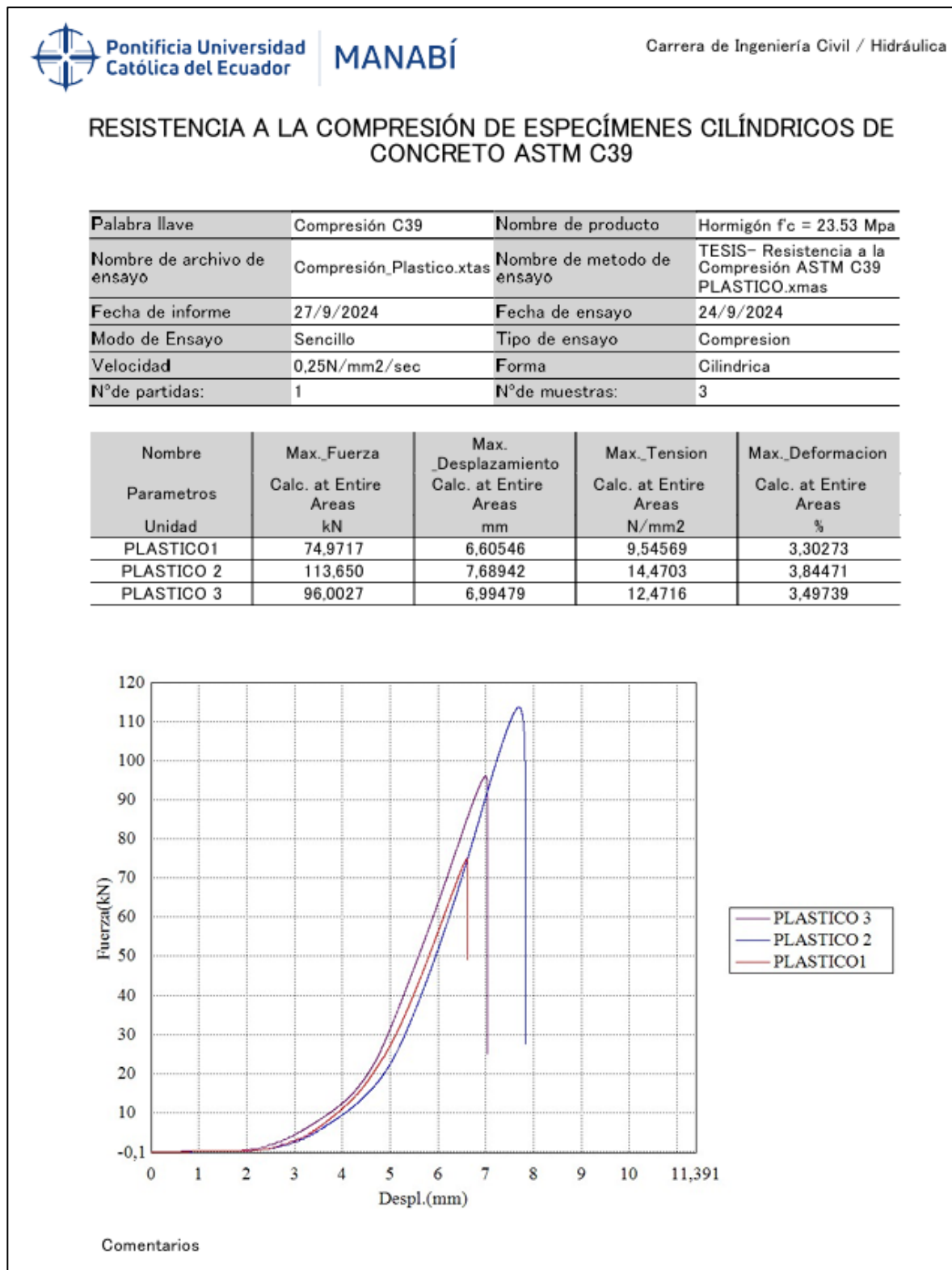
Nombre Parametros Unidad	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
INTEMPERIE 7	134,631	9,11563	17,1418	4,55782
INTEMPERIE 8	138,528	7,53260	17,6379	3,76630
INTEMPERIE 9	142,295	7,08829	18,1175	3,54414



Comentarios

Anexo 3

Resultados de laboratorio de resistencia a la compresión método con plástico

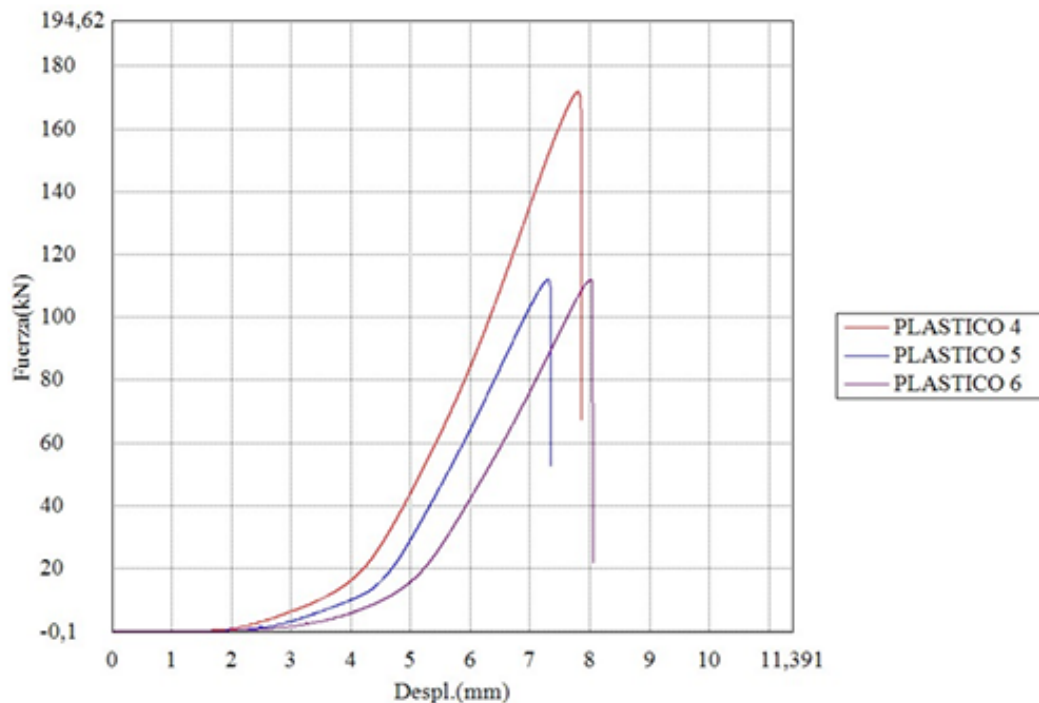




RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53 \text{ Mpa}$
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Plastico.xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 PLASTICO.xmas
Fecha de informe	27/9/2024	Fecha de ensayo	27/9/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre Parametros Unidad	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max. _Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max_Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %
PLASTICO 4	171,916	7,79937	21,8890	3,89968
PLASTICO 5	112,121	7,30015	14,2757	3,65008
PLASTICO 6	112,040	8,00930	14,2654	4,00465



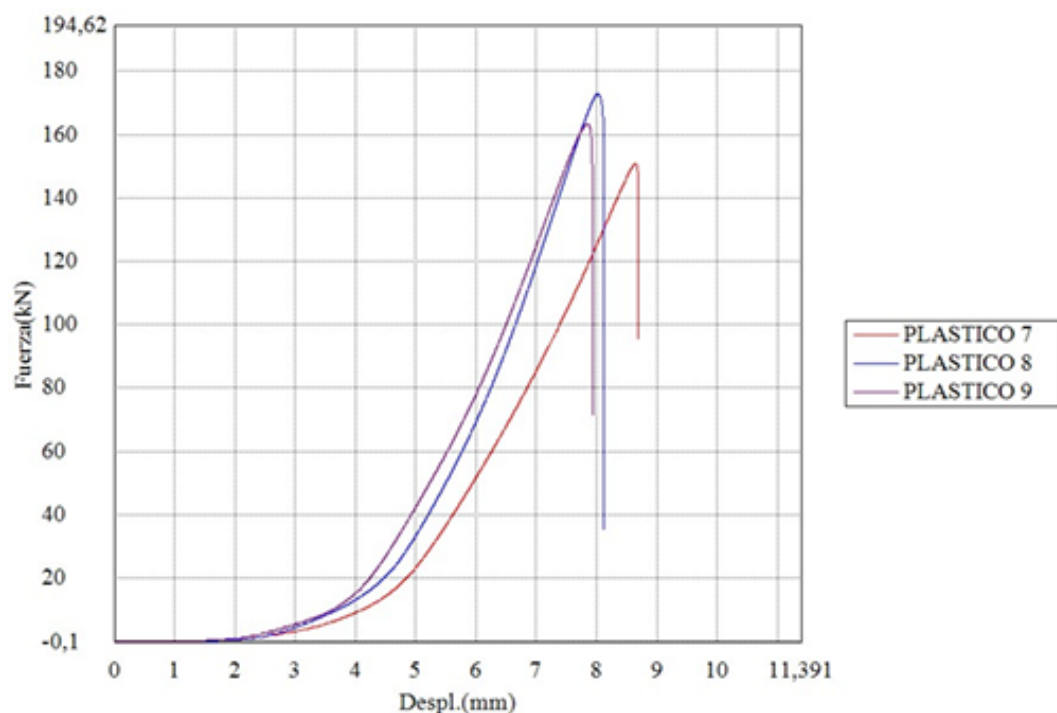
Comentarios



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53 \text{ Mpa}$
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Plastico.xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	21/10/2024	Fecha de ensayo	21/10/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

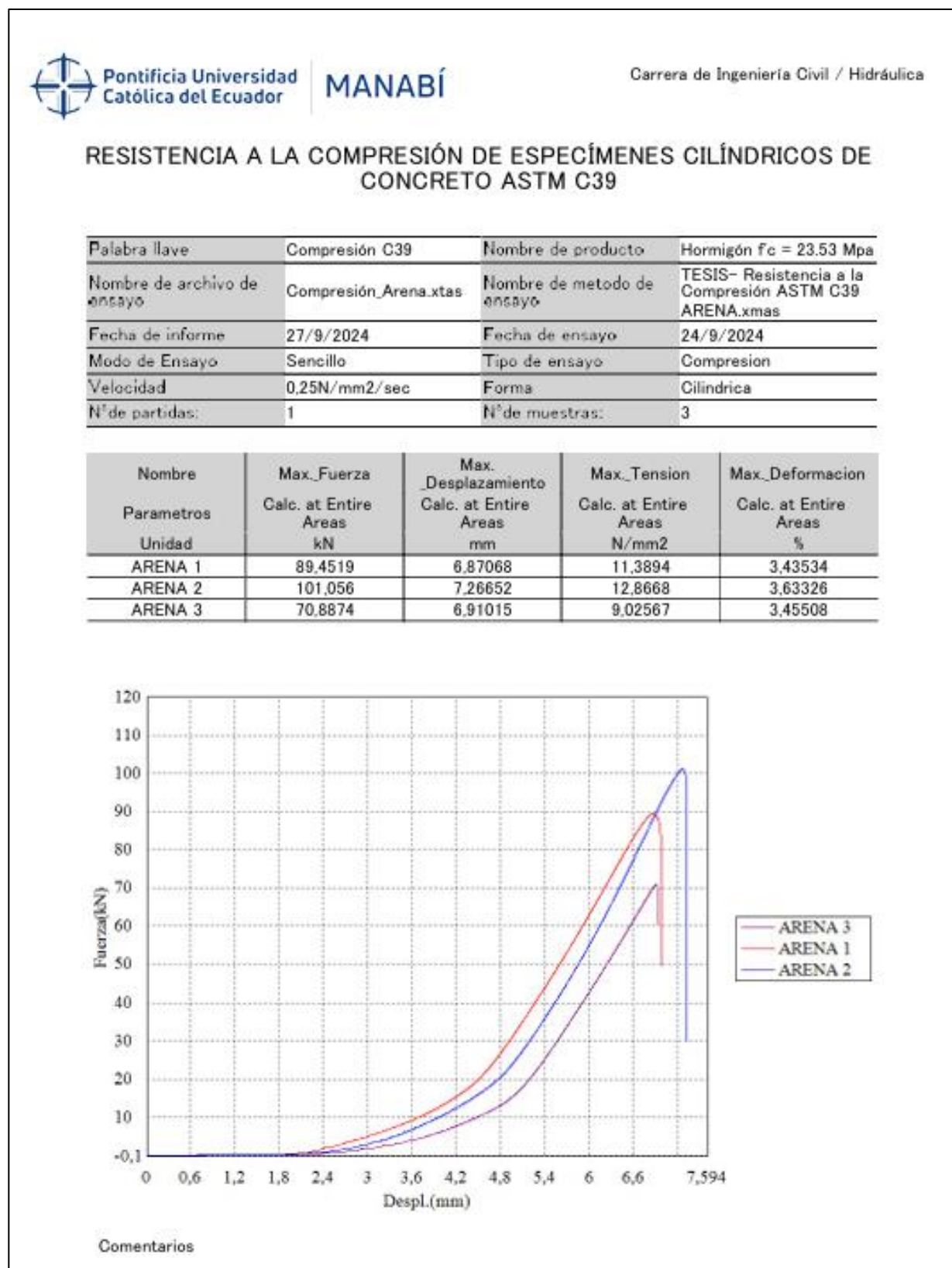
Nombre Parametros Unidad	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max. _Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max_Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %
PLASTICO 7	150,932	8,64481	19,2172	4,32240
PLASTICO 8	172,835	8,01759	22,0061	4,00880
PLASTICO 9	163,366	7,84782	20,8005	3,92391



Comentarios

Anexo 4

Resultados de laboratorio de resistencia a la compresión método arena

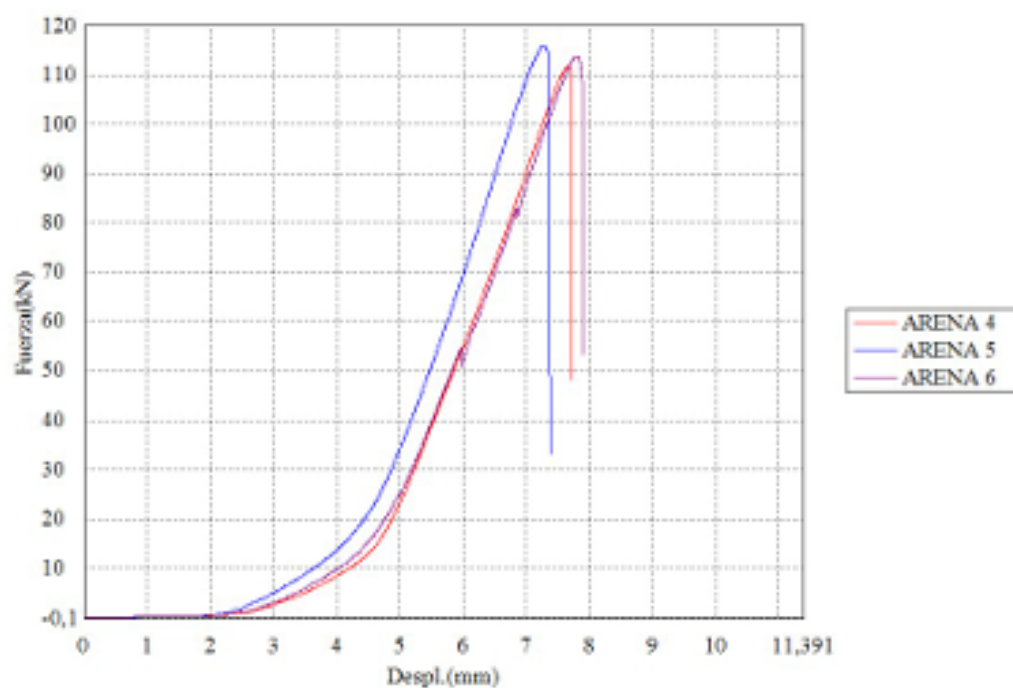




RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53 \text{ Mpa}$
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Arena.xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 ARENA.xmas
Fecha de informe	27/9/2024	Fecha de ensayo	27/9/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilíndrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre	Max_Fuerza	Max. Desplazamiento	Max_Tension	Max_Deformacion
Parametros	Calco. at Entire Areas	Calco. at Entire Areas	Calco. at Entire Areas	Calco. at Entire Areas
Unidad	kN	mm	N/mm2	%
ARENA 4	111,780	7,66764	14,2322	3,83382
ARENA 5	115,936	7,28343	14,7614	3,64172
ARENA 6	113,722	7,79723	14,4796	3,89861



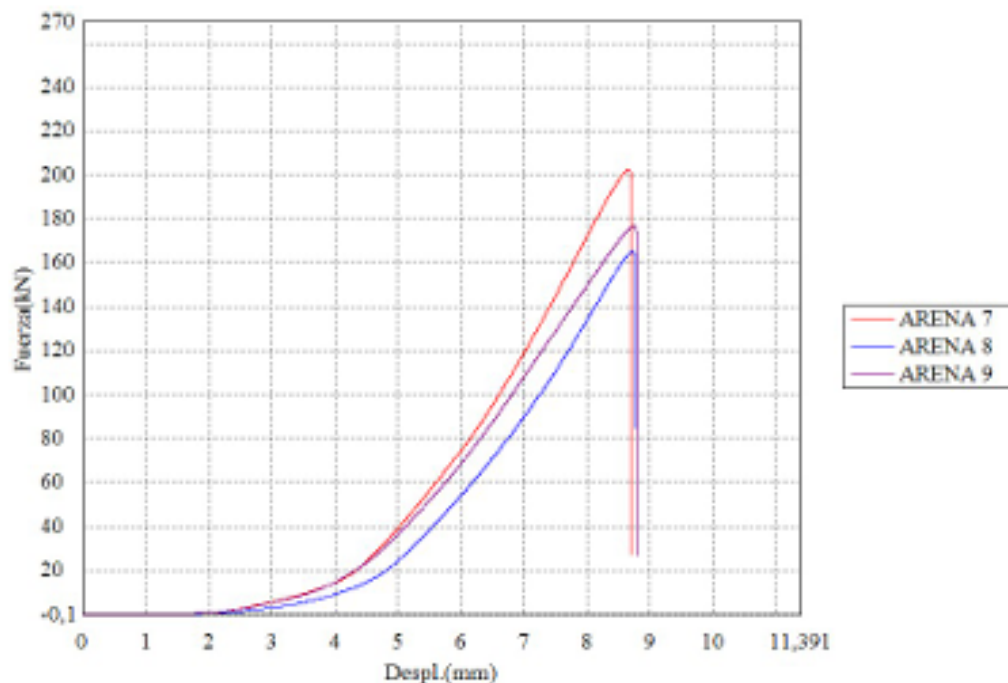
Comentarios



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53$ Mpa
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Arena.xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 ARENA.xmas
Fecha de informe	21/10/2024	Fecha de ensayo	21/10/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre Parametros Unidad	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max. _Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max_Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %
ARENA 7	202,371	8,65730	25,2590	4,32865
ARENA 8	165,310	8,72347	21,0480	4,36173
ARENA 9	176,804	8,74348	22,5114	4,37174



Comentarios

Anexo 5

Resultados de laboratorio de resistencia a la compresión método aspensor

Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

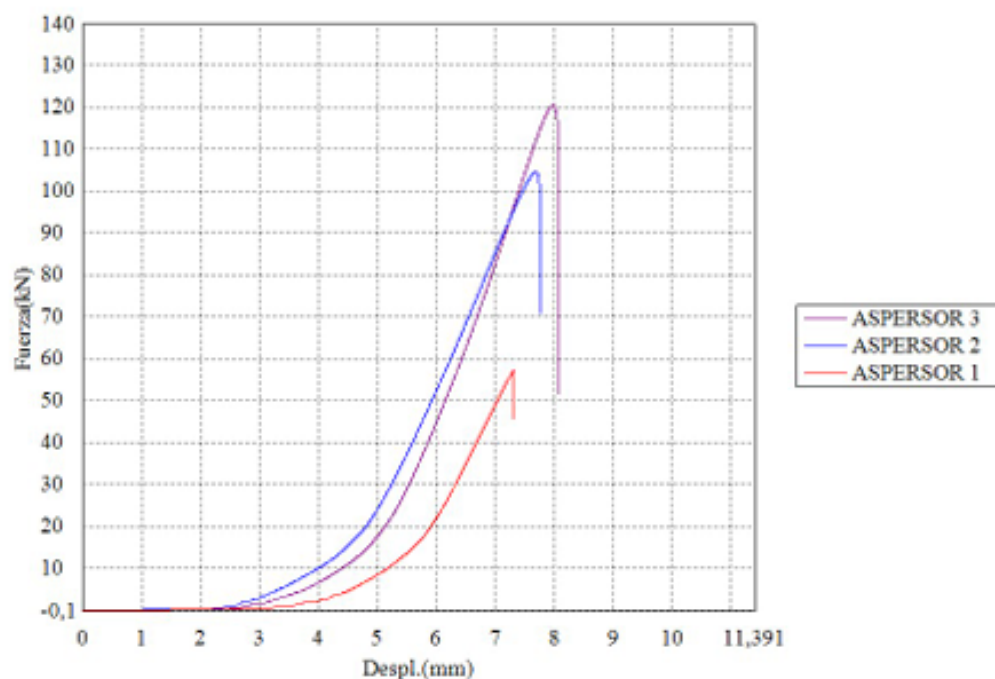
MANABÍ

Carrera de Ingeniería Civil / Hidráulica

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE
CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53 \text{ Mpa}$
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Aspensor.xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 ASPERSOR.xtas
Fecha de informe	27/9/2024	Fecha de ensayo	24/9/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0.25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre Parametros Unidad	Max._Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max. _Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max._Deformacion Calc. at Entire Areas %
ASPERSOR 1	57,3293	7,31512	7,29939	3,65756
ASPERSOR 2	104,700	7,68643	13,3308	3,84322
ASPERSOR 3	120,600	7,97258	15,3552	3,98629

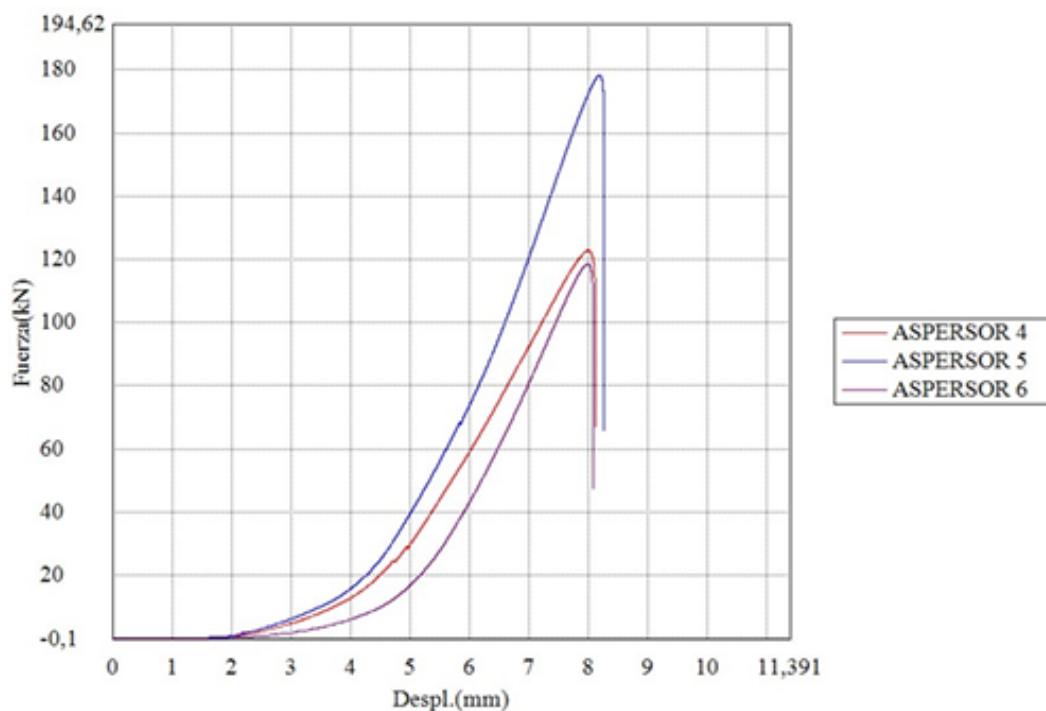




RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53$ Mpa
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Aspersor. xtas	Nombre de metodo de ensayo	
Fecha de informe	27/9/2024	Fecha de ensayo	27/9/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	3

Nombre	Max_Fuerza	Max. _Desplazamiento	Max_Tension	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kN	mm	N/mm2	%
ASPERSOR 4	122,835	7,99810	15,6398	3,99905
ASPERSOR 5	178,379	8,19247	22,7120	4,09623
ASPERSOR 6	118,680	7,98799	15,1107	3,99400



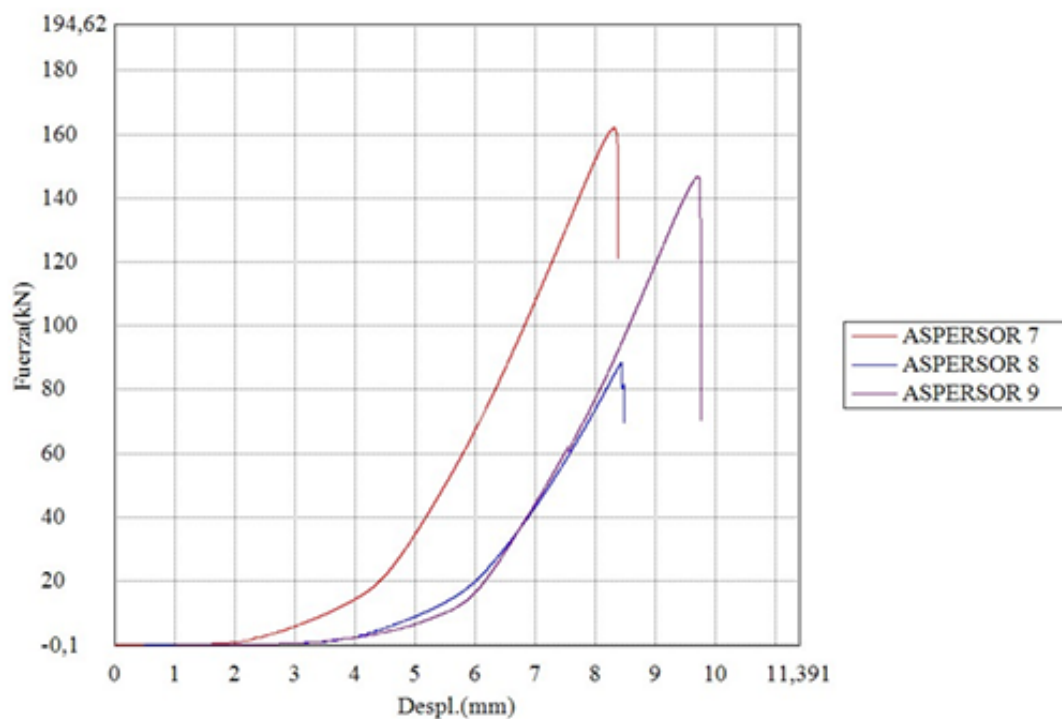
Comentarios



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39

Palabra llave	Compresión C39	Nombre de producto	Hormigón $f_c = 23.53$ Mpa
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_Aspersor.xtas	Nombre de metodo de ensayo	TESIS- Resistencia a la Compresión ASTM C39 ASPERSOR.xtmas
Fecha de informe	21/10/2024	Fecha de ensayo	21/10/2024
Modo de Ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	0,25N/mm2/sec	Forma	Cilindrica
N°de partidas:	1	N°de muestras:	3

Nombre Parametros Unidad	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas kN	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas mm	Max._Tension Calc. at Entire Areas N/mm2	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas %
ASPERSOR 7	162,015	8,31102	20,6284	4,15551
ASPERSOR 8	88,5758	7,94542	11,2778	3,97271
ASPERSOR 9	146,851	8,71258	18,3292	4,35629



Comentarios