



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

PROYECTO INDIVIDUAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNICA EN CONSTRUCCIONES SISMORRESISTENTES

TÍTULO:

Diseño de Hormigón por el Método del ACI-211 con Resistencia $F'c$ 240 kg/cm², Consistencia Fluida, Tipo de Cemento Holcim y Agregados de Cantera CANTESAN, Sitio La Chicha, Parroquia San Isidro, Cantón Sucre.

AUTORA: Jade Jetsharel García Chele

TUTOR: Ing. Patricio Andrés Pazmiño Balda

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica – Extensión

Sucre

Tecnología Superior en Construcciones Sismorresistentes

Bahía de Caráquez- Manabí- Ecuador

septiembre de 2025

CERTIFICACION DEL TUTOR

Yo, Ing. Patricio Andrés Pazmiño Balda, Docente contratado de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, en calidad de Tutor.

CERTIFICO:

Que el presente proyecto de investigación con el título: “Diseño de Hormigón por el Método del ACI-211 con Resistencia $F'c$ 240 kg/cm², Consistencia Fluida, Tipo de Cemento Holcim y Agregados de Cantera CANTESAN, Sitio La Chicha, Parroquia San Isidro, Cantón Sucre” ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo; por lo que, se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son producto de la perseverancia y originalidad de su autora:

Jade Jetsharel García Chele

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

Bahía de Caráquez, septiembre de 2025



Ing. Patricio Andrés Pazmiño Balda

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien suscribe la presente:

Jade Jethsarel García Chele

Estudiante de la Carrera de construcción sismorresistente declaro bajo juramento que el presente proyecto de investigación cuyo título: “Diseño de Hormigón por el Método del ACI-211 con Resistencia F'_c 240 kg/cm², Consistencia Fluida, Tipo de Cemento Holcim y Agregados de Cantera CANTESAN, Sitio La Chicha, Parroquia San Isidro, Cantón Sucre”, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Bahía de Caráquez, septiembre de 2025



Jade Jethsarel García Chele

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación, titulado: **“Diseño de Hormigón por el Método del ACI-211 con Resistencia $F'c$ 240 kg/cm², Consistencia Fluida, Tipo de Cemento Holcim y Agregados de Cantera CANTESAN, Sitio La Chicha, Parroquia San Isidro, Cantón Sucre”** de su autor: Jade Jethsarel García Chele, mismo que cumple con lo estipulado por los Reglamentos y disposiciones que fueron determinados por la Carrera Tecnología superior en Construcción sismorresistente.

Dr. Eduardo Antonio Caicedo Coello

DECANO

Ing. Patricio Andrés Pazmiño Balda

TUTOR

PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL

SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. María Verónica Aguilar García
SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Agradezco con todo mi corazón, profundamente, a Dios, por haberme dado la fuerza, la salud y la sabiduría necesarias para culminar una de las etapas más importantes de mi vida.

A mi familia, quienes han sido el pilar fundamental en este proceso. En especial, a mi madre, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser ese ejemplo de fortaleza que me ha inspirado a seguir adelante; a mi abuela que es mi segunda madre, quien con su cariño y guía siempre ha estado presente; mis hermanitos y por supuesto a mi hermana, por estar siempre a mi lado, brindándome su ayuda y compañía en los momentos más importantes y también en aquellos que fueron desafiantes.

Gracias por creer en mí incluso cuando yo misma dudé. A cada una de las personas especiales en mi vida, que saben que lo son, porque, aunque mi círculo es pequeño —muy pequeño—, saben cuánto los amo agradezco a quien me acompañó con palabras oportunas, paciencia y cariño cuando más necesité, gracias por estar y por sumar en este camino.

También agradezco a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por brindarme el espacio para crecer tanto personal como profesionalmente.

A todas esas personitas que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de este trabajo, les expreso mi más sincero agradecimiento.

Jade Jetsharel García Chele

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, a los amores de mi corazón, quienes, con su apoyo incondicional, su cariño y su fortaleza han sido mi inspiración y mi motor para seguir adelante.

A quienes siempre estuvieron presentes en los momentos de alegría y en los de desafío, gracias por creer en mí y por ser el refugio donde siempre encuentro fuerza y esperanza.

Este logro es para ustedes, con todo mi amor y gratitud.

Jade Jetskarel García Chele

ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR	I
D ECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
RESUMEN	X
PALABRAS CLAVE	X
ABSTRACT.....	XI
KEYWORDS.....	XI
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. TITULO	1
1.2. INTRODUCCIÓN	1
1.3. PROBLEMA	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos	6
1.6. METODOLOGÍA	6
1.6.1. Procedimiento	6
1.6.2. Técnicas	7
1.6.3. Métodos.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	10
2.1. Definiciones	10
Primer Componente Teórico: Diseño de Hormigón por el Método ACI 211.....	10
Segundo Componente Teórico: Propiedades del Hormigón y Comportamiento Sismorresistente	11
2.1. ANTECEDENTES.....	12
2.1. TRABAJOS RELACIONADOS	13

Trabajo relacionado en otro continente.....	13
Trabajo relacionado en otro país del continente americano.....	13
Trabajo relacionado en otra provincia del Ecuador	14
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	14
3.1. OBJETIVO 1.....	14
3.2. OBJETIVO 2.....	15
3.3. OBJETIVO 3.....	23
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
4.1. CONCLUSIONES	24
4.2. RECOMENDACIONES	25
Bibliografía	26
ANEXOS	28

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 1. Cálculo de $F'c$ (resistencia requerida)	15
Tabla 2 Contenido de aire	16
Tabla 3 Contenido de agua	17
Tabla 4 Relación agua cemento (A/C).....	18
Tabla 5 Peso del agregado grueso.....	19
Tabla 6 Resumen del diseño de mezcla por m ³ de concreto	21

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1, Elaboración de la mezcla diseñada en las instalaciones del laboratorio de concreto.....	28
Ilustración 2 verificación de la temperatura del hormigón 28.5°C en la muestra elaborada. ..	28
Ilustración 3, prueba con el cono de Abrams, para verificar la consistencia de 18 cm por la cual fue diseñada	29
Ilustración 4, toma de muestra de hormigón diseñado en cilindros de 4 x 8 pulgadas.....	29
Ilustración 5, cilindros en estado fresco.....	30
Ilustración 6, rotura de cilindro en prensa hidráulica a la edad de 7 días.	30
Ilustración 7, rotura de cilindro en prensa hidráulica a la edad de 14 días.	31
Ilustración 8, rotura de cilindro en prensa hidráulica a la edad de 28 días obteniendo una resistencia final de 325 kg/cm ² cumpliendo satisfactoriamente con el diseño teórico realizado.	31

RESUMEN

En la actualidad, se identificó que muchas construcciones utilizan mezclas de hormigón sin diseño técnico, lo que compromete la resistencia estructural y la seguridad en una zona de alta sismicidad. En este contexto, el propósito del presente proyecto fue diseñar una mezcla de hormigón con una resistencia $F'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y consistencia fluida, aplicando el método ACI-211, utilizando cemento tipo Holcim y agregados procedentes de la cantera CANTESAN. Para ello, se efectuó una investigación con enfoque experimental, basada en ensayos de laboratorio para la caracterización de materiales y pruebas técnicas para validar la mezcla diseñada, no obstante, se aplicaron técnicas como la granulometría, el revenimiento, el peso específico y la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Cabe señalar que los resultados confirmaron que la mezcla diseñada cumplió con la resistencia especificada garantizando buena trabajabilidad y durabilidad. En síntesis, se concluye que el uso del método ACI-211, adaptado a materiales locales, mejora significativamente la calidad del hormigón y representa una solución técnica viable para el desarrollo de construcciones sismorresistentes en zonas de construcción.

PALABRAS CLAVE

Hormigón, Resistencia, Sismorresistentes, Calidad, Método ACI-211.

ABSTRACT

It was identified that many constructions use concrete mixes without technical design, which compromises structural strength and safety in a high seismic risk area. Therefore, the general objective of this project was to design a concrete mix with a compressive strength of $F'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ and a fluid consistency, using the ACI-211 method, Holcim-type cement, and aggregates from the CANTESAN quarry. The applied methodology was experimental, based on the characterization of materials through laboratory tests, application of the ACI method for mix design, and validation tests such as slump and compressive strength at 7, 14, and 28 days. The results confirmed that the designed mix met the specified strength and exhibited excellent workability. It is concluded that the use of the ACI-211 method, adapted to local materials, significantly improves concrete quality and represents a technically viable solution for the development of earthquake-resistant structures in construction zones.

KEYWORDS

Concrete, Strength, Earthquake-resistant, Quality, ACI-211 Method.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. TITULO

Diseño de Hormigón por el Método del ACI-211 con Resistencia F'_c 240 kg/cm², Consistencia Fluida, Tipo de Cemento Holcim y Agregados de Cantera CANTESAN, Sitio la Chicha, Parroquia San Isidro, Cantón Sucre.

Este trabajo se enmarca en un enfoque teórico-aplicado, tiene como propósito el desarrollo de un diseño de mezcla de hormigón estructural empleando el método ACI 211. Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales (cemento, agregados, agua) son consideradas a partir de valores referenciales extraídos de normas técnicas, manuales y literatura especializada, simulando así un diseño realista.

El proyecto contempla dos componentes fundamentales: por un lado, el diseño técnico de la mezcla, orientado a lograr una resistencia $F'_c = 240$ kg/cm² con una consistencia fluida adecuada para procesos constructivos comunes; y por otro la evaluación del efecto de variables independientes, como el tipo de cemento, la granulometría de los agregados, la relación agua-cemento y el uso potencial de aditivos, en el comportamiento del hormigón.

1.2. INTRODUCCIÓN

A través de la historia, la demanda prioritaria de las personas, ha sido la defensa del entorno que lo rodea, así como la importancia de un espacio acogedor que ofrezca resguardo y seguridad. De tal forma, se resalta la trascendencia histórica de las viviendas y los materiales utilizados en el sector de la construcción.

El diseño de mezclas de hormigón es un proceso significativo e importante para garantizar la calidad y seguridad en las construcciones, sobre todo las zonas con alta

vulnerabilidad sísmica como la costa ecuatoriana. Por lo tanto, el método ACI-211, establecido por el American Concrete Institute, se ha consolidado como una herramienta científica y técnica para dosificar de manera precisa los componentes del hormigón en función de la resistencia requerida, la consistencia deseada y las características de los agregados pétreos. (Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, 2022)

En el presente estudio se consideró como segundo componente la selección de materiales locales: cemento tipo Holcim y agregados provenientes de la cantera CANTESAN. Esta decisión no solo responde a criterios de disponibilidad y economía, sino también a la necesidad de verificar la calidad de los materiales de uso común en la zona. Según (Metha & Monteiro, 1998) , la calidad y procedencia de los agregados tienen una influencia directa en la durabilidad y resistencia del concreto, lo cual cobra suma relevancia en el contexto del diseño estructural con énfasis sismorresistente.

Diversos estudios a nivel nacional e internacional han desarrollado proyectos similares. Un ejemplo a citar, (Muñoz, 2006) en México se implementó el método ACI-211 para viviendas de interés social, desarrollando la dosificación con resultados óptimos. De la misma manera, (Palacios, 2021) en su presentación menciona que el Instituto Tecnológico de Quito aplicó este método con agregados de origen volcánicos para mejorar las propiedades del concreto y garantizar un mejor desempeño para sus diversas aplicaciones en la construcción. Sin embargo, en la provincia de Manabí, aun no existen trabajos registrados con las características particulares de este proyecto, por lo que nos deja una evidencia de que se necesita abordar mucho más en la técnica de diseños de mezclas.

En conclusión, los diversos estudios han abordado la aplicación del método ACI 211 para lo que es el diseño de mezclas de hormigón, adaptándolo como tal a contextos materiales

y necesidades específicas. Es decir, estos trabajos como tal ponen en evidencia la versatilidad del método y su capacidad para generar soluciones sostenibles y que son técnicamente viables en diferentes regiones.

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de contar con mezclas de hormigón técnicamente diseñadas, adaptadas a los recursos y condiciones locales. Permitiendo en si mejorar la calidad estructural de las edificaciones, reducir fallas prematuras y contribuir al desarrollo sostenible del sector de la construcción. Asimismo, garantiza que las obras civiles cumplan con las normativas técnicas vigentes, aportando seguridad a la población.

Este trabajo guarda estrecha relación con la carrera de Tecnología Superior en Construcciones Sismorresistentes, al combinar conocimientos teóricos sobre materiales, normas de diseño estructural y prácticas de laboratorio. El desarrollo del proyecto fortalece las competencias profesionales del estudiante y permite aplicar los saberes adquiridos en un contexto real, contribuyendo al entorno local y al avance de la ingeniería civil.

1.3. PROBLEMA

En la actualidad, en sectores constructivos del cantón Sucre y del país, se continúa utilizando hormigón sin un diseño técnico adecuado, es decir de forma artesanal o empírica, sin realizar ensayos de laboratorio ni aplicar métodos de diseños reconocidos internacionalmente. Lo que conlleva a construcciones con hormigones de baja resistencia, durabilidad deficiente y en muchos casos, construcciones inseguras frente a cargas sísmicas. Por ende, la inexistencia de estudios específicos para diseñar mezclas de hormigón con materiales locales en esta zona deja un vacío técnico que puede derivar en obras mal ejecutadas, mayores costos por mantenimiento o rehabilitación y riesgos para la seguridad de las personas. No obstante, la falta de aplicación de métodos estandarizados como el ACI-211 y el

desconocimiento sobre la calidad de los materiales locales representa una gran limitación para el desarrollo de infraestructura segura y eficiente.

Planteamiento del problema

¿Cómo incide la aplicación del método ACI-211 en el diseño de una mezcla de hormigón con resistencia $F'c$ de 240 kg/cm² de consistencia fluida, utilizando cemento Holcim y agregados de la cantera Cantesan, en comparación con métodos empíricos empleados en sector constructivo del cantón Sucre?

1.4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, el diseño de mezclas de hormigón es una necesidad prioritaria para el desarrollo estructural seguro, especialmente en zonas de alta vulnerabilidad sísmica como la provincia de Manabí. El uso empírico de proporciones no controladas y la falta de control de calidad en obras en la elaboración del concreto representa una amenaza para la estabilidad de las construcciones, lo que ha generado un creciente interés académico y técnico por implementar metodologías estandarizadas como el método ACI-211. Este proyecto busca aplicar dicha metodología para diseñar una mezcla de hormigón con resistencia $F'c$ de 240 kg/cm² de consistencia fluida, utilizando cemento Holcim y el uso de agregados locales de la cantera CANTESAN del sitio La Chicha, Parroquia San Isidro, Cantón Sucre.

Desde el ámbito académico, este proyecto permite fortalecer las capacidades técnicas y analíticas del estudiante al aplicar conceptos fundamentales en la tecnología del concreto, normativas técnicas internacionales, control de calidad y diseño estructural. Este proceso de aprendizaje se desarrolla a través de actividades de campo y laboratorio, lo cual contribuye a una formación profesional más completa y contextualizada. De esa manera se fomenta el

desarrollo de competencias relacionadas con la formulación, ejecución y evaluación de proyectos técnicos con impacto local.

Desde la parte tecnológica, el proyecto permite implementar el diseño de mezclas de hormigón mediante el método ACI-211 como una herramienta para obtener una dosificación más precisa y que cumpla con los estándares de calidad, de tal manera que contribuirá a mejorar el control de calidad en las obras donde se implemente y utilice mezclas de hormigón como material principal, además hacer uso de materiales de origen local, evaluando técnicamente estos materiales para proporcionar información relevante en futuras aplicaciones de proyectos constructivos regionales, optimizando recursos y mejorando la calidad estructural de las construcciones.

En cuanto a su vinculación con la línea de investigación institucional, este trabajo se enmarca en el eje de desarrollo tecnológico e innovación para la construcción, permitiendo la aplicación de normativas técnicas para mejorar la calidad en futuros proyectos. El proyecto también se enfoca con los objetivos de sostenibilidad y seguridad estructural que promueve la carrera, generando un impacto positivo en la seguridad de la infraestructura del sector constructivo del cantón Sucre.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Diseñar una mezcla de hormigón con resistencia $F'c$ 240 kg/cm² de consistencia fluida, mediante el método ACI-211.

1.5.2. Objetivos específicos

Caracterizar los materiales disponibles en el sitio de ejecución, verificando su calidad mediante ensayos de laboratorio.

Aplicar el método ACI-211 para el diseño de una mezcla de hormigón con las condiciones establecidas en el proyecto.

Evaluar la mezcla diseñada mediante ensayos de resistencia a la compresión y su consistencia, en el laboratorio de hormigones.

1.6. METODOLOGÍA

La metodología adoptada en el presente proyecto combina un enfoque cuantitativo y cualitativo ya que se busca aplicar una técnica estandarizada (ACI 211) para así diseñar y validar una mezcla de hormigón estructural adaptada a materiales locales. La propuesta se fundamenta en una serie de procedimientos técnicos y científicos destinados a alcanzar el objetivo principal: obtener una mezcla con resistencia $F'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ de consistencia fluida.

Por otra parte, (Henandez, Fernandez, & Baptista, 2014) indica que el enfoque cualitativo menciona una serie de elementos secuenciales y de prueba: “El enfoque cualitativo representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios. Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base 64 en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (pág. 4).

1.6.1. Procedimiento

El desarrollo del proyecto se ejecutó un diseño de mezclas el cual se completó en varias fases. En la primera, se realizó el cálculo del $F'cr$: resistencia promedio requerida, contenido

de aire, contenido de agua, relación agua cemento A/C , contenido de cemento, peso del agregado grueso, volumen absoluto de los materiales componentes del hormigón en 1m^3 . Se aplicó el método ACI-211 para determinar las proporciones adecuadas de los componentes del hormigón. En la tercera fase, se elaboraron y curaron probetas en condiciones controladas, evaluando su resistencia a la compresión a los 7, 14, y 28 días. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos con los estándares establecidos en la NEC y con mezclas empíricas utilizadas tradicionalmente en el lugar.

1.6.2. Técnicas

Ensayo de Granulometría (ASTM C136)

Técnica utilizada para determinar la distribución de tamaños de las partículas del agregado fino y grueso, siguiendo la norma ASTM C136 (Mecánica de materiales, 2018). Este análisis fue fundamental para validar la idoneidad de los agregados utilizados en la mezcla.

Peso específico y absorción (ASTM C127 y C128)

El ensayo de peso específico y absorción permite conocer la densidad relativa de los agregados y su capacidad para absorber agua. Esta información es esencial para realizar un ajuste adecuado en la dosificación de la mezcla, especialmente cuando se utiliza el método ACI 211. Las normas ASTM C127 y C128 establecen los procedimientos para realizar este ensayo tanto en agregados gruesos como finos, respectivamente.

En este proyecto, se tomaron muestras de los agregados provenientes de la cantera Cantesan y se ensayaron en el laboratorio de hormigones de **CONCRENOR** que es una empresa dedicada a la elaboración de hormigón premezclado, respetando y garantizando una mezcla con estándares de alta calidad en la zona norte de la provincia de Manabí. Se procedió

a secar las muestras, sumergirlas en agua durante 24 horas y luego pesar su masa en condiciones saturadas, superficiales secas y secas al horno. Con estos datos se calcularon la densidad aparente, la densidad Saturada Superficialmente Seca y el porcentaje de absorción. Estos resultados fueron importantes para ajustar la cantidad de agua en el diseño de la mezcla y garantizar que la relación agua/cemento se mantuviera dentro de los parámetros establecidos. De tal forma queda demostrado que es fundamental realizar la caracterización de los materiales que formaran parte en un diseño de mezcla de hormigón, asegurando un diseño optimo, durable y que alcance la resistencia requerida para el proyecto constructivo.

Asentamiento (ASTM C143)

Ensayo de consistencia o revenimiento (Slump test). Técnica empleada para evaluar la consistencia de la mezcla de hormigón en estado fresco, como se especifica en la norma ASTM C143. Esta técnica fue aplicada para verificar que la mezcla diseñada tenga una consistencia fluida, como se establece en el objetivo.

Ensayo de Resistencia a compresión (ASTM C39)

Prueba técnica que mide la capacidad del hormigón endurecido para soportar cargas axiales, conforme a la norma ASTM C39. Se tomaron muestras en probetas cilíndricas DE 4” x 8” y se ensayaron a los 7, 14 y 28 días.

1.6.3. Métodos

Método experimental. Consistió en aplicar un conjunto de pruebas físicas y mecánicas a los materiales para determinar sus propiedades. Este método fue fundamental para validar la resistencia del hormigón y comprobar la efectividad del diseño de mezcla propuesto.

Se aplicó el método analítico para descomponer el proceso de diseño del hormigón en sus componentes fundamentales: materiales, dosificación, propiedades físicas y mecánicas. Esta estrategia permitió examinar individualmente cada elemento que compone la mezcla, como el tipo de cemento, la granulometría de los agregados, la relación agua/cemento y la consistencia de la mezcla. A través de ensayos de laboratorio y revisión normativa, se logró un análisis detallado que facilitó la comprensión técnica de los factores que influyen en la resistencia y trabajabilidad del concreto.

Además, se utilizó el método deductivo para aplicar principios teóricos establecidos por normas internacionales, como el método ACI-211 y las especificaciones ASTM. A partir de estos marcos normativos y del conocimiento científico sobre materiales de construcción, se derivaron dosificaciones adaptadas a los agregados locales, estableciendo hipótesis sobre su comportamiento y validando su eficacia mediante pruebas de laboratorio, como el ensayo de revenimiento y compresión axial.

Por último, se empleó el método inductivo para interpretar los resultados obtenidos de la experimentación en campo y laboratorio. A partir de datos empíricos como la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días se identificaron patrones de comportamiento del hormigón elaborado con materiales locales. Esto permitió establecer conclusiones técnicas generales sobre la Importancia del uso del método ACI-211 para diseños de mezclas de hormigón reforzando así la propuesta de mejorar el control de calidad en obras, mejorando las construcciones en el Cantón Sucre.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. Definiciones

Primer Componente Teórico: Diseño de Hormigón por el Método ACI 211

De acuerdo con (BOLIVAR, 2006) Dentro del diseño de mezclas de hormigón es importante “comprender que dentro de este aspecto se hace fundamental para así entender el comportamiento de una estructura construida con este material” en otras palabras es un proceso fundamental en la ingeniería civil, cuyo objetivo es obtener una mezcla que sea económicamente viable y que cumpla con los requisitos de resistencia, trabajabilidad, durabilidad y economía. El método ACI 211, desarrollado por el American Concrete Institute, constituye en sí en una de las metodologías más aceptadas a nivel mundial para el diseño de mezclas. Este método se basa en si en una serie de procedimientos experimentales y empíricos que permiten determinar las proporciones óptimas de los componentes del hormigón, tales como cemento, agua, agregados finos y gruesos (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2015)

El método ACI 211.1-91 establece que el diseño debe partir de una resistencia especificada del hormigón ($F'c$), considerando factores como la trabajabilidad, las características de los materiales y las condiciones ambientales de colocación. En este caso particular, se ha trabajado con una resistencia $F'c$ de 240 kg/cm², aplicando el criterio de consistencia fluida, esencial en zonas de difícil acceso o donde se requiere mayor facilidad de colocación (Neville, 1999)

Además, la selección adecuada del tipo de cemento, como el cemento Holcim, y de los agregados provenientes de la cantera CANTESAN, incide directamente en las propiedades finales del hormigón. De acuerdo con (Revista Digital Novasineria, 2021), la calidad del

cemento y la granulometría de los agregados afectan significativamente la resistencia, durabilidad y segregación de la mezcla.

Segundo Componente Teórico: Propiedades del Hormigón y Comportamiento Sismorresistente

Según (Nebarara, Frómeta-Salas, & Vidaud-Quintana, 2017) “El hormigón de alta resistencia tiene una elevada durabilidad y mayor resistencia a compresión, lo que permite reducir las dimensiones de los elementos estructurales; sin embargo, presenta una baja capacidad de deformación de un punto fijo que disminuye la ductilidad, lo cual genera incertidumbres para su uso en zonas sísmicas” En si esta característica frágil limita la capacidad del material para disipar energía durante un sismo, lo que afecta negativamente el desempeño estructural en zonas de alta actividad sísmica. Por ello se requiere modificar el material, por ejemplo, mediante la incorporación de fibras para mejorar su ductilidad y resistencia ante cargas dinámicas.

En particular el comportamiento sismorresistente del hormigón depende en gran medida de sus propiedades mecánicas y fisicoquímicas. Para construcciones ubicadas en zonas de alta amenaza sísmica, como la provincia de Manabí por ello es fundamental garantizar que el hormigón utilizado ofrezca no solo resistencia, sino también ductilidad, adherencia con el acero de refuerzo y capacidad de disipar energía durante un evento sísmico.

La consistencia fluida adoptada en este diseño permite mejorar la trabajabilidad del concreto en estructuras complejas o de difícil acceso, sin comprometer su resistencia. Esta propiedad, combinada con una dosificación correcta y un curado adecuado, mejora el desempeño estructural ante solicitaciones dinámicas (Metha & Monteiro, 1998).

Asimismo, la norma ecuatoriana de la construcción (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2015) exige que todo hormigón utilizado en estructuras portantes cumpla con parámetros de calidad, estableciendo una resistencia mínima según el uso previsto. En este contexto, el proyecto se alinea con los criterios técnicos y normativos vigentes, respondiendo a la necesidad de infraestructura segura en un entorno geográficamente vulnerable.

2.1. ANTECEDENTES

Datos de la Institución donde se Ejecutó el Proyecto

Dentro del proyecto se planteó el diseño de mezcla en donde se emplearon materiales provenientes de la cantera CANTESAN la cual está localizada en el sitio la Chicha. No obstante, la ejecución de las pruebas y ensayos correspondientes se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de hormigón de la empresa Concrenor.

El cemento utilizado en el diseño de mezcla fue el cemento Holcim tipo GU, el cual fue seleccionado por su disponibilidad regional y por su desempeño favorable en mezclas de concreto expuestas a ambientes agresivos y cargas estructurales (Holcim Ecuador S.A., 2025).

Previo el desarrollo del presente proyecto, las pruebas constructivas en la zona se caracterizaban por la aplicación de métodos empíricos en el diseño de mezclas de concreto, sin la aplicación de dichas normativas estandarizadas como el método ACI 211. Esta práctica conducía a inconsistencias en la resistencia del hormigón, segregación de materiales e incluso llegando a las fallas prematuras en elementos estructurales principalmente en lo que son las cimentaciones y columnas.

En el contexto local, es habitual que los constructores elaboren mezclas de manera empírica, lo que compromete la seguridad estructural, especialmente en una zona de alta sismicidad como la provincia Manabí de los constructores suelen optar por mezclas "a ojo", lo cual compromete la seguridad estructural (Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), 2015). El presente proyecto integrador se plantea como una respuesta técnica y académica a esta problemática, proponiendo un diseño estructurado, verificable y replicable para mejorar la calidad del hormigón producido en la zona.

2.1. TRABAJOS RELACIONADOS

Trabajo relacionado en otro continente

Un estudio realizado en España por (Franco, 2022) se centró en la reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD) como agregados en mezclas de hormigón, con el fin de elaborar materiales más sostenibles para paneles prefabricados. La investigación demostró que, al incorporar áridos reciclados tratados con resina epoxi, se obtiene un hormigón de buena calidad, promoviendo así un balance ambiental positivo en la industria de la construcción.

Trabajo relacionado en otro país del continente americano

En Perú, el trabajo de Poma Ariza (Ariza, 2019) desarrollo un estudio aplicando el método ACI 211 para diseñar el concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con vidrio reciclado molido como agregado fino. Los resultados evidenciaron mejoras en la resistencia a la compresión, reducción del uso de cemento hasta de un 15% y un menor impacto ambiental, promoviendo construcciones sostenibles.

Trabajo relacionado en otra provincia del Ecuador

En la provincia del Guayas, (SALTOS, 2025) realizó un estudio para evaluar las propiedades del hormigón elaborado con agregados provenientes de dos canteras locales. Utilizando el método ACI 211.1 analizaron como las características geológicas de los materiales afectan la resistencia y durabilidad del concreto, obteniendo resultados que permiten optimizar las mezclas para condiciones específicas de la región. Este trabajo aporta en si información valiosa para el diseño de concreto adaptado a las particularidades del entorno local, mejorando la calidad y desempeño de las estructuras.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se describe el desarrollo de la propuesta, la cual se ha organizado conforme a los tres objetivos específicos planteados en el proyecto. Cada sección presenta las actividades realizadas, los procedimientos técnicos aplicados, los cálculos y resultados obtenidos que permiten evidenciar el cumplimiento de los objetivos definidos.

3.1. OBJETIVO 1

Caracterizar los materiales disponibles en el sitio de ejecución

Para cumplir con este objetivo, se procedió a recolectar muestras de los materiales disponibles en el sitio La Chicha, específicamente de la cantera CANTESAN para los agregados y del cemento tipo Holcim disponible en el mercado regional. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de hormigones de la empresa conconrenor para realizar los siguientes ensayos: granulometría, absorción, peso específico, contenido de humedad.

Los resultados permitieron determinar que los agregados cumplen con las especificaciones del ACI 211 en cuanto a tamaño máximo, forma y distribución de partículas.

El cemento Holcim presentó una finura adecuada y fue clasificado como tipo GU, cumpliendo con los estándares ASTM C150.

3.2. OBJETIVO 2

Aplicar el método ACI-211 para el diseño de una mezcla de hormigón

1. Cálculo de $F'c$ (resistencia requerida)

Se calcula sumando una resistencia adicional de seguridad al valor requerido

- $F'c$ requerido = 240 kg/cm^2
- Se le suma un margen de seguridad en este caso, 84 kg/cm^2

$$F'c = 240 + 84 = 342 \text{ kg/cm}^2$$

Esto asegura que el concreto cumpla la resistencia deseada incluso con variaciones en obra o materiales.

Tabla 1 1. Cálculo de $F'c$ (resistencia requerida)

$F'cr(\text{kg/cm}^2)$	$F'cr$
Menos de 210	$F'c + 70$
210 - 350	$F'c + 84$
$F'c > 350$	$F'c + 98$

Elaborado por Jade García

2. Contenido de aire

- Tamaño máximo nominal = $12,50 \text{ mm}$
- Según tablas del ACI para concreto sin aire incorporado
- Porcentaje estimado es de: $2,5\%$

Este aire es el atrapado naturalmente en el mezclado

Tabla 2 Contenido de aire

T.M.N GRAVA (mm)	% AIRE ATRAPADO
75.00	0.30
50.00	0.50
37.50	1.00
25.00	1.50
19.00	2.00
12.50	2.50
9.50	3.00

Elaborado por Jade García

3. Contenido de agua

- Se toma del ACI según el T.M.N y el slump
- T.M. N=12.5mm
- Slump=180 mm
- Tabla ACI sugiere 228 litros de agua/m³
- Agua 228 litros

El agua influye en la trabaja

bilidad y la resistencia del concreto.

Tabla 3 Contenido de agua

SLUMP (mm)	AGUA EN LT/M ³ PARA LOS T.M.N DEL AGREGADO GRUESO						
	9.5	12.5	19	25	37,50	50,00	75.00
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO						
2,5 A 5,0	207	199	190	179	166	154	130
7,4 a 12,50	228	216	205	193	181	169	145
15 a 18	243	228	216	202	190	178	160
	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO						
	181	175	168	160	150	142	122
	228	193	184	175	165	157	133
	216	206	197	184	174	166	154

Elaborado por Jade García

4. Relación agua cemento (A/C)

Usando interpolación entre valores del ACI para concreto con resistencia conocida

Tabla base

Se interpola para $F'_c=324 \text{ kg/cm}^2$

$$Y = 0.48 \frac{0.55 - 0.48}{350 - 300} \times (324 - 300)$$

$$Y = 0.48 + \left(-\frac{0.07}{50}\right) * (-26) = 0.48 + 0.0364 = 0.516$$

A/C=0.52

Este valor es fundamental para calcular la cantidad de cemento

Tabla 4 Relación agua cemento (A/C)

RESISTENCIA A 28 DIAS	RELACION A/C	
	SIN AIRE	CON AIRE
450	0,38	0,31
400	0,43	0,34
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,62
150	0,80	0,71

Elaborado por Jade García

5. Contenido de cemento

$$\frac{A}{c} = \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}} \rightarrow C \frac{\text{Agua}}{A/c} = \frac{228}{0.52} = 438.46 \text{ kg/m}^3$$

Redondeado

$$C = 450 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow \frac{450 \text{kg}}{\frac{50 \text{kg}}{\text{sacos}}} = 9 \text{ sacos}$$

Así se obtuvo la cantidad necesaria de cemento para 1m³ de concreto.

6. Peso del agregado grueso

$$\text{Peso A. G} = V * Puc$$

Donde

- V=0.532m³ (volumen del agregado grueso)
- Puc=1691 kg/m³ (peso unitario compactado del

$$\text{Peso A. G} = 0.532 * 1691 = 899.612 \text{kg}$$

→ redondeado a 900kg/m³

Tabla 5 Peso del agregado grueso

PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CEMENTO						
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL (mm)	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	MF
75,00	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	
63,00	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	
50,00	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	
37,50	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	
25,00	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63	
19,00	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58	
12,50	0,59	0,57	0,55	0,53	0,51	
9,50	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	

Elaborado por Jade García

7. Volumen absoluto de los materiales

Ahora se convierte el peso a volumen para comprobar que el total sea $=1m^3$

- Volumen del Cemento

$$Densidad = \frac{3000kg}{m^3} \rightarrow V = \frac{450}{3000} = 0.15m^3$$

- Volumen de Agua

$$Densidad = 1000kg/m^3 \rightarrow V = \frac{228}{1000} = 0.228m^3$$

- Volumen del agregado grueso (ripió)

$$Densidad = 2880Kg/m^3 \rightarrow V = \frac{900}{2880} = 0.3125m^3 \approx 0.313m^3$$

- Volumen Aire

Como ya se indicó anteriormente el contenido de aires es de: 2.5%

$$V_{aire} = \frac{2.5}{100} = 0.025m^3$$

Este volumen hace representación al aire atrapado en el concreto

- Volumen total de materiales sólidos
- Cemento: $0.15m^3$
- Agua: $0.028m^3$
- Ripio: $0.013m^3$
- Aire: $0.025m^3$

$$V_{total} = 0.15 + 0.028 + 0.013 + 0.025 = 0.216m^3$$

Faltan $0.284m^3$ para completar el $1m^3$ de mezcla. Ese corresponde al volumen de la arena.

8. Volumen y peso del agregado fino (arena)

$$V_{arena} = 1 - V_{total} = 1 - 0.216m^3 = 0.784m^3$$

Ahora se multiplica por la densidad del agregado fino

- Densidad arena = $2890kg/m^3$

$$Peso\ arena = 0.784 \times 2890 = 2265.76 \approx 2266$$

9. Resumen del diseño de mezcla por m^3 de concreto

Tabla 6 Resumen del diseño de mezcla por m^3 de concreto

RESUMEN DE MEZCLA DISEÑO 240KG/CM ² SLUMP 18 CM					
MATERIALES	PESO (KG)	% PIEDRA	% PIEDRA ARENA	DENSIDAD (KG/M3)	VOLUMEN (M3)
CEMENTO HOLCIM GU	450			3000	0,15
AGUA POTABLE	228			1000	0,228
RIPIO CANTERA CANTESAN	900	100	52.29	2880	0,313
ARENA DE CANTERA CANTESAN	821		47.71	2890	0,284
%AIRE 2,5					0,025
	2399	a/c	0,52		1,00

Elaborado por Jade García

Finalmente se obtuvieron las dosificaciones para 1m³ de hormigón se detalla a continuación los pesos.

10. Peso específico del hormigón

Suma de los pesos

$$450 + 228 + 900 + 821 = 2399kg/m^3$$

$$Peso\ especifico = 2399kg/m^3$$

Con base en los resultados obtenidos de la caracterización de materiales, se procedió a aplicar el método ACI 211.1 para el diseño de la mezcla. Se utilizó una

resistencia especificada $F'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, asentamiento de $18 \pm 4 \text{ cm}$ para consistencia fluida y tamaño máximo de agregado de 19 mm .

Los pasos ejecutados incluyeron: determinación de la relación agua/cemento, selección del contenido de agua, cálculo del contenido de cemento, ajuste de agregados gruesos y fino y elaboración de una mezcla de prueba. La mezcla obtenida fue: Cemento = 450 kg/m^3 , Agua = 228 kg/m^3 , Agregado grueso = 900 kg/m^3 , Agregado fino = 821 kg/m^3 . Esta mezcla fue verificada mediante la prueba de revenimiento y compactación, obteniendo la trabajabilidad requerida.

3.3. OBJETIVO 3

Evaluar la mezcla diseñada mediante ensayos de resistencia y trabajabilidad.

Una vez elaborada la mezcla de hormigón, se fabricaron probetas cilíndricas de $10 \times 20 \text{ cm}$, las cuales fueron curadas en condiciones controladas. Se realizaron ensayos de trabajabilidad y de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Dichas pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de la empresa de Concrenor, que está ubicado en el kilómetro 8 de Bahía de Caráquez, cantón Sucre.

Durante estos ensayos se pudieron evaluar la resistencia a la compresión, la trabajabilidad solicitada (slump) y la temperatura ambiental al momento del vaciado. La temperatura registrada fue de 28°C se evaluó el tema de la temperatura fue una temperatura por debajo de la permitida fueron 28°C , valor que se encuentra por debajo del límite permitido (32°C), lo cual favoreció el adecuado comportamiento del concreto.

Los resultados obtenidos fueron:

- A los 7 días = 185 kg/cm²
- A los 14 días = 228 kg/cm²
- A los 28 días = 319.56 kg/cm²

Estos resultados evidencian que la mezcla cumple satisfactoriamente con la resistencia requerida a los 28 días, según el diseño. También se observó una buena trabajabilidad durante el mezclado y colocación, validada por el ensayo de revenimiento con un asentamiento promedio de 18 +/-4 cm, lo que corresponde una consistencia fluida para los fines del proyecto.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

En conclusión, se logró caracterizar satisfactoriamente los materiales disponibles en el sitio La Chicha. Los agregados provenientes de la cantera CANTESAN y el cemento Holcim cumplen con las especificaciones técnicas exigidas por las normas ACI y ASTM, permitiendo su uso en mezclas de concreto estructural.

Se aplicó correctamente el método ACI 211.1 para el diseño de una mezcla de concreto con resistencia $f'_c = 240$ kg/cm² y consistencia fluida. La dosificación obtenida fue adecuada tanto en términos de resistencia como de trabajabilidad, validando su efectividad para ser utilizada en obras locales.

Los ensayos de resistencia a la compresión confirmaron que la mezcla alcanza e incluso supera la resistencia requerida a los 28 días. Además, el revenimiento promedio evidenció que se obtuvo la consistencia fluida deseada, cumpliendo con los parámetros de diseño establecidos

4.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los maestros de obra y constructores del cantón Sucre capacitarse en el uso del método ACI 211 para el diseño de mezclas de concreto, con el fin de mejorar la calidad de las construcciones y reducir fallas estructurales.

2. A las autoridades locales y GAD Municipal, se sugiere fomentar proyectos de mejoramiento de infraestructura utilizando mezclas de concreto técnicamente diseñadas, priorizando materiales de origen local que hayan sido evaluados y certificados.

3. A los centros de formación técnica, se les recomienda incluir prácticas laborales frecuentes en sus mallas curriculares, de modo que los estudiantes adquieran habilidades en diseño de mezclas de concreto y evaluación de materiales conforme a normas internacionales.

Bibliografía

- Ariza, J. A. (2019). *ANÁLISIS Y DISEÑO PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO $F'_{C}=210\text{KG/CM}^2$ ADICIONANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO AGREGADO FINO SEGUN LA NORMA ACI 211*. LIMA 2019. Obtenido de <file:///C:/Users/jadeg/Downloads/Poma%20Ariza,%20Julio%20Alberto%20%20.pdf>
- BOLIVAR, O. G. (2006). *DOSIFICACION DE MEZCLAS DE HORMIGON METODOS ACI 211, WEYMOUTH, BOLOMEY, FAURY*. <file:///C:/Users/jadeg/Downloads/Dosificacion%20de%20mezclas%20de%20hormigo%CC%81n.%20Metodos%20ACI%20211.1,%20Weymouth,%20Fuller,%20Bolomey,%20Faury%20.pdf>.
- Franco, M. E. (2022). *HORMIGONES CON ARIDOS GRUESOS RECICLADOS (RCA) MAS POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA PANALES PREFABRICADOS EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL*. Obtenido de https://oa.upm.es/73629/1/MIRIAN_ELIZABETH_LOMAS_FRANCO.pdf
- Henandez, S. R., Fernandez, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodologia de la investigacion*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Holcim Ecuador S.A. (2025). *HOLCIM ECUADOR*. Obtenido de <https://www.holcim.com.ec/cemento-holcim-petrolero-fuerte>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2015). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/MTOP_NEC-SE-DS.pdf
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2015). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) – Especificaciones para hormigón estructural*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Mehta, P. K. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill Education.
- Mehta, P. K. (2014). *Hormigón: Microestructura, propiedades y materiales*. McGraw-Hill Education. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/591736662/Concreto-Mehta-Monteiro>
- Metha, K., & Monteiro, P. (1998). *Concreto, Estructura, propiedades y materiales*. (G. Luna Cisner, Trad.) Mexico: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,

- A.C. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/591736662/Concreto-Mehta-Monteiro>
- Muñoz, R. J. (2006). *CARACTERIZACIÓN DE CONCRETOS DE BAJA RESISTENCIA EN VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL*. MEXICO: UNAM. Obtenido de <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/805af59d-808a-4d61-a251-0eaaf3259eb7/content>
- Nebarara, J., Frómeta-Salas, Z. P., & Vidaud-Quintana, I. N. (2017). *COMPORTAMIENTO MECÁNICO EN ZONAS DE ALTA SISMICIDAD DE*. Obtenido de Ciencia en su PC: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181351125003.pdf>
- Neville, A. M. (1999). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO-NEVILLE*. Soledad Moline Venanzi.
- Palacios, M. (2021). *Ejercicio Dosificación ACI 211.1*. PRESENTACION, QUITO. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/547998074/Ejercicio-Dosificacion-ACI-211-1#:~:text=Dosificaci%C3%B3n%20ACI%20211.1-,Este%20documento%20proporciona%20las%20especificaciones%20para%20dosificar%20el%20hormig%C3%B3n%20que,cm2%20a%20los%2028%20d%C3%ADas>.
- Revista Digital Novasinergia. (2021). *Revista Digital Novasinergia*. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26542021000100091
- SALTOS, N. N. (2025). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA* . Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30298/1/UPS-GT006299.pdf>
- Universidad Nacional de San Juan. (2018). *Mecanica de materiales*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-san-juan/mecanica-de-materiales/astm-d6913-d6913m-17-astm-d-6913-espanol/114437697>
- Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga. (2022). *Diseño de Mezclas de Concreto - Método ACI 211*.

ANEXOS



Ilustración 1, Elaboración de la mezcla diseñada en las instalaciones del laboratorio de conrenor.



Ilustración 2 verificación de la temperatura del hormigón 28.5°C en la muestra elaborada.



Ilustración 3, prueba con el cono de Abrams, para verificar la consistencia de 18 cm por la cual fue diseñada



Ilustración 4, toma de muestra de hormigón diseñado en cilindros de 4 x 8 pulgadas.



Ilustración 5, cilindros en estado fresco.



Ilustración 6, rotura de cilindro en prensa hidráulica a la edad de 7 días.



Ilustración 7, rotura de cilindro en prensa hidráulica a la edad de 14 días.



Ilustración 8, rotura de cilindro en prensa hidráulica a la edad de 28 días obteniendo una resistencia final de 325 kg/cm2 cumpliendo satisfactoriamente con el diseño teórico realizado.