



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

DISEÑO DE HORMIGON POR EL METODO DEL ACI-211 CON RESISTENCIA $f'c$ 240 KG/CM², CONSISTENCIA FLUÍDA, TIPO DE CEMENTO CHIMBORAZO Y AGREGADOS DE CANTERA CANTESAN, SITIO LA CHICHA, PARROQUIA SAN ISIDRO, CANTON SUCRE.

Autora:

Lía Melissa Alvarado Morales

Tutor(a)

Ing. Patricio Pazmiño Balda

Unidad Académica:

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica.

Carrera:

Tecnología Superior en Construcción Sismorresistente.

Bahía de Caráquez, septiembre de 2025.

CERTIFICACION DEL TUTOR

Ing. Patricio Pazmiño Balda; docente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, en calidad de Tutor(a).

CERTIFICO:

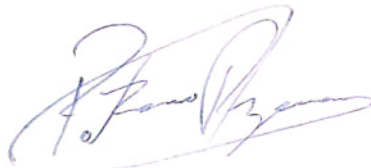
Que el presente proyecto integrador con el título: “DISEÑO DE HORMIGON POR EL METODO DEL ACI-211 CON RESISTENCIA F´C 240 KG/CM2, CONSISTENCIA FLUÍDA, TIPO DE CEMENTO CHIMBORAZO Y AGREGADOS DE CANTERA CANTESAN, SITIO LA CHICHA, PARROQUIA SAN ISIDRO, CANTON SUCRE.” ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, está listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son fruto de la perseverancia y originalidad de su(s) autor(es):

Lía Melissa Alvarado Morales,

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

Bahía de Caráquez, septiembre de 2025.



Ing. Patricio Pazmiño Balda

TUTOR(A)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien(es) suscribe(n) la presente:

Lía Melissa Alvarado Morales,

Estudiante(s) de la Carrera de **Tecnología Superior en Construcción Sismorresistente**, declaro(amos) bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: "DISEÑO DE HORMIGON POR EL METODO DEL ACI-211 CON RESISTENCIA F' C 240 KG/CM2, CONSISTENCIA FLUÍDA, TIPO DE CEMENTO CHIMBORAZO Y AGREGADOS DE CANTERA CANTESAN, SITIO LA CHICHA, PARROQUIA SAN ISIDRO, CANTON SUCRE.", previa a la obtención del Título de Tecnóloga en Construcción Sismorresistente, 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.



Lía Melissa Alvarado Morales



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: “DISEÑO DE HORMIGON POR EL METODO DEL ACI-211 CON RESISTENCIA F´C 240 KG/CM2, CONSISTENCIA FLUÍDA, TIPO DE CEMENTO CHIMBORAZO Y AGREGADOS DE CANTERA CANTESAN, SITIO LA CHICHA, PARROQUIA SAN ISIDRO, CANTON SUCRE.” de su(s) autor(es): *Lía Melissa Alvarado Morales*, de la Carrera “**Tecnología Superior en Construcción Sismorresistente**”, y como Tutor del Trabajo el/la Ing. Patricio Pazmiño Balda.

Bahía de Caráquez, septiembre de 2025.

Lic. Eduardo Caicedo Coello, PhD
DECANO(A)

Ing. Patricio Pazmiño Balda
TUTOR(A)

PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL

SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. María Verónica Aguilar García
SECRETARIA

SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis docentes de la carrera Construcción Sismorresistente, por brindarme con dedicación y paciencia todos los conocimientos necesarios, que hoy en día me han ayudado a desarrollarme de manera profesional.

Agradezco a todas y cada una de las personas que estuvieron conmigo y me motivaron en este proceso.

Lía Melissa Alvarado Morales

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo quiero dedicar a mis padres, Agustín Alvarado y Jacqueline Morales, por ser mi fuente de apoyo cada día y que, con sus esfuerzos, valores, ejemplo de superación y sabiduría, me motivaron a seguir adelante y me ayudaron a convertirme en una persona responsable y honesta.

A mi hermano Gabriel que, con sus consejos, compañía y amor, me alentó a continuar en la carrera y a no desistir cuando todo se ponía difícil.

A mi pareja, Abel, por haber sido una fuente constante de inspiración y apoyo durante este proceso. Gracias por compartir tus conocimientos, por motivarme en los momentos más difíciles y por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

Lía Melissa Alvarado Morales

RESUMEN

En la provincia de Manabí, muchas construcciones aún utilizan mezclas de hormigón elaboradas de forma empírica, sin respaldo técnico ni ensayos que garanticen su calidad. Esta práctica pone en riesgo la resistencia estructural, especialmente en zonas de alta actividad sísmica como el cantón Sucre. Ante esta problemática, el presente trabajo tuvo como objetivo general diseñar una mezcla de hormigón con resistencia $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y consistencia fluida, aplicando el método ACI 211.1, utilizando cemento Chimborazo tipo GU y agregados de la cantera Cantesan, ubicada en el sitio La Chicha.

La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, basada en el procedimiento del ACI 211.1, que incluyó el análisis de propiedades de los materiales, interpolaciones y cálculos para determinar las proporciones óptimas. Como resultado, se obtuvo una dosificación final por metro cúbico de mezcla con: 396 kg de cemento, 903 kg de ripio, 928 kg de arena, 206 kg de agua y 4 kg de aditivo.

Se concluye que, al aplicar un diseño técnico con base normativa, es posible obtener mezclas de hormigón seguras y de calidad, adaptadas a las condiciones locales, promoviendo mejores prácticas constructivas en la región.

PALABRAS CLAVE

Hormigón, método ACI 211, diseño de mezcla, cemento, agregado fino, agregado grueso, aditivos

ABSTRACT

In the province of Manabí, many construction projects still use empirically mixed concrete, without technical support or laboratory validation. This practice compromises structural strength, especially in high seismic risk areas such as Sucre canton. In response to this problem, the main objective of this research was to design a concrete mix with a compressive strength of $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ and fluid consistency, applying the ACI 211.1 method, using Chimborazo GU-type cement and aggregates from the Cantesan quarry, located in the La Chicha area.

The methodology followed a quantitative approach based on the ACI 211.1 procedure, which involved analyzing the physical properties of the materials, performing interpolations, and calculating optimal mix proportions. The final mix design per cubic meter included: 396 kg of cement, 903 kg of coarse aggregate, 928 kg of fine aggregate, 206 kg of water, and 4 kg of plasticizer additive.

It is concluded that by applying a standardized and technical design process, it is possible to achieve high-quality and safe concrete mixtures adapted to local materials, promoting better construction practices in the region.

KEYWORDS

Concrete, ACI 211 method, mix design, cement, fine aggregate, coarse aggregate, additives

ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN	VII
PALABRAS CLAVE	VII
ABSTRACT	IX
KEYWORDS	IX
ÍNDICE.....	XI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. TITULO	1
1.2. INTRODUCCIÓN	1
1.3. PROBLEMA	3
1.4. JUSTIFICACIÓN	6
1.5. OBJETIVOS.....	7
1.5.1. Objetivo general	7
1.5.2. Objetivos específicos.....	8
1.6. METODOLOGÍA	8
1.6.1. Procedimiento.....	8
1.6.2. Técnicas	10
1.6.3. Métodos.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. DEFINICIONES	12
2.1.1. Hormigón.....	12
2.1.2. Composición del hormigón	13
2.1.3. Relación Agua/Cemento.....	17
2.1.4. Tamaño máximo del agregado	17

2.1.5. Tamaño máximo nominal	18
2.1.6. Módulo de finura.....	18
2.1.7. Diseño de mezclas de hormigón	19
2.1.8. Métodos de diseño de mezclas de hormigón	19
2.2. ANTECEDENTES.....	20
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS.....	22
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA	25
3.1. OBJETIVO 1	25
3.1.1. Datos técnicos del cemento, agregados y asentamientos necesarios para aplicar el método ACI 211.1 en el diseño del hormigón.....	25
3.2. OBJETIVO 2	26
3.2.1. Cálculo de resistencia F'_{cr}	26
3.2.2. Contenido de aire en el hormigón.....	27
3.2.3. Contenido de agua	27
3.2.4. Relación Agua/Cemento (A/C)	28
3.2.5. Ajuste de agua efectiva	29
3.2.6. Contenido de cemento	29
3.2.7. Peso del agregado grueso	30
3.2.8. Volumen absoluto de los materiales.....	31
3.2.9. Peso de arena	34
3.3. OBJETIVO 3	35
3.3.1. Cuadro final de dosificación del diseño de mezcla.....	35
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
4.1. CONCLUSIONES	37
4.2. RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Cuadro resumen de dosificación del diseño de mezcla</i>	35
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cálculo de F'_{cr} en función de F'_c según el método ACI 211.....	26
Tabla 2 <i>Cálculo de contenido de aire</i>	27
Tabla 3 <i>Cálculo contenido de agua</i>	27
Tabla 4. <i>Cálculo Agua/Cemento</i>	28
Tabla 5. <i>Cálculo del peso del agregado grueso</i>	30

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. TITULO

DISEÑO DE HORMIGON POR EL METODO DEL ACI-211 CON RESISTENCIA F'C 240 KG/CM2, CONSISTENCIA FLUÍDA, TIPO DE CEMENTO CHIMBORAZO Y AGREGADOS DE CANTERA CANTESAN, SITIO LA CHICHA, PARROQUIA SAN ISIDRO, CANTON SUCRE.

1.2. INTRODUCCIÓN

El hormigón es un material de construcción sumamente importante, ya que, es el más utilizados a nivel mundial debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad. La calidad y comportamiento obtenidos de este material, dependen directamente de la adecuada proporción de sus materiales, lo cual torna al diseño de mezclas en un aspecto fundamental para garantizar estructuras seguras y eficientes. Por otra parte, el American Concrete Institute indica que, la mezcla de hormigón debe ser correctamente diseñada, para así poder garantizar ciertas características como: resistencia, trabajabilidad, durabilidad y economía (ACI, 2002). El método ACI 211 está consolidado como una de las practicas más confiables para la dosificación del hormigón, debido a que, permite establecer proporciones óptimas de los materiales en función de las condiciones del proyecto y las características de los materiales disponibles. Hay varios factores que debemos considerar, y uno de los más importantes es elegir los materiales adecuados, como son los agregados y el cemento. También es crucial revisar la relación agua/cemento, ya que estos elementos son fundamentales para el comportamiento mecánico del hormigón.

Asocreto (2011) indica que, al momento de realizar un diseño de hormigón, los materiales escogidos, como son los locales tienen un impacto significativo en la resistencia final del hormigón, por lo que deben ser tomados en cuenta sus características

desde un principio. En áreas sísmicas, como son la costa ecuatoriana, estas consideraciones se vuelven aún más críticas, ya que la resistencia del material es sumamente importante para la seguridad estructural de los edificios.

En el estudio de Cordero et al. (2022) indican que en Colombia aplicaron el método ACI para diseñar mezclas de hormigón con fines educativos y para mejorar la calidad de obras locales. En Ecuador, Chango Pilla (2021) realizó un diseño de mezclas manejando agregados de la ciudad de Tungurahua, y afirma que estos intervienen significativamente en las propiedades del hormigón, ya que, sus características varían según la región. Además, Ortiz Hernández et al. (2020) analizaron hormigones con agregados del río Portoviejo y Chone, encontrando diferencias importantes en la resistencia final. Estos trabajos muestran lo necesario que es estudiar y usar métodos que realmente funcionen con los materiales que se tienen en cada zona, y que respondan a lo que se necesita en cada tipo de construcción.

En el presente trabajo se desarrolla un diseño de una mezcla de hormigón con una resistencia de 240 kg/cm², aplicando el método ACI 211.1. Los agregados a utilizar se extraen de la cantera Cantesan y el cemento tipo GU de la marca Chimborazo se cargó con cuidado en lo siguiente. El objetivo era obtener una mezcla de concreto que cumpliera con los estándares necesarios de resistencia, trabajabilidad y durabilidad para construcciones ubicadas en zonas sísmicas, como las presentes en la provincia de Manabí. Además, mejora el progreso tecnológico del área y sirve como apoyo para los procedimientos normativos en la construcción.

Esto lleva a la industria de la construcción directamente en la dirección de una carrera de Tecnología Superior en Construcción Sismo-Resistente, al poder aplicar conocimientos técnicos con respecto a materiales, dosificación y controles de mezcla, regulaciones actuales como el uso de métodos de concreto ACI 211. Esta carrera tiene como objetivo formar profesionales capaces de enfrentar los desafíos que plantea la construcción en una región como Ecuador, cuya costa se caracteriza por su alto riesgo y actividad sísmica. Este trabajo, por tanto, fortalece las competencias en diseño estructural seguro y eficiente, necesarias para contribuir a una infraestructura resiliente en el contexto local

1.3. PROBLEMA

Es importante que, al momento de realizar proyectos de construcción, las mezclas de diseño de hormigón estén correctamente proporcionadas, ya que, el principal objetivo en este campo es alcanzar altos niveles de calidad y seguridad estructural. Cuando no aplicamos una dosificación técnica y correctamente estandarizada, las edificaciones no solo pierden calidad en cuanto a resistencia y durabilidad, sino que también se exponen a posibles fallas estructurales y aumentos innecesarios en los costos.

Diseñar una mezcla de hormigón implica seguir procedimientos técnicos que han sido propuestos en normas internacionales lo es el ACI 211 una de las más utilizadas en la práctica profesional, mediante los cuales se determinan las proporciones adecuadas de cemento, agregados, agua y aditivos. Realizar un diseño de hormigón permite que este cumpla con requisitos determinados como resistencia característica, trabajabilidad y durabilidad, adaptados a las condiciones locales de materiales y clima (Cordero E et al., 2022).

De acuerdo con Étienne (2025), el método ACI 211.1 constituye una herramienta técnica necesaria para las obras de infraestructura, ya que permite alcanzar mezclas óptimas desde el punto de vista estructural y económico, asegurando la calidad del concreto y el cumplimiento de especificaciones técnicas exigidas por el diseño

Sin embargo, seguimos viendo que, en Ecuador, en el sector de la construcción, está normalizado que muchas obras se ejecuten sin aplicar un diseño de mezclas de hormigón. Frecuentemente se preparan mezclas en obra según lo que dicta la experiencia del personal del trabajador de campo, sin respaldar en pruebas de laboratorio ni en normas técnicas que garanticen su calidad. Esta situación genera mezclas con características variables y dudosas que suelen afectar el comportamiento estructural de las construcciones (Santamaría et al., 2018).

Los principales problemas que se presentan debido a no realizar correctamente un diseño de mezclas de hormigón son: mezclas con baja resistencia, fisuración temprana, poca cohesión, retracción, y en general, pérdida de vida útil de los elementos estructurales. Este tipo de fallas no solo compromete el funcionamiento adecuado de la estructura, sino que también implica costos altos en reparaciones futuras y puede causar desconfianza.

Este problema está vinculado a la alta informalidad en el sector de la construcción. Según datos publicados por Construcciones UCE (2019), el 70 % de las construcciones en el país se realizan informalmente, sin cumplir con normativas técnicas ni procesos de control de calidad en obra. Asimismo, la Cámara de la Industria de la Construcción (Camicon) informó que cerca del 60 % de las edificaciones en Quito no cuentan con estudios de suelo, planos estructurales aprobados ni supervisión profesional (Comercio,

2016). Por lo tanto, la dosificación del concreto suele realizarse “a ojo”, sin criterios técnicos definidos ni validación mediante ensayos de resistencia, lo que pone en riesgo la calidad estructural de las edificaciones, especialmente en zonas sísmicas.

En el ámbito internacional, el método de diseño de mezclas de concreto que ha logrado convertirse en una de las prácticas más reconocidas y aplicables en la Ingeniería Civil es ciertamente el ACI 211 de este Instituto Americano del Concreto. Su naturaleza sistemática y en evolución lo ha convertido en la norma no solo en América, sino que ha sido adoptado como referencia técnica en varias naciones, con el objetivo de estandarizar o mejorar sus trabajos de concreto. (Zanwar & Jamkar, 2016)

En la provincia de Manabí, investigaciones recientes han demostrado que los concretos destinados a desarrollar una resistencia de prueba de 240 kg/cm² utilizando agregados de los ríos Portoviejo y Chone no alcanzaron el valor nominal a los 28 días. Estas pruebas encontraron que estos materiales, junto con una mala dosificación y el no seguir métodos estándar (como el ACI 211.1), están causando que el concreto producido no cumpla con la resistencia y calidad estructural esperadas por ambas partes. (Ortiz Hernández et al., 2020)

En particular, en la provincia de Manabí, los proyectos de construcción frecuentemente utilizan materiales locales como el cemento Chimborazo tipo GU y agregados provenientes de la cantera Cantesan, ubicada en el sitio La Chicha. Aunque estos materiales cumplen con las normas ecuatorianas, su comportamiento dentro de la mezcla puede variar si no se realiza un diseño técnico específico.

Por tanto, se considera necesario aplicar un diseño de mezcla de hormigón mediante el método del ACI 211.1, con una resistencia f'_c de 240 kg/cm² y consistencia fluida, empleando cemento Chimborazo y agregados locales de la cantera Cantesan. El presente proyecto busca señalar que, mediante una dosificación dada mediante una técnica adecuada, se puede garantizar la calidad del hormigón, mejorar el rendimiento en obra y fomentar buenas prácticas constructivas en la zona.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Es fundamental que en las zonas de alta actividad sísmica como lo es la provincia de Manabí, ubicada en Ecuador, se lleve a cabo un correcto diseño de mezclas de hormigón que garanticen la resistencia estructural, durabilidad y calidad de las obras. Sin embargo, persiste la práctica empírica de dosificación “a ojo”, sin respaldo normativo ni ensayos de validación, lo que ha generado edificaciones con baja resistencia, fisuras prematuras y problemas de durabilidad.

La presente investigación propone el diseño de una mezcla de hormigón mediante el método ACI 211.1, con una resistencia característica f'_c de 240 kg/cm² y consistencia fluida, utilizando cemento Chimborazo tipo GU y agregados provenientes de la cantera Cantesan, ubicada en el sitio La Chicha, parroquia San Isidro, cantón Sucre. Se afirma que esta iniciativa está justificada por la necesidad de aplicar prácticas comunes y técnicas que proporcionen un rendimiento estructural efectivo y de calidad en el concreto de proyectos locales.

A nivel técnico, este estudio tiene como objetivo demostrar que, mediante el uso de una composición estándar como la ACI 211.1, es posible lograr una mano de obra en concreto mientras se adaptan estos materiales disponibles en sitios cercanos. Esto no solo

ayuda a mejorar el rendimiento de los proyectos, sino que también ahorra dinero en reparaciones futuras y evita fallas estructurales.

Se espera que esta investigación permita el establecimiento de una cultura judicial más racional y segura, con diseños normales implementados en sitios de trabajo no estándar. De esta manera, podría ayudar a hacer los hogares más seguros y dar a los residentes más confianza en su infraestructura local.

Metodológicamente, este estudio puede ser utilizado como punto de partida para otras investigaciones sobre el método ACI en Brasil y hacer posible comparar su comportamiento considerando diversos materiales regionales. Crear una descripción de proceso tan detallada sería útil para estudiantes, profesionales y empresas de construcción que puedan estar interesados en mejorar sus prácticas de dosificación.

A nivel disciplinario, esta investigación contribuye a la ingeniería civil en Ecuador, colaborando con un estándar de construcción más técnico y seguro. También fomenta el uso racional de los recursos locales y los gestiona de acuerdo con estándares internacionales. En conclusión, el desarrollo de esta investigación es viable, pertinente y necesaria. Existen los recursos técnicos y académicos suficientes para llevarla a cabo, y sus resultados tendrán un impacto positivo tanto en el sector de la construcción como en la comunidad, aportando a la mejora continua de la calidad estructural en Manabí y otras regiones del país.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Realizar el diseño de una mezcla de hormigón con resistencia $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y consistencia fluida, utilizando el método ACI 211.1.

1.5.2. Objetivos específicos

- Recolectar y organizar los datos técnicos del cemento, agregados y asentamientos necesarios para aplicar el método ACI 211.1 en el diseño del hormigón.
- Aplicar paso a paso el procedimiento del método ACI 211.1 para calcular la dosificación teórica del hormigón con resistencia $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y consistencia fluida.
- Elaborar el cuadro final de dosificación del diseño de mezcla, expresando las proporciones por metro cúbico de hormigón y en unidades prácticas para su posible uso en obra.

1.6. METODOLOGÍA

1.6.1. Procedimiento

Para el desarrollo de este trabajo se aplicó el procedimiento establecido por el método ACI 211.1, siguiendo una secuencia lógica que permite calcular la dosificación teórica del hormigón con resistencia $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$ y consistencia fluida. Los pasos fueron los siguientes:

- **Recolección y organización de datos:**

Se recopilaron los datos técnicos de los materiales disponibles que incluían la densidad del cemento, el peso unitario suelto y compactado, la absorción de equilibrio del agregado grueso, la densidad del agregado fino, el módulo de finura, así como el rango de asentamiento. Esa información fue crucial para la correcta aplicación del método ACI 211.1.

➤ **Determinación de la resistencia corregida (f'_{cr}):**

La resistencia de diseño calculada f'_{cr} se basó en el método de ACI 211 ajustándose según la variación del material y las condiciones del sitio.

➤ **Determinación del contenido de aire recomendado:**

El porcentaje de aire incorporado se calculó de acuerdo con el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

➤ **Estimación del contenido de agua:**

Usando tablas del método ACI para asentamiento de mezclas con consistencia fluida: Para estimar el contenido de agua requerido para lograr una mezcla con asentamiento de 180 mm (expresado en tablas del método ACI para asentamientos de mezclas con consistencia fluida).

➤ **Selección de la relación agua/cemento (A/C):**

La relación A/C es uno de los aspectos más importantes a determinar. La relación A/C se seleccionó mediante la resistencia corregida (f'_{cr}) y el tipo de cemento utilizado.

➤ **Determinación del contenido de cemento:**

La cantidad de cemento se calculó dividiendo el contenido de agua por la relación A/C.

1. Ajuste del volumen de agua efectiva: El agua se corrigió por la adición de productos químicos.
2. Cálculo final del contenido de cemento: Este valor se ajustó con el agua efectiva ajustada.

➤ **Determinación del peso del agregado grueso por m^3 :**

Usando el módulo de finura del agregado fino y el tamaño máximo nominal del

agregado grueso (T.M.N = 19 mm), se determinó el volumen unitario del agregado grueso mediante interpolación en las tablas del ACI.

➤ **Cálculo del volumen absoluto de los materiales:**

Se establecieron los volúmenes de agua, cemento y agregados para tener 1 m³ de mezcla con las densidades reales de cada material.

➤ **Cuadro final de dosificación del diseño de mezcla:**

Se elaboró el cuadro resumen con los valores finales por metro cúbico de cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y aditivo plastificante acelerante (en porcentaje respecto al peso del cemento), expresados en kg y litros según corresponda.

1.6.2. Técnicas

Se utilizó la técnica de análisis de datos para procesar la información técnica recopilada de los materiales, transformándola en valores cuantificables necesarios para el diseño de mezcla. Según (Hernández Sampieri et al., 2014), esta técnica permite organizar, interpretar y aplicar datos numéricos dentro de un proceso investigativo.

En este proyecto, se aplicó para convertir propiedades como densidad, absorción, peso unitario y módulo de finura en parámetros que fueron empleados en los cálculos del método ACI 211.1. Gracias a su uso, se determinaron la resistencia corregida (f'_{cr}), el contenido de agua, la relación agua/cemento, el contenido de cemento, los ajustes por absorción, y se realizaron interpolaciones cuando fue necesario. También permitió consolidar los resultados en la dosificación final, incluyendo el uso del plastificante acelerante.

1.6.3. Métodos

Este estudio ilustra el enfoque cuantitativo para definir y controlar variables generales en el diseño de concreto, como densidades, tasas, resistencia final, demanda de agua, asentamiento y relación agua/cemento. El uso del método ACI 211.1 ayudó a determinar, con la ayuda de estas relaciones, y cumplir con el requisito técnico necesario en el desarrollo de una mezcla.

Según (Neill & Cortez Suárez, 2018) el enfoque cuantitativo “es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, lo que implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados

Gracias al método cuantitativo se obtuvieron resultados precisos y verificables que sustentan la dosificación propuesta.

También se aplicó el método cualitativo para comprender el contexto y las características físicas y mecánicas de los materiales utilizados, como el cemento Chimborazo y los agregados de la cantera Cantesan.

Según Compilatio (2024), la investigación cualitativa o el estudio cualitativo es un método de investigación que se centra en la recopilación de datos precisos para comprender hechos, comportamientos y fenómenos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

2.1.1. Hormigón

De acuerdo con Chango Pilla (2021) el hormigón es un material artificial que se obtiene al combinar arena, grava, cemento y agua. Sus propiedades dependen principalmente de la calidad de los componentes utilizados, así como de factores como la humedad, la temperatura y las condiciones durante el proceso de diseño, preparación y fraguado.

Mastropiero (2021) señaló que el concreto es uno de los materiales de construcción más demandados actualmente, dada su importancia en el desarrollo urbano. Con su estructura moldeable y las demandas del edificio, especialmente cuando aún está fresco, el concreto puede personalizarse para cumplir con los requisitos específicos del proyecto, por lo que, en general, el dólar pagado refleja una mezcla tan única como cada encargo arquitectónico.

El concreto es imprescindible en la construcción moderna por su funcionalidad y capacidad estructural, según muchos escritores. Chango Pilla (2021) se refiere a esto como una mezcla artificial, para cuya calidad es esencial que todos los elementos presentes en su composición hayan sido seleccionados correctamente y procesados adecuadamente bajo parámetros específicos de humedad y temperatura durante su fabricación. Mastropiero (2021) también destaca su aplicabilidad a escala urbana contemporánea, demostrando el uso del material en su estado fresco y moldeándolo en diversas formas para facilitar la construcción en proyectos con demandas técnicas muy diferentes.

2.1.2. Composición del hormigón

El hormigón tiene distintos componentes como: cemento, áridos, agua, aditivos y adiciones

2.1.2.1. Cemento

Troyano (2019) indica que el cemento es un conglomerante hidráulico ampliamente utilizado, capaz de fraguar y endurecer al mezclarse con agua, incluso bajo agua. Su componente principal es el clínker portland, compuesto mayoritariamente por silicatos de calcio. A este se le pueden añadir adiciones como escoria de horno alto, humo de sílice, puzolanas, cenizas volantes, caliza, entre otros, que modifican sus propiedades. También se incluyen reguladores de fraguado como el sulfato de calcio y diversos aditivos para mejorar su desempeño.

2.1.2.2. Áridos

Los áridos son el componente granular del hormigón y aportan resistencia, volumen y estabilidad a la mezcla. Los áridos pueden ser naturales o artificiales, siempre que tengan la resistencia adecuada y no afecten la durabilidad del hormigón. Deben estar libres de impurezas como limo, arcilla o sustancias nocivas como cloruros y sulfatos. (Troyano, 2019)

Los naturales, como arena y grava, tienen formas redondeadas y superficies lisas que facilitan su colocación. (Troyano, 2019)

Los artificiales, como rocas trituradas o escorias, son angulosos, dificultan la colocación, pero mejoran la adherencia con el cemento, siendo útiles en hormigones con desgaste. (Troyano, 2019)

Generalmente se dividen en tres categorías según sus dimensiones, como agregados finos, agregados gruesos y agregados totales. (Troyano, 2019)

- Agregados finos: También se conocen como partículas de clasificación, utilizadas para la fabricación de concreto y todas las pequeñas mezclas de cemento. (Troyano, 2019)
- Las partículas que se retienen en ese tamiz se llaman agregados gruesos o grava. Esta es una mezcla de ambos en proporciones definidas y se conoce como agregado total, que se utiliza para lograr concreto práctico para diversas aplicaciones. (Troyano, 2019)

Ambos forman la estructura básica y la resistencia del concreto. Pueden ser naturales, por ejemplo, arena o grava, o artificiales como escorias. (Troyano, 2019)

Los agregados naturales tienen una forma más regular, por lo que son más fáciles de manejar, pero los artificiales mejoran la adhesión. También deben ser puros y estar libres de contaminantes, ya que esto podría afectar la durabilidad. Clasificarlos por tamaño en agregados finos, gruesos y totales aerea la mezcla para que pueda ofrecerse a diversos propósitos de construcción.

2.1.2.3. Agua

De acuerdo con Troyano (2019) el agua de amasado corresponde a la cantidad de agua que se incorpora a la mezcla de cemento y áridos para formar el hormigón. Una parte de esta agua, conocida como *agua de fraguado*, es la que se requiere específicamente para que ocurran las reacciones de hidratación del cemento. No

obstante, la cantidad total de agua de amasado debe superar la necesaria para el fraguado por varias razones:

- Durante el proceso de mezclado, transporte y colocación del hormigón se producen pérdidas por evaporación.
- Los áridos absorben parte del agua, especialmente cuando su tamaño es más reducido.
- El agua adicional otorga la fluidez necesaria a la mezcla, facilitando su manipulación y colocación en obra.

En este sentido, el agua de amasado cumple una función doble: permite las reacciones químicas fundamentales para el endurecimiento del hormigón y, al mismo tiempo, asegura una consistencia adecuada que favorece su aplicación y compactación en el lugar de la construcción.

2.1.2.4. Aditivos

De acuerdo con el Ministerio de Fomento (2008) los aditivos son compuestos que se añaden al hormigón antes del proceso de amasado, en cantidades que no superan el 5 % del peso del cemento, con el objetivo de alterar intencionalmente alguna de sus propiedades, ya sea en estado fresco o una vez endurecido.

Troyano (2019) indica que los aditivos en el hormigón se utilizan para modificar sus propiedades y mejorar su comportamiento en estado fresco o endurecido. Entre los principales, se encuentran:

- **Acelerantes**, que se emplean para reducir el tiempo de fraguado y/o endurecimiento del hormigón, favoreciendo una mayor rapidez en la ejecución de obras.
- **Retardantes**, que prolongan el tiempo de fraguado. Aunque pueden disminuir ligeramente las resistencias a compresión en edades tempranas (entre 1 y 3 días), a largo plazo (28 a 90 días) las resistencias pueden igualar o incluso superar a las del hormigón sin aditivos.
- **Plastificantes**, cuyo trabajo principal es mejorar la fluidez/viscosidad de la mezcla para facilitar su aplicación en el lugar, también reducen el agua necesaria para mezclar el concreto, lo que tiende a fortalecer el concreto o, por el contrario, aumentar la resistencia con menos cemento.
- **Aireantes**, (el aire queda atrapado en pequeñas burbujas que se distribuyen uniformemente por toda la mezcla). Las burbujas de aire afectan la estructura capilar del concreto endurecido, lo que, a su vez, aumenta su resistencia a ciclos de congelación-descongelación y su durabilidad química.
- **Plastificantes-aireantes**, que combinan las propiedades de los plastificantes y aireantes, generando mezclas más trabajables y con mejores resistencias mecánicas y químicas.

Además, existen otros tipos de aditivos utilizados según los requerimientos del proyecto, tales como los aditivos expansivos o compensadores de retracción, gasificantes, endurecedores de superficie, colorantes, inhibidores de corrosión e hidrófugos, entre otros. (Troyano, 2019)

2.1.3. Relación Agua/Cemento

De acuerdo Best Support (2024) describe la relación agua/cemento como el cociente de la masa de agua en relación con la masa de cemento incorporada en el concreto fresco. La cantidad de agua que funciona es el oxígeno disuelto total menos lo que fue absorbido por el agregado, y la relación de peso cemento significa el agregado.

Guevara et al. (2012) afirman que la relación agua/cemento es esencial ya que afecta directamente una serie de propiedades en el concreto endurecido. El agua se utiliza en gran medida para mejorar la trabajabilidad de una mezcla al aumentar su fluidez, lo que facilita su colocación y manejo en el sitio de trabajo. Pero, como consecuencia, por un lado, aparecen más vacíos debido a ese aumento de agua libre, y esto disminuirá la resistencia final del material.

La relación agua/cemento es clave en el diseño del hormigón, ya que influye en su resistencia y trabajabilidad. Según Best Support (2024), se calcula dividiendo la cantidad efectiva de agua descontando la absorbida por los agregados entre la masa de cemento. Guevara et al. (2012) señalan que, aunque más agua mejora la fluidez, también genera más vacíos al endurecer, lo que reduce la resistencia final del material.

2.1.4. Tamaño máximo del agregado

“Se denomina tamaño máximo del agregado al menor tamaño de malla por el que pasa 100% del material. En la práctica, lo que indica es el tamaño de las partículas más grandes dentro de una masa de agregados” (APRHOPEC, 2007)

Conocer el tamaño máximo del agregado es esencial en el diseño del hormigón, ya que permite controlar la distribución del material y asegurar una buena compactación. Aunque técnicamente se refiere al menor tamiz por el que pasa todo el agregado, en la práctica lo que realmente importa es reconocer el tamaño de las partículas más grandes, ya que estas afectan directamente la trabajabilidad, la resistencia y la facilidad de colocación en obra.

2.1.5. Tamaño máximo nominal

“Es el menor tamaño de malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla del tamaño máximo nominal puede retener de 5 al 15% del agregado, dependiendo del número del tamaño” (APRHOPEC, 2007)

Entender el tamaño máximo del agregado es fundamental al momento de diseñar una mezcla de hormigón, ya que influye directamente en su trabajabilidad, compactación y resistencia. Saber que este valor corresponde al menor tamiz por el que pasa la totalidad del material ayuda a controlar la gradación del agregado y, por tanto, la calidad del concreto.

2.1.6. Módulo de finura

De acuerdo con APRHOPEC (2007) el módulo de finura es un indicador que permite estimar el tamaño promedio de los agregados. Para calcularlo, se suman los porcentajes acumulados de material retenido en los tamices de la siguiente serie: 150 μm (N° 100), 300 μm (N° 50), 600 μm (N° 30), 1.18 mm (N° 16), 2.36 mm (N° 8), 4.75 mm (N° 4), 9.50 mm (3/8”), 19.0 mm (3/4”), 37.5 mm (1 1/2”), 75 mm (3”) y 150 mm (6”), y ese total se divide entre 100. El valor del módulo será mayor si el agregado está compuesto principalmente por partículas gruesas y menor si predomina el material fino.

El módulo de finura proporciona una indicación rápida sobre el tipo de agregado con el que estamos trabajando. Un valor te da una idea aproximada de si el material es más grueso/fino o si afecta directamente la trabajabilidad y resistencia del concreto.

Es importante entenderlo adecuadamente cuando se altera la mezcla y se supone que se debe obtener concreto de calidad fuerte en el sitio.

2.1.7. Diseño de mezclas de hormigón

“El diseño de mezclas consiste en elegir los materiales y sus proporciones adecuadas para fabricar concreto que cumpla con los requisitos de resistencia, costo, peso, durabilidad y acabado estético”. (Cordero E et al., 2022)

El cemento aparentemente representa entre el 7% y el 15% del volumen total de la mezcla y es responsable de la adhesión y cohesión (Asocreto, 2011). Mientras tanto, los agregados, predominantemente arena y grava, constituyen entre el 59% y el 76% en volumen.

Agua: su presencia en los espacios intersticiales de la mezcla es necesaria para hidratar el cemento; aproximadamente entre el 14% y el 18% en peso.

Aire: el resto (variando entre el 1% y el 3%).

El diseño de la mezcla es una de las etapas más esenciales en cualquier obra de construcción, ya que define si el concreto cumple o no con las demandas estructurales y funcionales requeridas. Como señaló Cordero E. et al. en un mundo panel por panel (2022), la mezcla es importante no solo desde el punto de vista de mezclar materiales, sino en la selección de cada segmento de la mezcla para proporcionar una resistencia inherente, estética y menor costo.

Mientras tanto, Asocreto (2011) explica cómo se distribuyen volumétricamente los componentes del concreto, subrayando que el cemento, aunque representa solo entre el 7% y el 15% del volumen, es esencial para la unión. Este conocimiento permite la optimización de recursos sin pérdida de calidad, lo cual es crucial en escenarios donde los costos y la eficiencia son factores clave

2.1.8. Métodos de diseño de mezclas de hormigón

2.1.8.1. *Método ACI 211*

El método ACI211 es un enfoque estructurado desarrollado por el American Concrete Institute, diseñado para determinar de manera sistemática las proporciones óptimas de cemento, agua, agregados y aditivos en una mezcla de concreto, con el fin de

cumplir requisitos de trabajabilidad, resistencia y durabilidad. Este procedimiento, basado en datos empíricos y tablas de referencia, facilita la obtención de mezclas equivalentes a niveles de calidad predefinidos. (Portland Cement, 2002)

El diseño de mezcla de concreto suele considerarse una herramienta de control de calidad esencial en proyectos de ingeniería: garantiza que el hormigón cumpla con especificaciones estructurales, optimiza el uso de recursos y evita fallos en obra. Estudios recientes han confirmado que seguir estándares como el ACI 211 mejora significativamente la eficiencia constructiva y la durabilidad del material. (Scientific, 2024)

El método ACI 211 es una herramienta fundamental para el diseño de mezclas de concreto porque ofrece un procedimiento claro y sistemático para definir las proporciones adecuadas de cemento, agua, agregados y aditivos. Esto asegura que el concreto tenga la trabajabilidad, resistencia y durabilidad que se requieren en cada proyecto, lo que me parece clave para evitar problemas durante la construcción y en la vida útil de las estructuras

2.2. ANTECEDENTES

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí (ULEAM), en la Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, en la carrera de Alta Tecnología en Construcción Antisísmica. Esta unidad académica se

dedica a la formación de recursos humanos con capacitación práctica y técnica de profesionales que les permita comenzar a trabajar siempre con miras hacia las demandas regionales, en este caso, desafíos para la construcción y orientados a áreas de alto riesgo sísmico como la provincia de Manabí.

La principal fuente de agregados utilizada en este estudio es la cantera Cantesan, ubicada en La Chicha de la parroquia San Isidro, cantón Sucre. Con una excelente ubicación logística dentro de la localidad, esta cantera es una fuente oportuna de materiales para obras locales y es reconocida entre las empresas constructoras del sector debido a su fácil acceso a los materiales.

Por otro lado, el cemento utilizado en el estudio fue del tipo GU de la marca Chimborazo, uno de los cementos más grandes disponibles en el país que está certificado bajo las normas ecuatorianas (Arias Salazar, 2015).

La elección de este material responde tanto a su presencia en el mercado como a su comportamiento favorable en aplicaciones estructurales. La ejecución del estudio dentro de esta institución y entorno técnico permitió garantizar la validez académica del proyecto y su aplicabilidad práctica para la zona de estudio

Antes de ejecutar el presente proyecto, era común observar en varias zonas de la provincia de Manabí la utilización de mezclas de hormigón sin un diseño técnico estructurado. Muchas construcciones se ejecutaban de forma empírica, sin respaldo en normativas como el método ACI 211.1, basándose únicamente en la experiencia del maestro de obra. Esta situación generaba concretos con resistencia incierta, afectando

directamente la durabilidad y seguridad de las edificaciones, especialmente en contextos sísmicos como el de la costa ecuatoriana.

Durante el terremoto del 16 de abril de 2016, se evidenciaron de manera crítica las consecuencias de esta informalidad. Un análisis de los edificios colapsados en Portoviejo reveló que la mayoría de las edificaciones carecía de un diseño estructural formal y se construyó sin considerar adecuadamente las solicitaciones sísmicas de la zona. Además, se identificaron errores graves como columnas sin confinamiento, uso de materiales no controlados y mezclas de hormigón elaboradas sin ensayos técnicos ni procedimientos estandarizados (Aguilar & Mieles Bravo, 2016)

Situaciones similares se registraron en la parroquia Tarqui de Manta, donde se construyó durante años con arena de mar, material que deteriora el acero y debilita la capacidad de resistencia del hormigón. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército identificó que uno de los factores determinantes en los colapsos fue la informalidad en el diseño y ejecución, la mala calidad de los materiales y la falta de control técnico por parte de las autoridades (El Telégrafo, 2016). Estas condiciones, sumadas a la ausencia de metodologías de dosificación técnica como el método ACI 211.1, demostraron la necesidad urgente de aplicar diseños normados que consideren las propiedades específicas de los materiales locales.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

Mientras tanto, en otra región del continente asiático, Zanwar y Jamkar (2016) realizaron un estudio comparativo sobre la proporción de mezclas de concreto de alta resistencia utilizando tanto el Método del Departamento de Obras como el Método ACI en India. Su investigación mostró que el método ACI es una excelente mejora en el

control de las propiedades del concreto, haciéndolo más uniforme y competente estructuralmente. Los autores también han enfatizado la importancia de adoptar metodologías como ACI 211 para especificar SCC ordinario, especialmente en el campo, siempre que se requiera cumplir con estrictas especificaciones técnicas y estándares internacionales.

Otro estudio de Colombia por Cordero E et al. se refirió a este aspecto en América del Sur. El trabajo de Darweesh et al. (2022) se centró en el diseño de mezclas de concreto basado en ACI 211. Abordó un programa de capacitación y cómo su uso funcionaría para estudiantes de ingeniería civil. La comparación entre simulaciones y pruebas reales indicó que el método permite ajustar la dosificación de materiales utilizando datos de la zona, facilitando así la obtención de una mezcla propicia para la resistencia y durabilidad bajo diversas condiciones climáticas y tipos de construcciones.

A nivel nacional, en la provincia de Tungurahua, Chango Pilla (2021) desarrolló un estudio titulado “Diseño de un hormigón de 210 kg/cm² utilizando los agregados finos de la Parroquia El Rosario, Cantón Pelileo”, aplicando igualmente el método del ACI 211. En su investigación se concluyó que la calidad de los agregados influye significativamente en la resistencia final del concreto, lo cual reafirma la importancia de un diseño técnico basado en características locales de los materiales.

En cuanto a la provincia de Manabí, se encontró un estudio desarrollado por Ortiz Hernández et al. (2020) en el que se compararon las resistencias de concretos elaborados con áridos provenientes del río Portoviejo y del río Chone. Este trabajo evidenció que las características de los materiales locales pueden afectar significativamente la resistencia

del hormigón, especialmente cuando no se aplican metodologías de diseño normadas como el método ACI 211.1.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. OBJETIVO 1

3.1.1. Datos técnicos del cemento, agregados y asentamientos necesarios para aplicar el método ACI 211.1 en el diseño del hormigón

Método ACI 211		
Datos:		
Tipo de cemento:	Chimborazo	
Resistencia Requerida:	$F'_{cr} = 240 \frac{kg}{cm^2}$	
Slump:	180	mm
Densidad cemento:	2950	$\frac{kg}{m^3}$
Agregado Grueso		
Densidad Aparente:	2880	$\frac{kg}{m^3}$
Peso unitario suelto PUS:	1525	$\frac{kg}{m^3}$
Peso unitario compactado PUC:	1691	$\frac{kg}{m^3}$
Absorción:	1.12%	
Tamaño máximo T.M:	19	mm
Tamaño mínimo nominal T.M.N:	12,5	mm
Agregado Fino		
Densidad aparente:	2890	$\frac{kg}{m^3}$
Peso unitario suelto PUS:	1610	$\frac{kg}{m^3}$
Peso unitario compactado PUC:	1873	$\frac{kg}{m^3}$
Absorción:		
Modulo finura:	2,96	

Para la aplicación del método ACI 211 en el diseño de mezclas de hormigón, se recopilaron y definieron los datos técnicos fundamentales de los materiales involucrados, así como las condiciones de trabajabilidad requeridas. Estos datos técnicos sirven como base para el desarrollo del diseño de mezcla.

3.2. OBJETIVO 2

A continuación, se detalla el proceso aplicado para el diseño de mezcla de concreto utilizando el método ACI 211.1, con una resistencia requerida de $f'_c = 240$ kg/cm², consistencia fluida, cemento Chimborazo tipo GU y agregados pétreos provenientes de la cantera Cantesan, ubicada en el sitio La Chicha, parroquia San Isidro, cantón Sucre.

3.2.1. Cálculo de resistencia F'_{cr}

Tabla 1

Cálculo de F'_{cr} en función de F'_c según el método ACI 211

F'_c	F'_{cr}	
menos de 210	$F'_{cr} = F'_c + 70$	$F'_{cr} = F'_c + 84$
210-305	$F'_{cr} = F'_c + 84$	$F'_{cr} = 240 \text{ kg/cm}^2 + 84$
>350	$F'_{cr} = F'_c + 98$	$F'_{cr} = 324 \text{ kg/cm}^2$

Se calculó la resistencia promedio necesaria f'_{cr} considerando una desviación estándar esperada y un margen de seguridad adicional, conforme a lo establecido por el ACI. Para una resistencia especificada de $f'_c = 240$ kg/cm², se obtuvo una f'_{cr} de 324 kg/cm²

3.2.2. Contenido de aire en el hormigón

Tabla 2

Cálculo de contenido de aire

T.M.N (mm)	% aire atrapado
75	0,5
50	0,5
37,5	1
25	1,5
19	2
12,50	2,50
9,05	3

T.M.N= 12,50 mm

T.M.N= 2,5 %

De acuerdo con la tabla proporcionada por el método ACI 211.1, se identificó el tamaño máximo nominal (T.M.N.) del agregado como 12,5 mm. Para este tamaño, el contenido de aire atrapado estimado es de 2,5%.

3.2.3. Contenido de agua

Tabla 3

Cálculo contenido de agua

Slump mm	Agua en Kg/m3 para los T.M.N del Agua						
	9,50	12,50	19,00	25,00	37,50	50,00	75,00
Concreto sin aire atrapado							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130
75 a 130	228	216	205	193	181	169	145
150 a 180	243	228	216	190	190	178	160

Slump= 18 cm

Slump= 18*100

Slump= 180 mm

T.M.N.= 12,5

Contenido de agua= 228 lt/m³ o 228 Kg/m³

Según el método ACI 211.1, el contenido de agua depende del asentamiento (slump) y del tamaño máximo nominal (T.M.N.) del agregado. En este caso, se determinó un slump de 18 cm (180 mm), correspondiente a una mezcla de consistencia fluida, y un T.M.N. de 12,5 mm.

Con base en la tabla del método ACI para concreto sin aire atrapado, se obtuvo un contenido de agua de 228 kg/m³

3.2.4. Relación Agua/Cemento (A/C)

Tabla 4.

Cálculo Agua/Cemento

Resistencia a 28 días	Relación 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	0,8	0,71

F'cr= 324 kg/cm²

Interpolamos

X0= 350
X= 324
X1= 300
Y0= 0,48
Y= ?
Y1= 0,55

$$Y = Y_1 + \frac{(Y_0 - Y_1) \times (X - X_1)}{(X_0 - X_1)}$$

$$Y = 0,48 + \frac{(0,48 - 0,55) \times (324 - 300)}{(350 - 300)}$$

Y= 0,516

A/C= 0,52

Con base en la resistencia promedio de diseño $f'_{cr} = 324 \text{ kg/cm}^2$, se procedió a determinar la relación agua/cemento mediante interpolación lineal, utilizando la tabla del método ACI 211.1 para concretos sin aire incluido. Por tanto, la relación agua/cemento seleccionado fue de 0,52.

3.2.5. Ajuste de agua efectiva

$$Slump = 180 \text{ mm}$$

$$Contenido \text{ de agua} = 228 \frac{Kg}{m^3}$$

$$Ajuste \text{ de agua} = 10\%$$

$$Si \text{ Slump} > 175 \text{ o } = 180; \frac{(slump - 175) * 2}{10}$$

$$\frac{(180 - 175) * 2}{10} = 1 \text{ lt}$$

$$Agua \text{ efec. ajuste} = (agua \text{ tabla} + agua \text{ ajuste}) - (agua \text{ tabla} + agua \text{ ajuste}) * \% \text{ reducción}$$

$$Agua \text{ efectiva con ajuste} = (228 + 1 \text{ lt}) - (228 + 1 \text{ lt}) * 10 \%$$

$$Agua \text{ efectiva con ajuste} = 206,1 \frac{Kg}{m^3} \approx 206 \frac{Kg}{m^3}$$

Se aplicó un 10% de aditivo Sika Plastocrete 161 HE Experto, un reductor de agua tipo E. Este aditivo permitió reducir el contenido de agua de 228 kg/m^3 a un valor efectivo de 206 kg/m^3 .

3.2.6. Contenido de cemento

$$\frac{A}{C} = 0,52$$

$$\frac{206 \frac{Kg}{m^3}}{C} = 0,52$$

$$C = \frac{206 \frac{Kg}{m^3}}{0,52}$$

$$\text{Peso de cemento} = 396 \text{ Kg}$$

A partir de la relación agua/cemento de 0,52 y el contenido efectivo de agua de 206 kg/m³, se determinó el peso de cemento requerido.

3.2.7. Peso del agregado grueso

$$\text{Modulo de finura} = 2,96$$

$$PUC = 1691 \frac{Kg}{m^3}$$

$$T.M.N = 12,5$$

Tabla 5.

Cálculo del peso del agregado grueso

Peso del agregado grueso por unidad de volumen						
T.M.N	Módulo de Finura					
	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40
75	0,87	0,85	0,83	0,81	0,79	-
63	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73	-
50	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	-
37,5	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	-
25	0,71	0,69	0,67	0,65	0,62	-
19	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58	-
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53	0,51	-
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	-

Interpolamos

X0=	2,80
X=	2,96
X1=	3
Y0=	0,55
Y=	?

$$Y_1 = 0,53$$

$$Y = Y_1 + \frac{(Y_0 - Y_1) \times (X - X_1)}{(X_0 - X_1)}$$

$$Y = 0,53 + \frac{(0,55 - 0,53) \times (2,96 - 3)}{(2,80 - 3)}$$

$$Y = 0,534 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen unitario ripio} = 0,534 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso Ripio} = V_{ur} \times PUC$$

$$\text{Peso Ripio} = 0,534 \text{ m}^3 * 1691 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso Ripio} = 903 \text{ kg}$$

Considerando un módulo de finura de 2,96 y un tamaño máximo nominal del agregado de 12,5 mm, se realizó una interpolación con los valores de la tabla del método ACI para determinar el volumen unitario del agregado grueso. El valor obtenido fue de 0,534 m³ por metro cúbico de mezcla. Al multiplicar este volumen por la densidad unitaria compactada del agregado (1691 kg/m³), se determinó un peso de 902,99 kg/m³ de agregado grueso necesario para la dosificación.

3.2.8. Volumen absoluto de los materiales

3.2.8.1. Volumen de cemento

$$\text{Densidad de cemento} = 2950 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso de cemento} = 396,15 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen cemento} = \frac{396,15 \text{ kg}}{2950 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen cemento} = 0,1343 \text{ m}^3$$

El volumen de cemento se calculó dividiendo el peso de cemento utilizado, que es de 396,15 kg, entre su densidad, la cual es 2950 kg/m³. De esta manera, se obtiene un volumen de cemento de 0,1343 m³.

3.2.8.2. Volumen de agua

$$\text{Densidad de agua} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso de agua} = 206 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen agua} = \frac{206 \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen de agua} = 0,206 \text{ m}^3$$

El volumen de agua se determinó a partir del peso de 206 kg y la densidad estándar de 1000 kg/m³, resultando un volumen de agua de 0,206 m³.

3.2.8.3. Volumen de ripio

$$\text{Densidad de ripio} = 2880 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso de ripio} = 902,994 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen ripio} = \frac{902,994 \text{ kg}}{2880 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen de ripio} = 0,314 \text{ m}^3$$

Para el ripio, con un peso de 902,994 kg y una densidad de 2880 kg/m³, se calculó un volumen de 0,314 m³.

3.2.8.4. Volumen de aire

$$\% \text{ aire} = 2,5 \%$$

$$\text{Volumen de aire} = \frac{2,50\%}{100}$$

$$\text{Volumen de aire} = 0,025 \text{ m}^3$$

El volumen de aire contenido en la mezcla se considera en función del porcentaje de aire atrapado, que corresponde al 2,5% del volumen total, es decir, 0,025 m³.

3.2.8.5. Volumen de arena

$$\sum \text{volumen materiales} = V_{\text{cimento}} + V_{\text{agua}} + V_{\text{ripio}} + V_{\text{aire}}$$

$$\sum \text{volumen materiales} = 0,1343 \text{ m}^3 + 0,206 \text{ m}^3 + 0,314 \text{ m}^3 + 0,025 \text{ m}^3$$

$$\sum \text{volumen materiales} = 0,679 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de arena} = 1 - 0,679 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de arena} = 0,321 \text{ m}^3$$

Sumando los volúmenes individuales de cemento, agua, ripio y aire, se obtiene un volumen total parcial de 0,679 m³. Dado que el volumen total de la mezcla debe ser 1 m³,

el volumen correspondiente a la arena se calcula como el complemento de la suma anterior, resultando en un volumen de 0,321 m³.

3.2.9. Peso de arena

$$\text{Densidad aparente arena} = 2890 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Volumen de arena} = 0,321 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de arena} = \text{Dss arena} \times \text{Volumen de arena}$$

$$\text{Peso de arena} = 2890 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0,321 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de arena} = 928 \text{ kg}$$

Se calculó el peso de la arena utilizando la densidad aparente del material y el volumen previamente determinado. La densidad aparente de la arena fue de 2890 kg/m³ y el volumen estimado fue de 0,321 m³. Aplicando la fórmula correspondiente, el peso de la arena se obtuvo multiplicando la densidad aparente por el volumen, resultando en un valor de 928,184 kg. De esta manera, se determinó que el peso de la arena necesario para la mezcla fue de aproximadamente 928,18 kilogramos.

3.3. OBJETIVO 3

3.3.1. Cuadro final de dosificación del diseño de mezcla

Figura 1

Cuadro resumen de dosificación del diseño de mezcla

DISEÑO DE HORMIGÓN MÉTODO ACI 211				
RESISTENCIA REQUERIDA A LOS 28 DÍAS:			240 Kg/cm2	
ASENTAMIENTO REQUERIDO:			180 mm	
ARIDO FINO				
MATERIAL:	ARENA LAVADA		M.F=	2,96
PROCEDENCIA:	LA CHICHA			
SITIO:	SAN ISIDRO			
ARIDO GRUESO				
MATERIAL:	RIPIO HOMOGENIZADO TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 12,5 MM			
PROCEDENCIA:	LA CHICHA			
SITIO:	SAN ISIDRO			
FECHA:	5/8/2025	DISEÑO:	Ing. Lía Alvarado	
RESUMEN DE DOSIFICACIÓN EN DISEÑO DE MEZCLAS DE 240KG/CM2 SLUMP 180 mm				
MATERIALES	PESO (Kg)	% PIEDRA ARENAS	DENSIDAD (Kg/m3)	VOLUMEN (m3)
CEMENTO CHIMBORAZO	396		2950	0,134
PIEDRA 1/2 CANTERA CHICHA	903	44,2	2880	0,314
ARENA DE CANTERA CHICHA	928	55,8	2890	0,321
AGUA POTABLE	206		1000	0,206
Sika Plastocrete 161 HE Experto	4,0		1100	0,004
% AIRE 2,5				0,025
	2437,29	a/c	0,52	1,004

Se determinaron las cantidades necesarias de materiales para una mezcla de concreto con una resistencia de 240 kg/cm² y asentamiento de 180 mm. El cemento utilizado fue tipo Chimborazo, con una dosificación de 396 kg y un volumen de 0,134 m³. El agregado grueso (ripio) correspondió a 903 kg con un volumen de 0,314 m³, representando el 44,2 % de los agregados totales. El agregado fino (arena) tuvo una

dosificación de 928 kg y un volumen de 0,321 m³, equivalente al 55,8 % de los agregados.

El contenido de agua fue de 206 kg, correspondiente a un volumen de 0,206 m³. Además, se incorporó un aditivo plastificante (Sika Plastocrete 161 HE) con un volumen de 0,004 m³, y se consideró un contenido de aire incorporado del 2,5 %, equivalente a 0,025 m³.

La relación agua-cemento (a/c) fue de 0,52 y el volumen total de la mezcla alcanzó los 1,004 m³, con un peso total aproximado de 2437,29 kg.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Como resultado del desarrollo de este trabajo de titulación, se logró cumplir con los objetivos planteados, obteniendo un diseño de mezcla de hormigón técnicamente fundamentado, aplicando el método ACI 211.1 con materiales locales. A continuación, se presentan las conclusiones correspondientes a cada objetivo específico:

1. En relación con el primer objetivo, que consistió en recolectar y organizar los datos técnicos necesarios del cemento, agregados y asentamiento, se concluye que este fue alcanzado satisfactoriamente. Se recopilaron los parámetros físicos y mecánicos esenciales para el diseño, tales como densidades, módulo de finura, absorción, tipo de cemento Chimborazo y características de los agregados de la cantera Cantesan. Estos datos permitieron establecer una base técnica sólida para el proceso de dosificación.
2. Con respecto al segundo objetivo, relacionado con la aplicación paso a paso del método ACI 211.1, se concluye que se ejecutaron correctamente todas las etapas establecidas por la metodología. Se calculó una resistencia promedio f'_{cr} de 324 kg/cm², se estimó el contenido de agua (228 kg/m³), se determinó la relación agua/cemento (0,52), y se ajustaron los valores considerando un aditivo plastificante reductor de agua al 10 %. Estos cálculos permitieron definir con precisión los componentes necesarios para una mezcla con consistencia fluida y resistencia adecuada.
3. Finalmente, respecto al tercer objetivo, que contempló la elaboración del cuadro final de dosificación, se concluye que se logró establecer una propuesta clara y aplicable en obra. La dosificación final obtenida por metro cúbico de hormigón fue la siguiente:

- ✓ Cemento Chimborazo tipo GU: 396 kg
- ✓ Agregado grueso (ripio): 903 kg
- ✓ Agregado fino (arena): 928 kg
- ✓ Agua efectiva: 206 kg
- ✓ Aditivo plastificante (Sika Plastocrete 161 HE): 4 kg (equivalente al 1 % del peso del cemento)
- ✓ Contenido de aire estimado: 2,5 %

La mezcla presentó un volumen total de 1,004 m³ y un peso aproximado de 2437,29 kg. Esta dosificación cumple con los requerimientos de resistencia ($f'_c = 240$ kg/cm²), trabajabilidad (asentamiento de 180 mm) y durabilidad, siendo adecuada para su uso en construcciones ubicadas en zonas sísmicas como el cantón Sucre.

En conclusión, se demuestra que mediante la aplicación del método ACI 211, utilizando materiales locales y criterios técnicos normados, es posible obtener una mezcla de hormigón de calidad, optimizando los recursos disponibles y promoviendo buenas prácticas constructivas en contextos vulnerables.

4.2. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones finales, tenemos las siguientes:

- A los profesionales de la construcción y maestros de obra del cantón Sucre, se recomienda aplicar diseños de mezcla de hormigón basados en normativas técnicas como el método ACI 211, utilizando datos reales de los materiales disponibles en la zona. Esto permitirá obtener mezclas más resistentes, homogéneas y duraderas, reduciendo riesgos estructurales y sobre costos en obra.
- A las constructoras locales y pequeñas empresas de infraestructura, se sugiere adoptar procesos de dosificación técnica validados mediante ensayos previos, incorporando el uso de aditivos y ajustes por absorción según el comportamiento de los materiales. La implementación de estas prácticas contribuirá al aseguramiento de la calidad en proyectos ubicados en zonas de alta actividad sísmica.
- A la cantera Cantesan, se recomienda continuar con el control de calidad de sus agregados y proveer información técnica actualizada (densidad, absorción, granulometría, etc.) a sus clientes. Esto facilitará una correcta dosificación del hormigón y fomentará un uso más responsable y eficiente de sus recursos pétreos.
- A las autoridades municipales del cantón Sucre y al GAD parroquial de San Isidro, se les sugiere promover programas de capacitación técnica en el uso de normas como el ACI 211, especialmente dirigidos a trabajadores de la construcción. Además, se puede fomentar la exigencia de diseños de mezcla verificados como requisito en licitaciones públicas o privadas.
- A las instituciones educativas técnicas, como la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, se recomienda continuar fortaleciendo el componente práctico de la

formación en dosificación de hormigones, promoviendo estudios de campo que permitan a los estudiantes aplicar métodos como el ACI 211 con materiales locales, fomentando así una cultura de construcción técnica y resiliente en la región.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, R., & Mieles Bravo, Y. (2016). *Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016*.
- APRHOPEC. (2007). *El manual de Pepe Hormigón: Consejos prácticos sobre el hormigón*. INECyC-APRHOPEC.
- Best Support, U. (2024). La relación agua-cemento: un frágil equilibrio. *Best Support Underground*. <https://bestsupportunderground.com/relacion-agua-cemento/>
- Chango Pilla, I. V. (2021). Diseño de un hormigón de 210 kg/cm² utilizando los agregados finos de la Parroquia El Rosario, Cantón Pelileo.
- Comercio, E. (2016, 2016/04/22). 435 000 edificaciones sin normas técnicas en Quito. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/quito-terremoto-edificaciones-normas-tecnicas/>
- Compilatio. (2024). Comprender la investigación cualitativa: definición, métodos, diseño, recopilación y análisis de datos [Página web]. *Compilatio*. <https://www.compilatio.net/es/noticias/investigacion-cualitativa>
- Cordero E, G. D., Cárdenas G, J. A., & Rojas Suarez, J. P. (2022). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI*. editorial-ufps. <https://libros.ufps.edu.co/index.php/editorial-ufps/catalog/book/25>
- E., C. U. C. (2019). Manejo del hormigón en obra según recomendaciones de la NEC [Blog]. *Construcciones UCE*. <https://construccionesuce.wordpress.com/2019/08/20/manejo-del-hormigon-en-obra-segun-recomendaciones-de-la-nec/>
- El Telégrafo, T. Y. N. (2016, 2016/04/26). En Tarqui, las casas se hicieron con arena de mar. *El Telégrafo*. <https://www.eltelegrafo.com.ec>
- Étienne, N. (2025). De los estándares a las soluciones: una guía paso a paso para la gestión del diseño de mezclas de hormigón [Página web]. *Giatec Scientific*. <https://www.giatecscientific.com/education/from-standards-to-solutions-a-step-by-step-guide-to-concrete-mix-design/>
- Fomento, M. d. (2008). Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), Artículo 29.º: Otros componentes del hormigón. In: Ministerio de Fomento.
- Guevara, G., Hidalgo, C., Pizarro, M., Rodríguez, I., Rojas, L. D., & Segura, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en Marcha*, 25(2), 80-86. https://www.revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/4835626
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw Hill España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>

- Neill, A. D., & Cortez Suárez, L. (2018). *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12498>
- Ortiz Hernández, E. H., García Vínces, J. J., Jarre Castro, C. M., & Hidalgo Zambrano, R. V. (2020). Estudio comparativo de resistencias de hormigón de 240 kg/cm² usando los agregados finos del río Portoviejo y río Chone, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología (RIEMAT)*, 5(1). <https://doi.org/10.33936/riemat.v5i1.2501>
- Portland Cement, A. (2002). Proportioning Concrete Mixtures (Chapter 9). In *Design and Control of Concrete Mixtures* (pp. 87-98). PCA. https://www.ce.memphis.edu/1112/notes/project_2/pca_manual/chap09.pdf
- Santamaría, J., Morales, L., & Pilaluisa, J. (2018). Modelo para dosificación de mezclas de hormigón utilizando lógica difusa. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 5, 54-61. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2602-84842018000100054&nrm=iso
- Scientific, G. (2024). From Standards to Solutions: A Step-by-Step Guide to Concrete Mix Design. <https://www.giatecscientific.com/education/from-standards-to-solutions-a-step-by-step-guide-to-concrete-mix-design/>
- Troyano, M. (2019). Tema 3: Componentes del Hormigón. In: Universidad de Málaga.
- Zanwar, A. B., & Jamkar, S. S. (2016). Comparative Study of Mix Proportioning of High Strength Concrete using DOE and ACI Method. International Conference on Quality Up-gradation in Engineering, Science and Technology (IC-QUEST – 2016),

ANEXOS

Método ACI 211		
Datos:		
Tipo de cemento:	Chimborazo	
Resistencia Requerida:	$F'_{cr} = 240 \frac{kg}{cm^2}$	
Slump:	180	mm
Densidad cemento:	2950	$\frac{kg}{m^3}$
Agregado Grueso		
Densidad Aparente:	2880	$\frac{kg}{m^3}$
Peso unitario suelto PUS:	1525	$\frac{kg}{m^3}$
Peso unitario compactado PUC:	1691	$\frac{kg}{m^3}$
Absorción:	1.12%	
Tamaño máximo T.M:	19	mm
Tamaño mínimo nominal T.M.N:	12,5	mm
Agregado Fino		
Densidad aparente:	2890	$\frac{kg}{m^3}$
Peso unitario suelto PUS:	1610	$\frac{kg}{m^3}$
Peso unitario compactado PUC:	1873	$\frac{kg}{m^3}$
Absorción:	$\frac{kg}{m^3}$	
Modulo finura:	2,96	

F'c	F'cr
menos de 210	F'cr= F'c+70
210-305	F'cr= F'c+84
>350	F'cr= F'c+98

T.M.N (mm)	% aire atrapado
75	0,5
50	0,5
37,5	1

25	1,5
19	2
12,50	2,50
9,05	3

Slump mm	Agua en Kg/m3 para los T.M.N del Agua						
	9,50	12,50	19,00	25,00	37,50	50,00	75,00
Concreto sin aire atrapado							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130
75 a 130	228	216	205	193	181	169	145
150 a 180	243	228	216	190	190	178	160

Resistencia a 28 días	Relación 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	0,8	0,71

Slump mm	Agua en Kg/m3 para los T.M.N del Agua						
	9,50	12,50	19,00	25,00	37,50	50,00	75,00
Concreto sin aire atrapado							
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130
75 a 130	228	216	205	193	181	169	145
150 a 180	243	228	216	190	190	178	160

DISEÑO DE HORMIGÓN MÉTODO ACI 211					
RESISTENCIA REQUERIDA A LOS 28 DÍAS:			240 Kg/cm2		
ASENTAMIENTO REQUERIDO:			180 mm		
ARIDO FINO					
MATERIAL:	ARENA LAVADA		M.F=	2,96	
PROCEDENCIA:	LA CHICHA				
SITIO:	SAN ISIDRO				
ARIDO GRUESO					
MATERIAL:	RIPIO HOMOGENIZADO TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 12,5 MM				
PROCEDENCIA:	LA CHICHA				
SITIO:	SAN ISIDRO				
FECHA:	5/8/2025	DISEÑO:		Ing. Lía Alvarado	
RESUMEN DE DOSIFICACIÓN EN DISEÑO DE MEZCLAS DE 240KG/CM2 SLUMP 180 mm					
MATERIALES	PESO (Kg)	% PIEDRA ARENAS		DENSIDAD (Kg/m3)	VOLUMEN (m3)
CEMENTO CHIMBORAZO	396			2950	0,134
PIEDRA 1/2 CANTERA CHICHA	903	44,2		2880	0,314
ARENA DE CANTERA CHICHA	928	55,8		2890	0,321
AGUA POTABLE	206			1000	0,206
Sika Plastocrete 161 HE Experto	4,0			1100	0,004
% AIRE 2,5					0,025
	2437,29	a/c	0,52		1,004