



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

Efecto del agua de mar en el hormigón

AUTORES:

Cercado Merchán, Ignacio José

López Calderón, Jeremy Ariel

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Ing. Mera Ortiz Walter Vicente, Phd.

Guayaquil, Ecuador

25 de febrero del 2026



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Cercado Merchán, Ignacio José y López Calderón, Jeremy Ariel**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

Ing. Mera Ortiz, Walter Vicente, Ph.D.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Ph.D.

Guayaquil, a los 25 del mes de febrero del año 2026



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Cercado Merchán, Ignacio José y López Calderón, Jeremy Ariel**

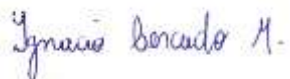
DECLARO QUE:


El Trabajo de Titulación, **Efecto del agua de mar en el hormigón**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 25 del mes de febrero del año 2026

AUTORES:

f. 
Cercado Merchán, Ignacio José

f. 
López Calderón, Jeremy Ariel



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Cercado Merchán, Ignacio José y López Calderón, Jeremy Ariel**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Efecto del agua de mar en el hormigón**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 25 del mes de febrero del año 2026

AUTORES:

f. Ignacio Cercado M.
Cercado Merchán, Ignacio José

f. Jeremy López
López Calderón, Jeremy Ariel

REPORTE COMPILATIO



Certificado de análisis

Compilatio Magister+ | UCSG-EC- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

Jeremy Loepz e Ignacio Cercado

ID : 98047a6844fec35ff5df61b54fd62a0df1f177ad



9%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : Jeremy Loepz e Ignacio Cercado.txt
Tamaño del archivo original : 10,21 MB
Número de palabras : 10.101
Número de caracteres : 67603

Depositante : Clara Catalina Glas Cevallos
Fecha de depósito : 3 de marzo de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 3 de marzo de 2026

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes 8%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA 1%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA. Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos 0%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua. Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.

No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Clara Glas Cevallos

Textos entre comillas 1%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su infinito amor y misericordia por colocar a las personas correctas para cumplir este sueño. Es el pilar fundamental de mi vida. Gracias por darme la salud, sabiduría y sobre todo Fe, que todo trabajo duro será recompensado.

A mi mamá Marilyn Calderón Villao quien siempre estuvo apoyándome desde el primer día hasta este último.

Mi padre Víctor López Martínez que me recordaba que el estudio es la mejor herencia que un padre le puede otorgar a su hijo.

Mi hermana Milena López Calderón en siempre darme consejos de perseverancia y disciplina haciéndome cada día más fuerte en todo este camino de aprendizaje.

A mi enamorada por su paciencia infinita, por ser mi refugio en los momentos de estrés y por celebrar cada pequeño avance como si fuera propio. Gracias por caminar a mi lado en este cierre de etapa.

Mis compañeros de universidad por seguir este sueño conmigo y siempre ayudarnos en los momentos donde más lo necesitaba.

Agradecer de todo corazón al CEINVES por ser la institución en el cual se pudo desarrollar nuestro trabajo de título. Sus equipos fueron indispensables.

-Jeremy Ariel López Calderón

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por ser mi guía desde siempre por ayudarme tomar las mejores decisiones de mi vida.

A mis padres, por enseñarme el valor de la perseverancia y el trabajo duro.

A mi novia, por creer en mí y acompañarme durante todo este proceso de titulación.

A mi mascota “Chiquilin” que siempre me acompaño en las noches de estudio.

A ustedes, que son mi mayor inspiración

-Jeremy Ariel López Calderon

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por brindarme salud, constancia y la fortaleza necesaria para culminar esta etapa de formación, porque sin él, no hubiera sido posible todo este sueño. A mis queridos padres, quienes han sido el pilar fundamental para alcanzar todo este proceso académico, gracias por su paciencia, confianza y apoyo incondicional en mí.

También agradezco a mis queridas hermanas, por darme su apoyo y su amor incondicional; a mis abuelos, quienes siempre me deseaban lo mejor en este transcurso, y de manera especial a mi querida abuela Monse, gracias por tus bendiciones y oraciones lejos de casa, para poder seguir adelante en cada etapa de este camino.

De igual manera, distinguir a mis compañeros de clases, quienes me brindaron su apoyo cuando lo necesite, agradecerles por cada grupo de estudio compartido, sin ellos hubiera sido este logro, más difícil. De igual manera a los tutores que nos ayudaron en este trabajo de titulación.

-Ignacio José Cercado Merchán

DEDICATORIA

A mi querida madre, por ser mi mayor apoyo y motivación, por su esfuerzo y comprensión para yo poder seguir adelante y conseguir todos mis sueños.

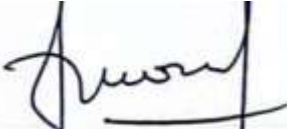
A mi padre Ignacio, por tu sacrificio y apoyo, por heredarme tus cualidades de ver la vida en las personas y enseñarme a ser una buena persona.

A mi abuelo Ignacio, qué, aunque no estés presente, tu alma vive en mí, quien me enseñó a nunca rendirse y ser perseverante, a ir por lo uno quiere y desea, este triunfo también es tuyo.

-Ignacio José Cercado Merchán



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. 

Ing. Mera Ortiz, Walter, Ph.D.
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
Ing. Federico von Buchwald de Janon, Ph.D.
DECANO

f. 

Ing. Guillermo Ponce Vasquez, Msc
COORDINADOR DEL ÁREA

f. 

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Ph.D.
OPONENTE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
i. ANTECEDENTES.....	4
ii. OBJETIVO GENERAL.....	5
iii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
iv. ALCANCE.....	6
CAPITULO I: MARCO TEORICO.....	7
1.1. Hormigón.....	7
1.1.1. Durabilidad del Hormigón.....	7
1.2. Función de los Componentes.....	8
1.2.1. Cemento.....	8
1.2.2. Cemento Pozolánico.....	8
1.2.3. Agua Potable.....	9
1.2.4. Agregado fino.....	9
1.2.5. Agregado Grueso.....	10
1.3. Propiedades del hormigón.....	10
1.3.1. Resistencia.....	11
1.4. Tipo de agregados.....	11
1.4.1. Áridos basálticos.....	11
1.4.2. Áridos Calcáreos.....	11
1.5. Agua de mar.....	12
1.5.1. Rendimiento del hormigón con agua de mar.....	13

1.6.	Requisitos técnicos para el agua de mezcla en el hormigón	13
1.6.1.	ASTM C1602 – Agua de mezcla	13
1.6.2.	ASTM C-1602 – Agua de mezcla.....	14
1.7.	Evaluación de propiedades Mecánicas	15
Capitulo II: DESARROLLO		16
2.1.	Tipo de Investigación	16
2.2.	Procedimiento	17
2.2.1.	Proceso Informativo	17
2.2.2.	Obtención y preparación del material	18
2.2.3.	Recolección de Agua.....	19
2.2.4.	Pesos Volumétricos Suelos	19
2.2.5.	Fórmulas.....	22
2.2.6.	Ensayos de agregados	25
2.2.7.	Elaboración de mezcla, probetas cubicas, y cilíndricas.	26
2.3.	Ensayos realizados	28
2.3.1.	Ensayos de resistencia a la Compresión (ASTM C39), Tracción indirecta (ASTM C496), Flexión (ASTM C239).....	28
3.	CAPITULO III. RESULTADOS	31
3.1.	Curva Granulométrica	31
3.1.1.	Agregado Grueso	31
3.1.2.	Agregado Fino.....	32
3.2.	Resultados de ensayos de compresión simple, flexión y tracción indirecta	

3.2.1.	Resultados de resistencia a tracción indirecta los 28 días.....	33
3.2.2.	Resultados de resistencia a compresión simple a los 28 días.....	34
3.2.3.	Resultados de resistencia a flexión a los 28 días.....	35
3.2.4.	Resultados de resistencia a compresión simple a los 28 días en los cilindros	36
3.2.5.	Resultados de resistencia a compresión a los 51 días	37
3.2.6.	Resultados de resistencia a flexión a los 51 días.....	37
3.3.	Caracterización del agua de mar.....	37
3.3.1.	Parámetros físicos	37
3.3.2.	Parámetros químicos	40
3.3.3.	Comparación de Resultados.....	41
	Conclusiones.....	42
	Recomendaciones	43
	Bibliografía	44
	ANEXOS	47
	E-mail: claa.glas@cu.ucsg.edu.ec	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. OBTENCIÓN DEL MATERIAL BASÁLTICO EN LA CANTERA LICOSA.....	18
ILUSTRACIÓN 2. RECOLECCIÓN DEL AGUA DE MAR EN VILLAMIL PLAYAS.....	19
ILUSTRACIÓN 3 VERTER LA PIEDRA BASALTO EN EL VALDE..	21
ILUSTRACIÓN 4 VALDE CON LA PIEDRA AL RAS.....	21
ILUSTRACIÓN 5 PESO VOLUMÉTRICO SUELTO PIEDRA BASALTO.....	22
ILUSTRACIÓN 6. TAMICES ESPECÍFICOS UTILIZADOS PARA LOS DOS TIPOS DE AGREGADOS GRUESOS.....	26
ILUSTRACIÓN 7. TAMICES ESPECÍFICOS UTILIZADOS PARA EL AGREGADO FINO.....	26
ILUSTRACIÓN 8. ELABORACIÓN DE TODAS LAS PROBETAS CUBICAS Y CILÍNDRICAS DE CADA TIPO DE HORMIGÓN.....	27
ILUSTRACIÓN 9. PROBETAS CUBICAS Y CILÍNDRICAS SUMERGIDAS..	27
ILUSTRACIÓN 10. TODAS LAS PROBETAS SACADAS DESPUÉS DE 28 DÍAS DE CURADO, PARA SER ENSAYADAS.....	28
ILUSTRACIÓN 11. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE..	29
ILUSTRACIÓN 12. ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN.....	29
ILUSTRACIÓN 13. ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA.	30
ILUSTRACIÓN 14. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO – BASALTO....	31
ILUSTRACIÓN 15. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO – CALCÁREO. 32	
ILUSTRACIÓN 16. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO.....	32
ILUSTRACIÓN 17. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS, GRÁFICAMENTE DE LOS DOS TIPOS DE PROBETAS.	34
ILUSTRACIÓN 18. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS.....	35

ILUSTRACIÓN 19. RESISTENCIA A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS, GRÁFICAMENTE DE LOS DOS TIPOS DE PROBETAS.....	36
ILUSTRACIÓN 20. MUESTRA DE AGUA SALADA PARA DETERMINAR PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS.....	38
ILUSTRACIÓN 21. COLOCACIÓN DE SONDAS PARA DETERMINAR PARÁMETROS, COMO EL PH, TEMPERATURA.....	39
ILUSTRACIÓN 22. PRUEBA DE TURBIDEZ DE LA MUESTRA.....	39
ILUSTRACIÓN 23. PRUEBA DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES.....	40
ILUSTRACIÓN 24. ENSAYOS PARA LOS RESPECTIVOS TIPOS DE AGREGADOS.....	47
ILUSTRACIÓN 25. TAMIZADORA ROTATORIA PARA LOS AGREGADOS.....	47
ILUSTRACIÓN 26. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO CALCÁREA.....	48
ILUSTRACIÓN 27. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO BASALTO... ..	48
ILUSTRACIÓN 28. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.	49
ILUSTRACIÓN 29. ENSAYO DE PESO VOLUMÉTRICO.....	49
ILUSTRACIÓN 30. PROCESO DE VACIADO DE AGREGADOS PÉTREOS PREVIO AL MEZCLADO DEL HORMIGÓN.....	50
ILUSTRACIÓN 31. DESENCOFRADO DE LAS PROBETAS.....	50
ILUSTRACIÓN 32. ÚLTIMOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN A LOS 51 DÍAS.....	51
ILUSTRACIÓN 33. FACTURA DE COBRO PARA LOS ESTUDIOS QUÍMICOS CON EL LABORATORIO AVVE.....	52
ILUSTRACIÓN 34. RESULTADOS DE MEDICIÓN DE CLORUROS Y SULFATOS EN LA MUESTRA DE AGUA DE MAR, UTILIZADA EN TODAS LAS PROBETAS.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPONENTES PRINCIPALES DEL AGUA DE MAR ELABORADO POR (DUXBURY & HOWARD BYRNE, 2025).....	13
TABLA 2. LIMITES QUÍMICOS PARA AGUA DE MEZCLA COMBINADA ELABORADO POR (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2021)	14
TABLA 3. REQUISITOS DE DESEMPEÑO DEL CONCRETO PARA MEZCLAR AGUA. ELABORADO POR (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2021)	14
TABLA 4. DOSIFICACIÓN DE MEZCLA PARA CUBOS TIPO A AGUA POTABLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	23
TABLA 5. DOSIFICACIÓN DE MEZCLA PARA CUBOS TIPO B AGUA POTABLE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	23
TABLA 6. DOSIFICACIÓN DE MEZCLA PARA CUBOS TIPO A AGUA DE MAR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	24
TABLA 7. DOSIFICACIÓN DE MEZCLA PARA CUBOS TIPO B AGUA DE MAR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	24
TABLA 8. DOSIFICACIÓN DE MEZCLA PARA CUBOS TIPO B CON AGUA DE MAR AGREGANDO VARILLAS 10 MM. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	24
TABLA 9. DOSIFICACIÓN DE MEZCLA PARA CILINDROS DE HORMIGÓN TIPO B. 1 CON VARILLA 10 MM. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	25
TABLA 10. RESULTADOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS DE CURADO Y DE RESISTENCIA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	33
TABLA 11. RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO Y RESISTENCIA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	34
TABLA 12. RESULTADOS DE ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS DE CURADO Y RESISTENCIA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	35
TABLA 13. RESULTADOS DE MUESTREO DEL AGUA DE MAR UTILIZADA EN LAS PROBETAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	40
TABLA 14. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN LOS PARÁMETROS DE CLORUROS Y SULFATOS. FUENTE: ASTM C196.....	41

RESUMEN

El presente trabajo de titulación evalúa las propiedades mecánicas y la durabilidad del hormigón elaborado con agua de mar como agua de mezcla, con el propósito de analizar su comportamiento frente al uso convencional de agua potable en contextos constructivos. Para ello, se consideran normativas internacionales que respaldan la validez de los procedimientos empleados. La caracterización del agua se realiza con base en la ASTM C1602, que establece los requisitos para su uso en hormigón. La resistencia a la compresión se evalúa tomando como referencia la ASTM C109, adaptada a ensayos en probetas según la ASTM C39.

Para la tracción indirecta, ante la ausencia de una norma específica en cubos, se adopta la ASTM C496 / AASHTO T273. En cuanto a la resistencia a la flexión, se emplean como guía las normas ASTM C293 y ASTM C78. Experimentalmente, se elaboraron dos tipos de mezclas: Tipo A, con cemento portland y agregados calcáreos, y Tipo B, con cemento puzolánico y agregados basálticos, ambas con agua de mar. Los resultados evidencian mejoras en el desempeño del Tipo B, debido a su menor permeabilidad y mayor resistencia frente a la penetración de cloruros en ambientes marinos.

Palabras Claves: Propiedades mecánicas, Durabilidad, Hormigón, Agua de Mar, Cemento Puzolánico, Agregados basálticos, Resistencia a la compresión, Cloruros, Normativas ASTM.

ABSTRACT

This thesis evaluates the mechanical properties and durability of concrete made with seawater as mixing water, with the aim of analyzing its performance compared to the conventional use of potable water in construction contexts. To this end, international standards that support the validity of the procedures used are taken into account. The characterization of the water is performed based on ASTM C1602, which establishes the requirements for its use in concrete. Compressive strength is evaluated using ASTM C109 as a reference, adapted for specimen testing according to ASTM C39. For indirect tensile strength, in the absence of a specific standard for cube specimens, ASTM C496 / AASHTO T273 is adopted. Regarding flexural strength, ASTM C293 and ASTM C78 are used as guidelines. Experimentally, two types of mixtures were prepared: Type A, with Portland cement and calcareous aggregates, and Type B, with pozzolanic cement and basaltic aggregates, both using seawater. The results show improved performance for Type B, due to its lower permeability and greater resistance to chloride penetration in marine environments.

Keywords: Mechanical properties, Durability, Concrete, Seawater, Pozzolanic cement, Basalt aggregates, Compressive strength, Chlorides, ASTM standards.

INTRODUCCIÓN

La construcción en el Ecuador ha enfrentado diversos retos a lo largo de su historia, especialmente en la ejecución de obras de gran impacto social. Esta situación está influenciada, en gran medida, por su ubicación geográfica, limitada al norte por Colombia, al sur y este por Perú, y al oeste por el Océano Pacífico. En este último aspecto radica una condición particularmente relevante, ya que el país cuenta con aproximadamente 2200 kilómetros de línea costera, donde se ubican ciudades estratégicas como Esmeraldas y Manta, expuestas constantemente a ambientes marinos.

Estas zonas presentan condiciones agresivas para los materiales de construcción, debido a la presencia de agua de mar, brisa marina y agentes como sulfatos y cloruros. Estos elementos influyen directamente en la durabilidad y resistencia del hormigón, acelerando procesos de deterioro que reducen la vida útil de estructuras como puentes, muelles y puertos marítimos. Por ello, resulta necesario profundizar en el estudio del comportamiento del hormigón bajo estas condiciones.

En este contexto, la presente investigación analiza propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión, así como las características físicas y químicas del agua de mar, comparándolas con los parámetros establecidos para el uso de agua potable en la elaboración del hormigón. Este enfoque permite evaluar la viabilidad de utilizar agua salada como alternativa en determinados escenarios constructivos.

El uso controlado de agua de mar en la elaboración de hormigón podría representar una solución viable en zonas costeras, contribuyendo a la reducción de costos y optimización de recursos, especialmente en contextos donde el acceso al agua potable es limitado. Además, esta alternativa se alinea con enfoques de construcción sostenible, promoviendo el aprovechamiento de recursos disponibles en el entorno.

De esta manera, el presente trabajo de titulación, titulado “Efecto del agua de mar en el hormigón”, busca aportar información técnica que permita ampliar el conocimiento en este campo y posicionar al Ecuador como un referente en el desarrollo de soluciones constructivas adaptadas a ambientes marinos en la región.

Para el desarrollo experimental, se evalúa el efecto del agua de mar mediante un enfoque práctico. Se elaboraron 24 probetas cúbicas de $16 \times 16 \times 16$ cm,

clasificadas en dos tipos de hormigón: Tipo A y Tipo B. Adicionalmente, se consideró un segundo grupo de probetas cúbicas Tipo B con la incorporación de varillas de acero corrugado, con el fin de analizar posibles efectos de corrosión. Finalmente, se elaboraron probetas cilíndricas de 10 × 20 cm, incluyendo especímenes con y sin refuerzo, lo que permitió complementar el análisis del comportamiento del material.

A partir de estos ensayos, se obtienen resultados cuantificables que permiten establecer criterios técnicos sobre el uso del agua de mar en el hormigón, brindando a los ingenieros civiles una base experimental para su aplicación en condiciones específicas, especialmente en entornos con limitaciones de recursos.

i. ANTECEDENTES

El agua constituye un componente esencial en la elaboración del hormigón, ya que participa directamente en el proceso de hidratación del cemento y en el desarrollo de sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Debido a su importancia, las normativas internacionales, como (ASTM C1602, ACI 318 y EN 1008), establecen que el agua utilizada en la mezcla debe ser potable o, en su defecto, cumplir con ciertos requisitos químicos que garanticen que no afectará negativamente el desempeño del material a corto y largo plazo. Esto se debe a que cualquier alteración en la composición del agua puede modificar las reacciones químicas del cemento, influyendo directamente en la resistencia final y en la vida útil del hormigón.

A nivel internacional, diversos estudios han presentado resultados variados respecto al uso de agua de mar en el hormigón. Algunos autores señalan que su utilización es viable en elementos no estructurales o en hormigones sin refuerzo; sin embargo, otros destacan la necesidad de emplear cementos puzolánicos y adiciones minerales que permitan reducir los efectos adversos, principalmente relacionados con la corrosión y la durabilidad. En el contexto ecuatoriano y latinoamericano, aún existe una limitada evidencia experimental, lo que justifica la necesidad de desarrollar investigaciones bajo condiciones locales de materiales y exposición ambiental. Esto resulta clave, ya que los materiales disponibles y las condiciones climáticas pueden variar significativamente respecto a otros estudios internacionales.

El contacto del hormigón con el agua de mar genera procesos complejos de degradación, influenciados por factores físicos, químicos y ambientales. La presencia de cloruros y sulfatos en el medio marino puede reaccionar con los productos de hidratación del cemento, provocando expansiones internas, fisuración progresiva y un incremento en la permeabilidad del material, lo que facilita el ingreso de agentes agresivos. Este proceso no solo afecta la resistencia mecánica, sino que también acelera el deterioro de las estructuras a lo largo del tiempo.

Si bien algunos mecanismos, como la formación de carbonato de calcio en la superficie, pueden generar una leve protección, los ambientes marinos siguen siendo altamente agresivos, especialmente en zonas sometidas a ciclos de humedad, salpicadura y cristalización de sales. En estas condiciones, la durabilidad del hormigón depende en gran medida de su compacidad, su microestructura y la calidad de los

materiales empleados, factores que influyen directamente en su capacidad para resistir los procesos de deterioro fisicoquímico. Por ello, es fundamental estudiar alternativas que mejoren su desempeño en este tipo de entornos.

ii. OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto del uso de agua de mar en las propiedades mecánicas y la durabilidad del hormigón, con el fin de evaluar su viabilidad como alternativa en contextos costeros y proponer lineamientos técnicos para su aplicación.

iii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar químicamente el agua de mar utilizada y compararla con los parámetros establecidos en las normas para agua de mezcla en hormigón.
- Evaluar las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, flexión y tracción indirecta) del hormigón elaborado con agua de mar frente a hormigón de referencia con agua potable.

iv. ALCANCE

El alcance de este estudio se profundiza en realizar los ensayos basados en las normas ASTM C39, ASTM C496, y ASTM C78 /ASTM C293, con el objetivo de evaluar el comportamiento mecánico del hormigón bajo diferentes condiciones de mezcla. La investigación considera el uso de agua de mar como alternativa al agua potable, así como la comparación entre agregados calcáreos y basálticos a escala de laboratorio. Además, se elaboraron especímenes con y sin varillas de acero corrugado, con el fin de analizar posibles efectos de corrosión en ambientes marinos. Las probetas fueron sometidas a procesos de curado con agua de mar en distintos periodos, permitiendo observar la evolución de sus propiedades. A partir de estos ensayos, se evaluaron parámetros de resistencia mecánica, como compresión, tracción indirecta y flexión, junto con el análisis de las características físico-químicas del agua salada, lo que permite establecer criterios técnicos sobre el desempeño del hormigón en condiciones similares.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. Hormigón

El hormigón es un material que se obtiene a partir de la mezcla de cemento, agua, arena y piedra, dando como resultado un compuesto resistente y muy utilizado en la construcción. En muchos casos, se combina con acero para formar el llamado hormigón armado, lo que permite mejorar su comportamiento frente a ciertos esfuerzos, especialmente aquellos que el hormigón por sí solo no soporta bien. Este material es uno de los más usados en la ingeniería civil, ya que se encuentra presente en obras como viviendas, puentes, calles, edificios y muchas otras estructuras. Su popularidad se debe a que es accesible, fácil de trabajar y se adapta a diferentes formas cuando está fresco, lo que facilita su uso en distintos tipos de construcciones.

Entre sus principales características se destaca su buena resistencia a la compresión, lo que le permite soportar grandes cargas. Sin embargo, no es tan resistente a la tracción, por lo que generalmente se refuerza con acero. Además, su versatilidad y durabilidad hacen que sea una opción confiable para obras tanto pequeñas como de gran escala (Chryso, 2024).

1.1.1. Durabilidad del Hormigón

Las obras de hormigón no solo deben diseñarse para soportar cargas o esfuerzos mecánicos, sino también para resistir las condiciones del entorno en el que se encuentran. Factores como la humedad, la exposición al sol, el contacto con sustancias químicas o ambientes agresivos pueden provocar su deterioro con el tiempo, reduciendo su vida útil y generando mayores costos de mantenimiento o reparación (Corominas, 2003).

La durabilidad del hormigón se entiende como la capacidad que tiene este material para mantenerse en buenas condiciones frente a la acción del clima y agentes externos, sin perder sus propiedades principales. En la actualidad, existen normas y recomendaciones internacionales, como las establecidas por ASTM, UNE y ACI, que orientan sobre cómo mejorar y evaluar su comportamiento en distintos ambientes. Estas guías permiten asegurar que el material cumpla con los requisitos necesarios según el lugar donde será utilizado (Aire, 2022).

Para Moro, (2016), la durabilidad es un aspecto clave en la construcción moderna, ya que muchas estructuras están expuestas constantemente a condiciones que

aceleran su desgaste. Por esta razón, cada vez se invierte más en investigación y mantenimiento, buscando prolongar la vida útil de las obras y garantizar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo.

1.2. Función de los Componentes

1.2.1. Cemento

El cemento es uno de los materiales más utilizados en la construcción y pertenece al grupo de los conglomerantes hidráulicos, es decir, aquellos que al mezclarse con agua fraguan y endurecen, tanto al aire libre como bajo el agua. Esta propiedad lo hace fundamental en la elaboración del hormigón y en diferentes aplicaciones de la ingeniería civil.

Los distintos tipos de cemento se obtienen a partir de la combinación y molienda de varios componentes en proporciones específicas, lo que permite adaptar sus propiedades según las necesidades de cada obra. Entre los principales componentes se encuentran:

- **Clinker portland (K):** Es el componente principal del cemento. Se obtiene mediante la cocción de una mezcla de materiales ricos en calcio, sílice, aluminio y hierro, hasta alcanzar una fusión parcial. De este proceso dependen en gran parte las propiedades mecánicas del cemento.
- **Clinker de aluminato de calcio:** Se utiliza en ciertos tipos de cemento especiales, aportando características particulares como mayor resistencia en etapas iniciales o comportamiento distinto frente a condiciones específicas.
- **Adiciones (escoria de alto horno - S):** Corresponde a un subproducto de la fabricación del hierro. Su incorporación no solo permite aprovechar materiales industriales, sino que también contribuye a mejorar algunas propiedades del cemento, como su durabilidad y desempeño en ambientes agresivos (Moreno, 2022).

1.2.2. Cemento Pozolánico

El cemento portland puzolánico IP, es un cemento fabricado a base de Clinker, con puzolana y yeso;

- Resistencia al ataque de sulfatos; el hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio hidratado que genera una expansión del 18 % del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

- Debido a la capacidad de la puzolana de para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el cemento puzolánico tipo IP es más resistente a los sulfatos y al ataque químico de otros iones agresivos.
- Mayor impermeabilidad; el cemento portland puzolánico IP, produce mayor cantidad de silicatos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así mismo el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión. (Cuellar y Sequeiros, 2017)

1.2.3. Agua Potable

El agua potable es un elemento fundamental en la elaboración del hormigón, ya que influye directamente en su comportamiento tanto en estado fresco como endurecido. Según Rodríguez (1995), la cantidad de agua utilizada es clave, porque no solo afecta la resistencia del material, sino también su trabajabilidad y facilidad de colocación. Asimismo, el contenido de agua incide en la compacidad del hormigón, es decir, en qué tan denso y uniforme se vuelve una vez endurecido, lo cual es importante para evitar el ingreso de agentes externos que puedan deteriorarlo con el tiempo. De igual manera, un adecuado control del agua contribuye a reducir el riesgo de corrosión en las armaduras de acero, ayudando a garantizar una mayor durabilidad y vida útil de las estructuras.

1.2.4. Agregado fino

El agregado fino, comúnmente conocido como arena, cumple una función importante en la elaboración del hormigón, ya que contribuye a brindar resistencia y durabilidad a las estructuras frente a cargas y condiciones ambientales a lo largo del tiempo. Las partículas de la arena pueden alcanzar un tamaño máximo aproximado de 5 mm, lo que permite obtener una mezcla más uniforme y compacta, favoreciendo un mejor comportamiento del hormigón.

Es fundamental que la arena esté libre de impurezas como polvo, arcilla o sales, ya que estos elementos pueden afectar la calidad de la mezcla y disminuir su resistencia. Por ello, se recomienda que provenga de una fuente confiable y realizar una revisión previa para verificar que tenga un color uniforme y no contenga materiales extraños. Asimismo, el almacenamiento de la arena en obra es un aspecto

clave. Debe mantenerse en lugares limpios y secos, alejados de contaminantes y agua estancada, con el fin de conservar sus propiedades y asegurar un buen desempeño en el hormigón (Hatun , 2024).

1.2.5. Agregado Grueso

Se denomina agregado grueso a la porción del material que queda retenida en el tamiz de 4,75 mm (N° 4). Este tipo de agregado puede provenir de la trituración de roca, de grava natural o de una combinación de ambas. Sus partículas deben ser limpias, resistentes y durables, evitando la presencia de fragmentos planos, alargados o materiales blandos que puedan afectar el comportamiento del hormigón. Asimismo, es importante que esté libre de polvo, terrones de arcilla u otras sustancias que puedan perjudicar la calidad de la mezcla (Yura , 2025).

Las características del agregado grueso influyen directamente en las propiedades del hormigón. Aspectos como la forma, textura, desgaste, absorción, tamaño máximo nominal y gravedad específica pueden afectar la porosidad del material, lo que a su vez incide en su resistencia y durabilidad frente a diferentes condiciones de uso (Garcia et al., 2023).

1.3. Propiedades del hormigón

El hormigón fresco es un material heterogéneo, ya que está compuesto por elementos sólidos, como el cemento y los agregados, líquidos como el agua, y pequeñas cantidades de aire atrapado. Esta combinación de materiales con diferentes tamaños y características hace que su comportamiento sea variable, especialmente en estado fresco. A la cantidad de hormigón preparada en una sola mezcla se le conoce como amasada.

Para Flores, (2017), en la actualidad, no existe una ley general que describa con exactitud el comportamiento del hormigón frente a todos los esfuerzos a los que puede estar sometido dentro de una estructura. Sin embargo, es posible analizar sus propiedades en estado endurecido para entender mejor su desempeño. Entre estas propiedades se destacan la resistencia a la compresión y a la flexión, así como su durabilidad, impermeabilidad y comportamiento frente a cambios de temperatura. El estudio de estos aspectos permite tener una idea más clara de cómo actuará el material en condiciones reales de uso.

1.3.1. Resistencia

La resistencia es la capacidad que tiene el concreto de soportar esfuerzos de diferentes tipos y magnitudes. La resistencia a los esfuerzos mecánicos alude a los de compresión, tracción, flexión, cortante, abrasión y erosión, principalmente (Rodríguez, 2019).

La resistencia es una de las propiedades más valorizadas por los proyectistas e ingenieros para determinar la calidad del hormigón. Es definida como la capacidad de un material de resistir la tensión sin romperse y algunas veces la ruptura es identificada como fisuras. Dentro de las resistencias mecánicas la resistencia a la compresión es el valor más representativo de cualquier hormigón, la propiedad más buscada y en muchas ocasiones es el mayor valor de todas las resistencias, llegándose a lograr en ocasiones valores de resistencia características por encima de 40 MPa en los denominados Hormigones de Altas Prestaciones (HAP) (Consuegra y García, 2022).

1.4. Tipo de agregados

1.4.1. Áridos basálticos

Los áridos basálticos provienen del basalto, una roca de origen volcánico de color oscuro y textura que puede ser vítrea o cristalina. Este tipo de roca se forma por el enfriamiento del magma cerca o sobre la superficie terrestre, lo que le da características particulares en cuanto a resistencia y durabilidad. Debido a su origen, el basalto presenta una composición química rica en sílice, óxidos de aluminio, calcio, magnesio y hierro, además de pequeñas cantidades de otros compuestos. Estas características hacen que sea un material denso y resistente, adecuado para su uso como agregado en la elaboración del hormigón. Una de las principales ventajas de los áridos basálticos es su alta resistencia mecánica, especialmente frente a esfuerzos de tracción y desgaste. Asimismo, presentan buena resistencia a agentes químicos agresivos, como ácidos, y un comportamiento favorable frente a ambientes exigentes. Estas propiedades los convierten en una opción adecuada para mejorar el desempeño del hormigón, especialmente en condiciones donde se requiere mayor durabilidad (Yimaz, 2022)

1.4.2. Áridos Calcáreos

Los materiales calcáreos son una parte fundamental en diversos campos, desde la construcción hasta la geología y la biología. Su importancia radica en su

composición química, principalmente basada en el carbonato de calcio ($CaCO_3$), un compuesto que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza (PADUA, 2019).

En términos generales, un material calcáreo se define como cualquier sustancia que contiene una proporción significativa de carbonato cálcico, ya sea en forma de calcita o aragonita. Esta composición le confiere características específicas que lo hacen útil en diversas aplicaciones. La presencia de carbonato de calcio determina sus propiedades, como su dureza, resistencia a la compresión y reacción a diferentes agentes químicos. Es importante distinguir entre diferentes tipos de materiales calcáreos según su origen y proceso de formación (PADUA, 2019).

1.5. Agua de mar

El agua de mar es el agua que compone los océanos y mares, cubriendo más del 70 por ciento de la superficie terrestre. El agua de mar es una mezcla compleja de 96,5 por ciento de agua, 2,5 por ciento de sales y cantidades menores de otras sustancias, incluyendo materiales inorgánicos y orgánicos disueltos, partículas y algunos gases atmosféricos. Los seis iones más abundantes del agua de mar son cloruro (Cl^-), sodio (Na^+), sulfato (SO_4^{2-}), magnesio (Mg^{2+}), calcio (Ca^{2+}), y potasio (K^+). En peso, estos iones constituyen aproximadamente el 99 % de todas las sales marinas. La cantidad de estas sales en un volumen de agua de mar varía debido a la adición o eliminación de agua localmente (por ejemplo, mediante precipitación y evaporación). (Duxbury y Howard, 2025)

Componentes principales del agua de mar			
Constituyente Iónico	g/kg de agua de mar	Moles/kg**	Concentración relativa
Cloruro	19,620	0,5405	1
Sodio	10,679	0.4645	0,8593
Magnesio	1,278	0,0526	0,0974
Sulfato	2,680	0,0279	0,0517
Calcio	0,409	0,01022	0,0189
Potasio	0,395	0,01011	0,0187
Carbono(inorgánico)	0,027	0,0023	0,0043
Bromuro	0,066	0,00083	0,00154
Boro	0,004	0,00041	0,00075
Estroncio	0.0079	0,00009	0,000165
Fluoruro	0,0013	0,00007	0,000125

Tabla 1. Componentes principales del agua de mar Elaborado por (Duxbury & Howard Byrne, 2025)

1.5.1. Rendimiento del hormigón con agua de mar.

Generalmente se considera que el hormigón estructural no debe prepararse mediante el uso agua de mar. Sin embargo, la literatura disponible rompe el mito de no utilizar agua de mar en las prácticas de construcción. Los estudios anteriores y actuales afirman que el agua de mar no afecta sustancialmente las propiedades del hormigón simple. Sin embargo, se producen cambios en las propiedades del hormigón simple en estado fresco y endurecido debido al uso de agua de mar que se describe en las secciones siguientes como la tasa de hidratación, producto de hidratación, hora de configuración, laborabilidad, fuerza y durabilidad. (Saxena y Baghban, 2023)

1.6. Requisitos técnicos para el agua de mezcla en el hormigón

1.6.1. ASTM C1602 – Agua de mezcla

“Según la norma ASTM C1602 ‘Standar Specification for Mixing Water for Concrete’, el agua no potable usada en hormigón debe cumplir límites máximos de cloruros entre 500 y 1000 mg/l (ppm) dependiendo del uso estructural.”

Limites químicos para agua de mezcla combinada

Concentración máxima de agua de mezcla combinada, ppm	Limites	Métodos de prueba
Cloruro como Cl ⁻ , ppm 1 en concreto pretensado, cubiertas de puentes u otro concreto 2 reforzado designado de otra manera en ambientes húmedos o que contengan incrustaciones de aluminio o metales diferentes o con encofrados metálicos galvanizados que permanezcan en el lugar	500c-	C114
	1000c	C114
Sulfato como SO₄ , ppm	3000	C114
Alcalinos como (Na₂O + 0,658 K₂O), ppm	600	C114
Sólidos totales por masa, ppm	50000	C1603

Tabla 2. Limites químicos para agua de mezcla combinada Elaborado por (American Society for Testing and Materials, 2021)

1.6.2. ASTM C-1602 – Agua de mezcla

“De acuerdo con ASTM C1602/C1602M ‘Standar Specification for Mixing Water for Concrete’, el agua de mezcla no debe reducir la resistencia del hormigón a menos del 90 % de la de un control con agua potable, ni adelantar el fraguado más de 1 h ni retrasarlo más de 1 h 30 min.

Requisitos de desempeño del concreto para mezclar agua

	Limites	Métodos de prueba
Resistencia a la compresión, control de% mínimo a los 7 días	90	C31/C31 M C39/C39 M C403/C403 M
Tiempo de fraguado, desviación del control	Desde la 1:00 a más tardar 1:30 más tardar	

Tabla 3. Requisitos de desempeño del concreto para mezclar agua. Elaborado por (American Society for Testing and Materials, 2021)

1.7. Evaluación de propiedades Mecánicas

Para los siguientes cubos de hormigón serán evaluados principalmente a la resistencia a la compresión, flexión y tracción indirecta, elaborados con agua de mar. Los factores que inciden en la elaboración de los cubos son los agregados y cemento antes mencionados en el marco teórico, su composición media aproximada serán las siguientes:

Arena 0,4 metros cúbicos (tamaño de los áridos entre 0,1 y 3,0 mm)

Grava 0,8 metros cúbicos (tamaño de los áridos entre 10,0 y 30,0 mm)

Aglutinante (cemento): 300 kg (min 200-400kg)

Agua de mar y potable: 150 litros (min 65 litros – hasta 200 litros)

Capítulo II: DESARROLLO

En el presente capítulo se desarrolla el estudio del uso del agua de mar como una alternativa frente al agua potable en la elaboración de hormigón, analizando su comportamiento bajo criterios técnicos y comparativos. El objetivo es evaluar si el empleo de agua salada puede ser viable en determinadas condiciones, sin afectar de manera significativa las propiedades del material.

El proyecto consiste en la elaboración de encofrados cúbicos y probetas, con el fin de analizar sus propiedades mecánicas. Para ello, se realizaron procesos de dosificación y mezclado utilizando tanto agua de mar como agua potable, permitiendo una comparación directa entre ambos casos. Todo el procedimiento se llevó a cabo de manera controlada, iniciando desde la preparación de los encofrados, la elaboración de la mezcla y el proceso de curado de las probetas.

Posteriormente, se realizaron ensayos de compresión, flexión y tracción indirecta en tiempos previamente establecidos, utilizando equipos adecuados y en condiciones de laboratorio estables. Finalmente, los resultados obtenidos fueron analizados y comparados, permitiendo establecer conclusiones claras sobre el comportamiento del hormigón elaborado con ambos tipos de agua.

2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación se contextualiza dentro de un enfoque experimental, ya que busca analizar el comportamiento del hormigón a partir de ensayos realizados en laboratorio. En este caso, se estudia el efecto del uso de agua de mar en las propiedades mecánicas del material, mediante pruebas de resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión, así como su durabilidad luego de determinados periodos de tiempo. Esto permite establecer comparaciones entre las diferentes mezclas elaboradas.

De manera complementaria, se realizó un análisis físico y químico del agua de mar utilizada, con el fin de conocer sus características principales. Entre los parámetros evaluados se incluyen el pH, la temperatura, la turbidez, así como la presencia de compuestos como cloruros y sulfatos, los cuales son relevantes por su influencia en el comportamiento del hormigón. En las Tablas 1 y 2 se presentan estos valores, junto con los límites permitidos según referencia técnica.

Desde el enfoque cuantitativo, la investigación se basa en la recolección, comparación y análisis de los datos obtenidos en los distintos ensayos, lo que permite interpretar los resultados y determinar el efecto del uso de agua de mar en relación con el agua potable.

2.2. Procedimiento

2.2.1. Proceso Informativo

Para el desarrollo de este trabajo de titulación, se inició con la obtención y preparación de los materiales necesarios, incluyendo el agua de mar, los agregados y los diferentes tipos de cemento utilizados en la elaboración de las probetas. Este proceso consideró la selección adecuada de cada componente, con el fin de garantizar condiciones controladas durante los ensayos.

El estudio se basa en la elaboración de veinticuatro especímenes cúbicos de hormigón, de los cuales seis fueron preparados con agua potable y dieciocho con agua de mar, permitiendo realizar un análisis comparativo entre ambos casos. Adicionalmente, se elaboraron cuatro probetas cilíndricas, lo que complementa la evaluación del comportamiento del material bajo distintas condiciones.

A continuación, se detallan las fases del proceso experimental, así como la clasificación de las probetas según el tipo de mezcla y los materiales utilizados.

Fase inicial – Fase 0

Preparación de tres cubos tipo A y tres cubos tipo B con agua dulce

Fase 1

Preparación de seis cubos tipo A y seis cubos tipos B con agua de mar

-Cubos Tipo A

Áridos calcáreos (chispa)

Cemento puzolánico

-Cubos Tipo B

Áridos basálticos

Cemento Puzolánico

2.2.2. Obtención y preparación del material

2.2.2.1. Áridos y cementos para Tipo A y B

Para la elaboración de los hormigones Tipo A y Tipo B, se seleccionaron materiales considerando sus propiedades y disponibilidad. En el caso del Tipo A, se emplearon áridos calcáreos, los cuales son ampliamente utilizados en el país debido a su buena adherencia y comportamiento en mezclas de hormigón. La piedra chispa fue adquirida en ferreterías locales, garantizando así un material accesible y de uso común en la construcción.

Por otro lado, para el hormigón Tipo B se utilizó agregado basáltico, conocido por su alta resistencia y durabilidad. Para su obtención, se estableció contacto con una cantera que disponía de este material, la cual facilitó varios sacos para la realización de los ensayos.



Ilustración 1. Obtención del material basáltico en la cantera Licosa. Fuente: Ilustración propia.

En cuanto al cemento, se emplearon dos tipos: cemento portland para el Tipo A y cemento puzolánico para el Tipo B, ambos adquiridos en ferreterías junto con la arena gruesa. Estos materiales fueron seleccionados por su uso frecuente en la construcción y su disponibilidad en el mercado.

2.2.3. Recolección de Agua

Con las materias primas ya obtenidas para las respectivas fundiciones de los cubos, ya solo nos faltaba el elemento fundamental y clave que conlleva este proyecto de titulación, el agua de mar. Para la obtención del elemento tuvimos que trasladarnos al punto salado más cercano, que fue Villamil Playas en la ilustración 2, se adjunta evidencia, se trajo los galones suficientes para el mezclado y para el curado de todos los recipientes cúbicos.



Ilustración 2. Recolección del agua de mar en Villamil Playas. Fuente: Ilustración propia.

2.2.4. Pesos Volumétricos Suelos

Como primer paso, se realizó los pesos volumétricos sueltos de los agregados para poder partir con la dosificación exacta. A continuación, se procede con la piedra Calcárea.

- Procedemos a encender la balanza y calibramos
- Nuestro recipiente pesa 9.091 Kilogramos
- Vertimos la piedra calcárea a un valde de 1 ft³ sin varillar
- Luego se enrasa con una varilla para que quede al ras

- Vertimos la piedra y se echa al recipiente
- Se procede a pesar
- Anotamos



Ilustración 3. Peso volumétrico Suelto Calcárea. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 4. Anotación del peso. Fuente: Ilustración propia.

Se realiza el mismo proceso con la Piedra Basalto.

- Procedemos a encender la balanza y calibramos

- Nuestro recipiente pesa 9.091 Kilogramos
- Vertimos la piedra calcárea a un valde de 1 ft³ sin varillar
- Luego se enrasa con una varilla para que quede al ras
- Vertimos la piedra y se echa al recipiente
- Se procede a pesar
- Anotamos



Ilustración 3. Verter la Piedra Basalto en el Valde. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 4. Valde con la piedra al ras. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 5. Peso Volumétrico Suelto Piedra Basalto. Fuente: Ilustración propia.

2.2.5. Fórmulas

Piedra Basalto = 20.086 kg

Piedra Calcárea = 19.868 kg

Tara = 9.091 Kg

Volumen del recipiente 1ft cúbico = 0.014146 m^3

$$\gamma_{\text{piedra basalto}} = \frac{29.1779 - 9.091}{0.014146} = 1421 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$1421 \times 0.8 = 1137 \text{ kg}$$

$$\gamma_{\text{piedra calcarea}} = \frac{28.959 - 9.091}{0.014146} = 1405 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$1405 \times 0.8 = 1124 \text{ kg}$$

Arena = 600 kg

Cemento Portland y Puzolánico = 350 kg

Agua de mar y agua potable = 175 kg

Dosificación de mezcla para Cubos Tipo A Agua Potable

FECHA: 17 de noviembre

ENSAYADO POR: Jeremy López, Ignacio Cercado

Números de Cubos: 3

Código			TA-D
Material	Unidad	Cantidad	
Calcárea	Kg	17	
Arena	Kg	9	
Cemento Portland	Kg	5.25	
Agua Potable	Kg	2.64	

Tabla 4. Dosificación de mezcla para Cubos Tipo A Agua Potable. Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de mezcla para Cubos Tipo B Agua Potable

FECHA: 17 de noviembre

ENSAYADO POR: Jeremy López, Ignacio Cercado

Números de Cubos: 3

Código			TB-D
Material	Unidad	Cantidad	
Basalto	Kg	17	
Arena	Kg	9	
Cemento Puzolánico	Kg	5.25	
Agua Potable	Kg	2.64	

Tabla 5. Dosificación de mezcla para Cubos Tipo B Agua Potable. Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de mezcla para cubos Tipo A agua de Mar

FECHA: 17 de noviembre
ENSAYADO POR: Jeremy López, Ignacio Cercado
Números de cubos 9
Código TA-AS

Material	Unidad	Cantidad
Calcárea	Kg	52
Arena	Kg	27
Cemento Portland	Kg	15.75
Agua de mar	Kg	7.92

Tabla 6. Dosificación de mezcla para cubos Tipo A agua de Mar. Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de mezcla para cubos Tipo B agua de Mar

FECHA: 17 de noviembre
ENSAYADO POR: Jeremy López, Ignacio Cercado
Números de cubos 9
Código TB-AS

Material	Unidad	Cantidad
Basalto	Kg	52
Arena	Kg	27
Cemento Puzolánico	Kg	15.75
Agua de Mar	Kg	7.92

Tabla 7. Dosificación de mezcla para cubos Tipo B agua de Mar. Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de Mezcla Para Cubos Tipo B con agua de Mar agregando varillas 10 mm

FECHA: 17 de noviembre
ENSAYADO POR: Jeremy López, Ignacio Cercado
Números de cubos 3
Código TB-AS VARILLAS

Material	Unidad	Cantidad
Basalto	Kg	17
Arena	Kg	9
Cemento Puzolánico	Kg	5.25
Agua de Mar	Kg	2.64
Varilla 10 mm	UNI	4

Tabla 8. Dosificación de Mezcla Para Cubos Tipo B con agua de Mar agregando varillas 10 mm. Fuente: Elaboración propia.

Dosificación de mezcla para cilindros de hormigón Tipo B. 1 con varilla 10 mm

FECHA:	17 de noviembre	
ENSAYADO POR:	Jeremy López, Ignacio Cercado	
Números de Cilindros	4	
Código	TB-AS CILINDROS	
Material	Unidad	Cantidad
Basalto	Kg	17
Arena	Kg	9
Cemento Puzolánico	Kg	5.25
Agua de mar	Kg	2.64
Varilla 10 mm	UNI	1

Tabla 9. Dosificación de mezcla para cilindros de hormigón Tipo B. 1 con varilla 10 mm. Fuente: Elaboración propia.

2.2.6. Ensayos de agregados

Se llevaron a cabo ensayos de granulometría en los agregados, porcentaje de absorción y peso volumétrico.

2.2.6.1. Granulometría

Este método de prueba se usa principalmente para determinar la clasificación de los materiales propuestos para su uso como agregados. Los resultados se utilizan para dar a conocer el cumplimiento de la distribución del tamaño de partícula con los requisitos de especificación aplicable y para proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de diversos productos agregados y mezclas que contienen agregados. (ASTM, 2015)

2.2.6.2. Agregado grueso

Los tamices que se usaron para el agregado grueso fueron sacados de la norma ASTM C136, se utilizó para ambos agregados para el tipo A, agregado calcáreo, y tipo B, agregado basáltico, los tamices fueron los siguientes:

Tamiz	Apertura (mm)
1"	25
3/4"	19
1/2"	12,5
3/8"	9,5
1/4"	6,3
N 4	4,75
N 5	4
Fondo	

Ilustración 6. Tamices específicos utilizados para los dos tipos de agregados gruesos.
Fuente: ASTM C136, 2015

2.2.6.3. Agregados finos

Los tamices que se usaron para el agregado finos, de igual manera fue sacado de la norma ASTM C136 y fueron los siguientes:

Tamiz	Apertura (mm)
N 10	2,000
N 16	1,180
N 30	0,600
N 40	0,425
N 45	0,355
N 50	0,300
N 80	0,250
N 100	0,150
N 200	0,075
Fondo	

Ilustración 7. Tamices específicos utilizados para el agregado fino. Fuente: ASTM C136, 2015

2.2.7. Elaboración de mezcla, probetas cúbicas, y cilíndricas.

Una vez definida la dosificación y realizados los ensayos de los agregados, se procedió a la elaboración de las probetas cúbicas y cilíndricas, las cuales se organizaron en cuatro grupos para su análisis. En el primer grupo, se elaboraron dos tipos de muestras, Tipo A y Tipo B, con agua potable, fabricando un total de 6 cubos de $16 \times 16 \times 16$ cm, distribuidos en 3 para cada tipo.

El segundo grupo estuvo conformado por 9 probetas cúbicas adicionales para cada tipo de hormigón (Tipo A y Tipo B), incorporando como variable principal el uso de agua de mar en su composición. El tercer grupo consistió en la elaboración de probetas cilíndricas de 10×20 cm con hormigón Tipo B, incluyendo en uno de los

cilindros una varilla de acero corrugado, con el fin de observar posibles efectos de corrosión.



Ilustración 8. Elaboración de todas las probetas cúbicas y cilíndricas de cada Tipo de Hormigón. Fuente: Ilustración propia

Finalmente, el cuarto grupo correspondió a probetas cúbicas de $16 \times 16 \times 16$ cm de hormigón Tipo B con la incorporación de varillas de acero corrugado. En total, se elaboraron 27 cubos y 4 cilindros, los cuales, una vez fraguados, fueron desencofrados y colocados en un tanque con agua de mar para su respectivo proceso de curado, permitiendo así evaluar su comportamiento en condiciones similares a un ambiente marino.



Ilustración 9. Probetas cúbicas y cilíndricas sumergidas. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 10. Todas las probetas sacadas después de 28 días de curado, para ser ensayadas. Fuente: Ilustración propia.

2.3. Ensayos realizados

2.3.1. Ensayos de resistencia a la Compresión (ASTM C39), Tracción indirecta (ASTM C496), Flexión (ASTM C239)

Luego del proceso de curado a los 28 días, periodo en el cual el hormigón alcanza la mayor parte de su resistencia, se realizaron los ensayos correspondientes para cada uno de los grupos previamente definidos. Estos ensayos permitieron evaluar el comportamiento mecánico del material bajo diferentes tipos de esfuerzos.

En el caso del ensayo de resistencia a la compresión, basado en la norma ASTM C39, previamente se midieron las dimensiones de cada probeta para calcular su área. Posteriormente, los cubos fueron colocados en la máquina de ensayo, verificando su correcta alineación antes de aplicar la carga de manera progresiva hasta producir la falla. Finalmente, se registró la carga máxima soportada, con la cual se determinó la resistencia a la compresión.

Para el ensayo de flexión, siguiendo como referencia la norma ASTM C293, las probetas fueron apoyadas sobre dos puntos, asegurando una adecuada alineación. Se aplicó la carga de forma gradual hasta que ocurrió la rotura, registrando el valor máximo alcanzado. Para este procedimiento se utilizaron dispositivos adaptados que permitieron realizar el ensayo de manera adecuada.

Finalmente, en el ensayo de tracción indirecta, basado en la norma ASTM C496, se emplearon soportes en forma de “V” para garantizar una correcta distribución de la carga. Al igual que en los ensayos anteriores, se verificó el posicionamiento de las probetas y se aplicó la carga de manera progresiva hasta la falla, registrando la carga última soportada por cada muestra.



Ilustración 11. Ensayo de resistencia a compresión simple. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 12. Ensayo de resistencia a flexión. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 13. Ensayo de resistencia a tracción indirecta. Fuente: Ilustración propia.

3. CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Curva Granulométrica

3.1.1. Agregado Grueso

En la ilustración 10 y 11 se logran ver las curvas granulométricas de cada agregado grueso, para el basalto se observa en los tamices 1/4'' y N° 4 y sin material que haya pasado en la parte del tamiz N° 200, lo que nos lleva a indicar que no contrae presencia de finos en el agregado de basalto.

De igual manera, en la piedra chispa, se observa la misma metodología, los tamices 1/4'' y N°4 llegan porcentaje de caída mínima, por lo que el tamiz N°200 llega sin presencia de agregados finos

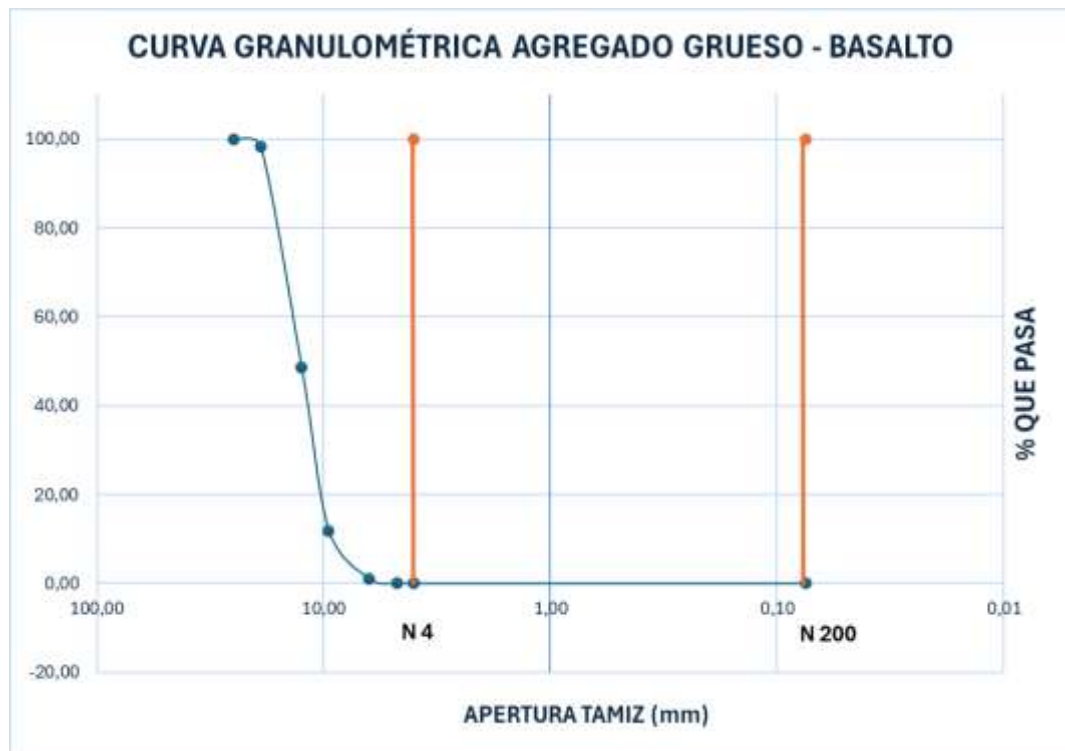


Ilustración 14. Curva granulométrica del Agregado Grueso – Basalto. Fuente:

Ilustración propia.



Ilustración 15. Curva granulométrica del Agregado Grueso – calcáreo. Fuente: Ilustración propia.

3.1.2. Agregado Fino

Se observa en la ilustración 12, la curva granulométrica del agregado fino, y se aprecia que en tamiz N° 10 pasa casi el 99% del material y cae gradualmente hasta el tamiz N° 200 mostrando una distribución continua bien graduada.



Ilustración 16. Curva granulométrica del Agregado Fino. Fuente: Ilustración propia.

3.2. Resultados de ensayos de compresión simple, flexión y tracción indirecta

En esta sección se presentan los resultados de todos los ensayos realizados, compresión, tracción indirecta, flexión, efectuadas en el hormigón elaborado, con cada tipo de agrado y cemento. Estas pruebas facilitan la evaluación del comportamiento del material y nos permiten examinar cómo afecta el tipo de agua de mezcla y los componentes utilizados en su rendimiento estructural.

3.2.1. Resultados de resistencia a tracción indirecta los 28 días


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA CIVIL						
<i>RESULTADOS DE TRACCIÓN INDIRECTA A LOS 28 DÍAS</i>						
Ensayado por: López Calderón Jeremy Ariel Cercado Merchán Ignacio José				Fecha: 18 de diciembre 2025		
Norma: ASTM C496						
Nombre de la muestra	Descripción	Lado cm	Área cm ²	Carga KN	Esf. Trac Ind. Kg/cm ²	Esf. Trac Ind. Kg/cm ²
Tipo- A	Compuesto Agua Salada	16	256	115,6	46,06	42,78
Tipo -A	Compuesto agua Salada	16	256	101,3	40,36	
Tipo-A	Compuesto Agua Dulce	16	256	104,3	41,56	
Tipo- A	Compuesto Agua Dulce	16	256	108,3	43,15	
Tipo -B	Compuesto Agua Salada	16	256	149,5	59,57	52,14
Tipo- B	Compuesto Agua Salada	16	256	144,7	57,65	
Tipo- B	Compuesto Agua Dulce	16	256	92,4	36,82	
Tipo- B	Compuesto Agua Dulce	16	256	136,8	54,51	

Tabla 10. Resultados de ensayos a tracción indirecta a los 28 días de curado y de resistencia. Fuente: Elaboración propia.

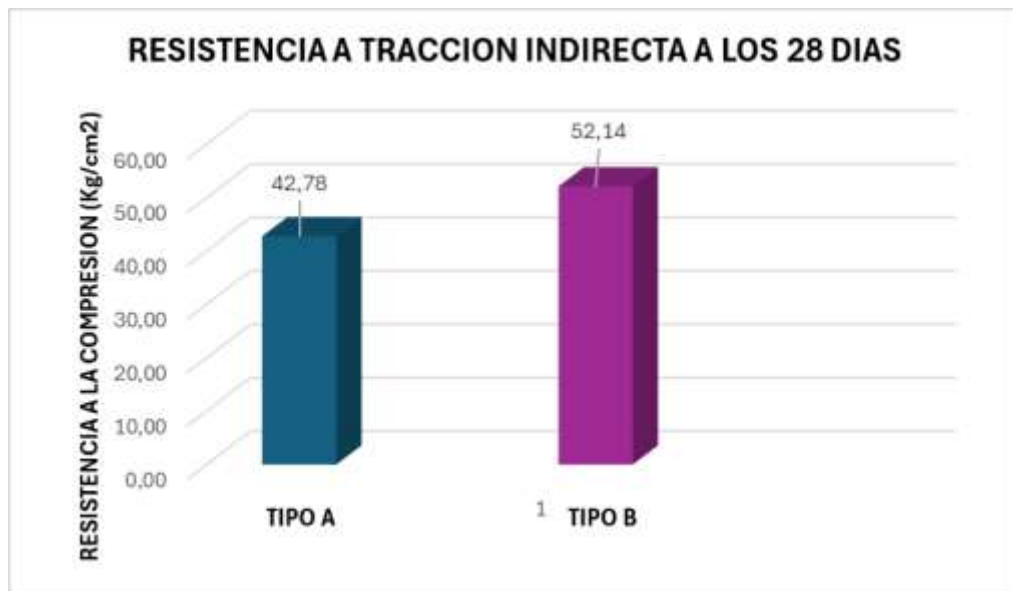


Ilustración 17. Resistencia a la tracción indirecta a los 28 días, gráficamente de los dos tipos de probetas. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Resultados de resistencia a compresión simple a los 28 días


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE		FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA CIVIL				
		 Facultad de Ingeniería				
RESULTADOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS						
Ensayado por: López Calderón Jeremy Ariel				Fecha: 18 de diciembre 2025		
Cercado Merchán Ignacio José						
Norma: ASTM C39						
Nombre de la muestra	Descripción	Lado cm	Área cm ²	Carga KN	Esf. Compresión. Kg/cm ²	Esf. Comp. Prom. Kg/cm ²
Tipo- A	Compuesto Agua Salada	16	256	572,5	228,11	230,24
Tipo -A	Compuesto agua Salada	16	256	583,2	232,37	
Tipo-B	Compuesto Agua Salada	16	256	782,5	311,78	310,34
Tipo- B	Compuesto Agua Salada	16	256	775.3	308,91	

Tabla 11. Resultados de ensayos a compresión a los 28 días de curado y resistencia. Fuente: Elaboración propia.

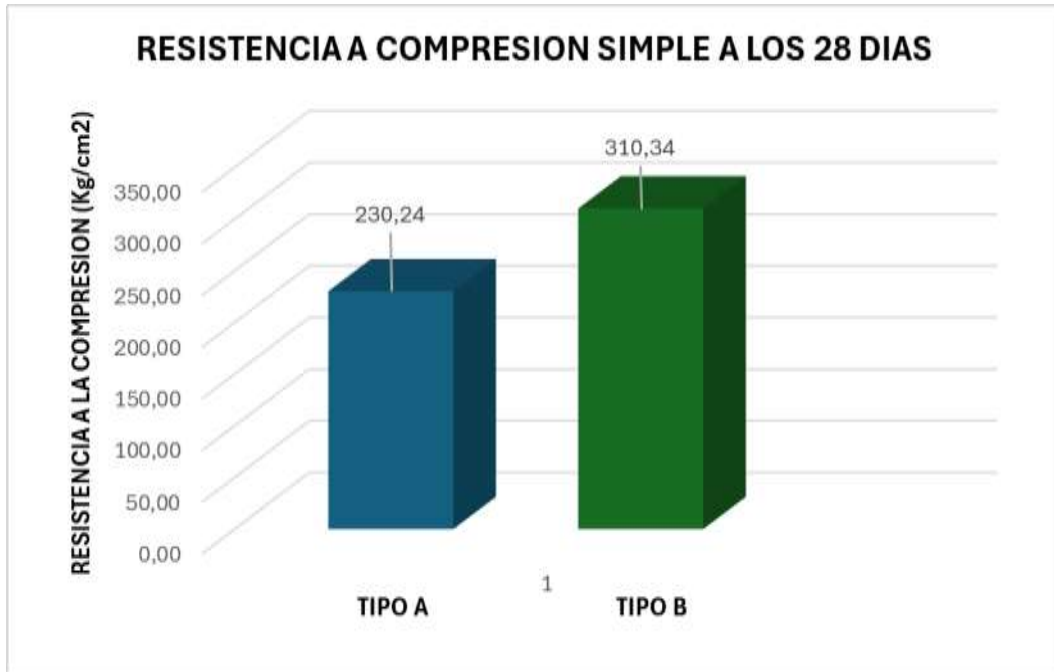


Ilustración 18. Resistencia a la compresión simple a los 28 días. Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Resultados de resistencia a flexión a los 28 días


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA CIVIL						
<i>RESULTADOS DE FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS</i>						
Ensayado por: López Calderón Jeremy Ariel Cercado Merchán Ignacio José				Fecha: 18 de diciembre 2025		
Norma: ASTM C293						
Nombre de la muestra	Descripción	Lado cm	Área cm ²	Carga Kn	Esf. Flexión. Kg/cm ²	Esf. Flexión. Prom. Kg/cm ²
Tipo- A	Compuesto Agua Salada	16	256	55,2	21,99	20,82
Tipo -A	Compuesto agua Salada	16	256	49,3	19,64	
Tipo-B	Compuesto Agua Salada	16	256	84,4	33,63	31,68
Tipo- B	Compuesto Agua Salada	16	256	74,6	29,72	

Tabla 12. Resultados de ensayos a flexión a los 28 días de curado y resistencia. Fuente: Elaboración propia.

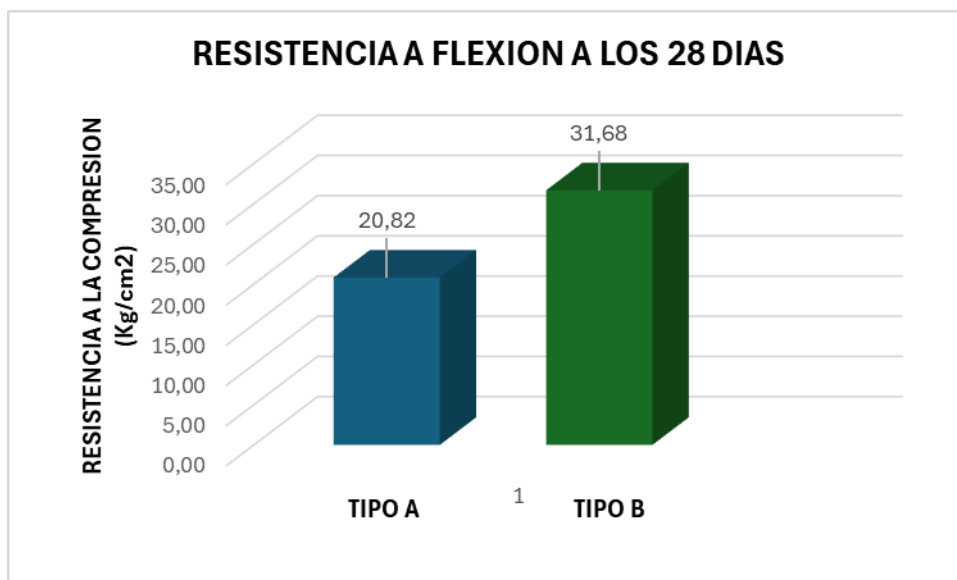


Ilustración 19. Resistencia a flexión a los 28 días, gráficamente de los dos tipos de probetas. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4. Resultados de resistencia a compresión simple a los 28 días en los cilindros


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA CIVIL		 Facultad de Ingeniería			
<i>RESULTADOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS</i>							
Ensayado por: López Calderón Jeremy Ariel				Fecha: 18 de diciembre 2025			
Cercado Merchán Ignacio José				Cilindros			
Norma: ASTM C39							
Nombre de la muestra	Descripción	Diametro cm	Área cm ²	Carga KN	Carga KG	Esf. Compresión. Kg/cm ²	Esf. Comp. Prom. Kg/cm ²
Tipo- B	Compuesto Agua Salada	10,6	87,4	168,4	17176,8	196,53	183,44
Tipo -B	Compuesto agua Salada	10,5	85,8	138,7	14147,4	164,89	
Tipo-B	Compuesto Agua Salada	10,5	85,8	158,9	16207,8	188,90	

Tabla7. Resultados de ensayo de compresión simple de cilindros a los 28 días de curados y resistencia. Fuente: Elaboración propia.

3.2.5. Resultados de resistencia a compresión a los 51 días


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA CIVIL				
						
RESULTADOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 51 DÍAS						
Ensayado por: López Calderón Jeremy Ariel Cercado Merchán Ignacio José				Fecha: 18 de diciembre 2025		
Norma: ASTM C39						
Nombre de la muestra	Descripción	Lado cm	Área cm ²	Carga KN	Esf. Compresión. Kg/cm ²	Esf. Comp. Prom. Kg/cm ²
Tipo - A	Compuesto Agua Dulce	16	256	527,9	210,34	210,34

Tabla 8. Resultados de ensayos a compresión simple a los 51 días. Fuente: Elaboración propia.

3.2.6. Resultados de resistencia a flexión a los 51 días


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA CIVIL				
						
RESULTADOS DE FLEXIÓN A LOS 51 DÍAS						
Ensayado por: López Calderón Jeremy Ariel Cercado Merchán Ignacio José				Fecha: 18 de diciembre 2025		
Norma: ASTM C293						
Nombre de la muestra	Descripción	Lado cm	Área cm ²	Carga Kn	Esf. Flexión. Kg/cm ²	Esf. Comp. Prom. Kg/cm ²
Tipo - B	Compuesto Agua Dulce	16	256	75,2	29,96	29,96

Tabla 9. Resultados de Ensayo a Flexión a los 51 días. Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente apartado se describirá los resultados del agua de mezclado con parámetros físicos y químicos.

En los estudios químicos se solicitó a laboratorio AVVE sus servicios.

3.3. Caracterización del agua de mar

3.3.1. Parámetros físicos

1. Para la determinación de los parámetros físicos, se utilizó la misma muestra de agua de mar empleada en la elaboración del hormigón. Esta fue vertida en un recipiente de aproximadamente 200 ml, con el fin de realizar su respectivo análisis en condiciones controladas.



Ilustración 20. Muestra de agua salada para determinar parámetros físicos-químicos.
Fuente: Ilustración propia.

2. Para el análisis se utilizó un equipo multiparamétrico portátil Hach HQ40d, el cual permite evaluar la calidad del agua. Previamente, se realizó la limpieza de las sondas con agua destilada para evitar alteraciones en los resultados. Posteriormente, se introdujo la sonda en la muestra y se procedió a medir los parámetros físicos del agua de mar, obteniendo valores necesarios para su caracterización dentro del estudio.



Ilustración 21. Colocación de sondas para determinar parámetros, como el pH, temperatura. Fuente: Ilustración propia.

3. En otro recipiente de menos capacidad se vacía para analizar la turbidez de la muestra.



Ilustración 22. Prueba de Turbidez de la muestra. Fuente: Ilustración propia.

4. La última prueba se usa el cono Imhoff para observar los sólidos suspendidos después de una hora.



Ilustración 23. Prueba de sólidos sedimentables. Fuente: Ilustración propia.

3.3.1.1. Resultados ensayos físicos - químicos

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA CIVIL					Facultad de Ingeniería
RESULTADOS MUESTRA AGUA SALADA					
Ensayado por: López Calderón Jeremy Ariel			Fecha: 18 de diciembre 2025		
Cercado Merchán Ignacio José					
Ubicación: Playas			Pruebas físicas		
Nombre de muestra	Descripción	Temperatura °C	pH	Sólidos sedimentarios mg/l	Turbidez Ntu
T1	Agua salada	23,9	7	0,001	0,64

Tabla 13. Resultados de muestreo del agua de mar utilizada en las probetas. Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Parámetros químicos

Para la determinación de los parámetros químicos del agua de mar, se solicitó el servicio de un laboratorio especializado, Laboratorios AVVE, con el fin de obtener resultados confiables en el análisis de cloruros y sulfatos. Las muestras fueron entregadas en sus instalaciones bajo condiciones adecuadas para su evaluación.

Luego de un periodo de análisis, el laboratorio proporcionó los resultados correspondientes mediante un informe técnico, el cual permitió conocer la composición química del agua utilizada en el estudio.

3.3.2.1. Resultados de ensayos químicos

En la sección de Resultados – Análisis Químicos se presentan los valores obtenidos del ensayo de la muestra de agua. El análisis, realizado el 23 de enero de 2026, reporta una concentración de cloruros de 18.61 g/L mediante método volumétrico y sulfatos de 601 mg/L por técnica fotométrica. Estos resultados reflejan la composición química de la muestra y su nivel de salinidad

3.3.3. Comparación de Resultados

En la presente sección se analizan los resultados obtenidos de los ensayos de la caracterización del agua y se comparan con los límites del agua de mezclado con el agua de mar, con lo establece las normas del ASTM C1602, donde los estados son los siguientes:

Parámetro	Resultado de Laboratorio	Límite Normativo (Máximo)	Estado / Cumplimiento	Efecto de la Puzolana
Cloruros	18.61 g/L (18,610ppm)	500 - 1000 ppm	✗ No cumple (Supera el límite en 18 veces)	Reduce la permeabilidad y "atrapa" iones de cloruro para evitar la corrosión del acero.
Sulfatos	601 mg/l (601ppm)	3000 ppm	☑ Cumple (Dentro del rango seguro)	Elimina la cal libre (Ca(OH) ₂) para evitar reacciones expansivas destructivas.

Tabla 14. Comparación de resultados en los parámetros de cloruros y sulfatos.

Fuente: ASTM C196

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

A partir de los ensayos realizados, se concluye que las probetas de hormigón Tipo B elaboradas con agua de mar presentan mejores resultados en resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión a los 28 días, en comparación con el Tipo A. Este comportamiento se atribuye principalmente al uso de cemento puzolánico y agregados basálticos, los cuales contribuyen a mejorar el desempeño del material frente a ambientes agresivos.

En este sentido, el estudio comparativo permite evidenciar que los materiales tradicionales empleados en el Tipo A presentan un menor desempeño frente a las condiciones analizadas. Por el contrario, la combinación de materiales del Tipo B favorece la formación de una estructura más densa, lo que ayuda a reducir la penetración de agentes externos y mejora su comportamiento ante la exposición marina.

Por otro lado, los resultados del análisis químico del agua de mar mostraron una alta concentración de cloruros, superando los límites recomendados por la normativa, lo que representa un riesgo para estructuras con acero de refuerzo. Sin embargo, el uso de cemento puzolánico ayuda a disminuir la permeabilidad del hormigón, reduciendo en cierta medida la acción de estos agentes.

Asimismo, al comparar los resultados con probetas evaluadas a los 51 días, se observó que el hormigón Tipo B no presentó un incremento significativo en su resistencia, e incluso mostró una ligera disminución. Esto sugiere que la exposición continua al ambiente marino puede afectar el comportamiento del material con el tiempo, siendo un aspecto importante para considerar en su aplicación.

Recomendaciones

- Se recomienda el uso de cemento puzolánico y agregados basálticos en construcciones ubicadas en zonas costeras o ambientes marinos, debido a su mejor desempeño frente a la acción de sulfatos y cloruros.
- Es importante continuar con estudios a largo plazo que permitan evaluar la evolución de las propiedades mecánicas del hormigón, así como realizar análisis en diferentes zonas geográficas, considerando que las características del agua de mar pueden variar.
- Se sugiere considerar el uso de agua de mar como una alternativa en proyectos de menor envergadura, especialmente en zonas donde el acceso al agua potable sea limitado, teniendo en cuenta que su uso puede afectar la resistencia del material con el paso del tiempo.

Bibliografía

- American Society for Testing and Materials. (7 de noviembre de 2021). *Scribd*. (A. S. Materials, Ed.) Recuperado el 17 de noviembre de 2025, de <https://es.scribd.com/document/537776095/ASTM-C1602-2006-ESP>
- ASTM, C. /. (11 de febrero de 2015). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.
- Carlos, A. (21 de febrero de 2022). *revisión de los métodos de prueba para evaluar la durabilidad del hormigón*. Obtenido de revisión de los métodos de prueba para evaluar la durabilidad del hormigón: <https://jornadasaie.org.ar/jornadas-aie-antiores/2022-27JAIE-Rosario/trabajos-27JAIE2022/27-JAIE2022-088-Trabajo.pdf>
- Chryso. (29 de septiembre de 2024). *Chryso*. Obtenido de <https://www.chryso.es/blog/que-es-el-hormigon-tipos-y-usos/>
- Consuegra, L. L., & García, C. R. (28 de 11 de 2022). *Factores que influyen en la resistencia a la compresion del Hormigón. Estado del arte*. Obtenido de Factores que influyen en la resistencia a la compresion del Hormigón. Estado del arte: <https://www.redalyc.org/journal/1939/193972950003/193972950003.pdf>
- Corominas, M. (2003). Durabilidad del hormigón.
- Cuellar Loaiza , J. C., & Sequeiros Arone, W. (2017). *influencia del curado en la resistencia a la*. Obtenido de <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/586431ee-5929-4389-ba30-584b3b41a9e1/content>
- Duxbury, A. C., & Howard Byrne, R. (15 de Septiembre de 2025). *Britannica*. Obtenido de Britannica: <https://www.britannica.com/science/seawater/Dissolved-inorganic-substances>
- EDUARDO, H. E. (14 de mayo de 2017). *uso de dolomita para el mejoramiento de la calidad*. Obtenido de

https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/4557/Tesis_uso_dolomita_mejoramiento.calidad_bloque%20concreto_Puerto%20Maldonado.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores, L. M. (2017). *propiedades del concreto en estado*. obtenido de propiedades del concreto en estado: https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/226/Luis_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Garcia Moreta , L. D., Morrillo Garcia, V. A., & Guerra Mera, J. C. (27 de Febrero de 2023). *características de dos agregados gruesos triturados que*. Recuperado el 29 de 10 de 2025, de <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/download/112/162>

Hatun. (23 de agosto de 2024). *Hatun*. Obtenido de <https://hatun.com.pe/construyendo-con-calidad-todo-lo-que-debes-saber-sobre-la-arena-gruesa/>

Moreno, M. T. (22 de octubre de 2022). *Componentes del hormigón*. Obtenido de <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/17355/Tema%2003-01.pdf?sequence=5>

Moro, J. M. (2016). *Caracterización y durabilidad de hormigones reciclados*. Obtenido de Caracterización y durabilidad de hormigones reciclados.: <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/4627/TESIS%20DOCTORAL%20-%20JUAN%20MANUEL%20MORO%20-%20Caracterizaci%3%b3n%20y%20durabilidad%20de%20hormigones%20reciclados.%20Corrosi%3%b3n%20de%20armaduras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Oficina del Geólogo del Estado. (29 de octubre de 2025). *Oficina del Geólogo del Estado*. Obtenido de <https://www.geology.arkansas.gov/minerals/industrial/dolostone.html>

PADUA. (10 de octubre de 2019). *Padua Materiales*. Obtenido de <https://paduamateriales.com/materiales-calcareos-definicion-construccion/>

ANEXOS



Ilustración 24. Ensayos para los respectivos tipos de agregados. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 25. Tamizadora Rotatoria para los agregados. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 26. Ensayo de granulometría del agregado grueso calcárea. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 27. Ensayo de granulometría del agregado grueso basalto. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 28. Ensayo de granulometría del agregado fino. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 29. Ensayo de peso volumétrico. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 30. Proceso de vaciado de agregados pétreos previo al mezclado del hormigón. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 31. Desencofrado de las probetas. Fuente: Ilustración propia.



Ilustración 32. Últimos ensayos de compresión a los 51 días. Fuente: Ilustración propia.



AVILES & VELEZ "AVVE" Laboratorios de Análisis de Alimentos S.A.

Dirección Matriz: Vía a Daule, Km 11.5 – Arq. Modesto Luque Rivadeneira s/n Parque Industrial California 1, Edificio Comercial 3, local 4 A.

Obligado a llevar contabilidad: Si

Agente de Retención mediante Resolución No. NAC-DNCRASC20-0000001

R.U.C.: **0991265465001**

FACTURA

No. 001-002-000020362

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN:

2301202601099126546500120010020000203621234567812

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 23/01/2026 10:38:56

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

CLAVE DE ACCESO:



2301202601099126546500120010020000203621234567812

Razón Social / Nombres y Apellidos: LOPEZ CALDERON JEREMY ARIEL

RUC / CI: 0955552047

Dirección: GUAYAQUIL

Fecha Emisión: 23/01/2026

Código	Descripción	Detalle	Cantidad	U/M	Precio Unitario	Descuento	Total
SA0001	AGUA DE MAR UBICACION: PLAYAS - Análisis Químico	CLORUROS	1.00	UNIDAD	\$ 17.30	0.00	\$ 17.30
SA0001	AGUA DE MAR UBICACION: PLAYAS - Análisis Químico	SULFATOS	1.00	UNIDAD	\$ 18.40	0.00	\$ 18.40

Información Adicional	
Email:	jeremy.lopez@cu.ucsg.edu.ec
Dirección:	GUAYAQUIL
Agente de Retención:	No. Resolución: 1
Código Interno	20362
Concepto	COTIZACION # 2026-01-000116

SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	35.70
DESCUENTO	3.57
SUBTOTAL 15.00%	32.13
SUBTOTAL 0.00 %	0.00
SUBTOTAL No objeto de IVA	0.00
ICE	0.00
IVA 15.00%	4.82
VALOR TOTAL USD	36.95

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	UND. TIEMPO
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	USD 36.95	0	DIAS

Moneda: DOLAR

Puede revisar sus documentos electrónicos en el sitio web: <http://www.tufactura.ec/login/receptor/142>

Ilustración 33. Factura de Cobro para los estudios químicos con el laboratorio AVVE. Fuente: Laboratorios AVVE



INFORME DE ENSAYOS

Fecha de Informe:	27/01/2026	Orden:	298	Informe N°:	350-26	Página:	1/1
-------------------	------------	--------	-----	-------------	--------	---------	-----

INFORMACION DEL CLIENTE:							
Nombre:	LOPEZ CALDERON JEREMY ARIEL						
Dirección:	GUAYAQUIL						
Teléfono:	0987057098	Persona de Contacto:	SR. JEREMY LOPEZ	E. Mail:	jeremylopez@ca.ucsg.edu.ec		

DATOS DE LA MUESTRA			
Tipo de Muestra:	AGUAS	Fecha de Recepción:	22/01/2026
Tipo de Producto:	AGUA	Cód. de Laboratorio:	AG-C-16-22-01-26
Cantidad Recibida:	1 de 200ml	Muestreo:	Realizado por el cliente
Condición de la muestra:	Muestra fue recibida con temperatura de 24°C. envase plástico		

INFORMACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
Nombre del Producto:	AGUA DE MAR UBICACIÓN: PLAYAS		
Fecha de Elab.:	22/1/2026	Fecha de Exp.:	22/3/2026
Contenido Declarado:	Lote: 1	Forma de conservación:	Refrigeración 5°C
Presentaciones:	--		
Material de envase:	--		

RESULTADOS						
ANÁLISIS QUÍMICOS						
Fecha de Análisis:	23/01/2026		Página R 38-5.10:	Ag-1759		
Condiciones ambientales:	Temperatura °C: 21 ± 3		Humedad Relativa %:		30 - 60	
Contenido Encontrado:						
Parámetros	Unidad	Resultados	Incertidumbre	Requisitos	Técnica	Método de Referencia
Cloruros	g/l	18.51	--	--	Voluntétrico	MMQ-411 STANDARD METHODS 24TH 2023, 4590-C1 B MODIFICADO
Sulfatos	mg/l	601	--	--	Fotométrico	MMQ-203

NOTA
No se declara el valor de Incertidumbre en el parámetro de Cloruros, debido a que el resultado obtenido se encuentra fuera del rango validado.

Ilustración 34. Resultados de medición de Cloruros y Sulfatos en la muestra de agua de mar, utilizada en todas las probetas. Fuente: Laboratorios AVVE



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Cercado Merchán Ignacio José** con C.C: #0928250158 y **López Calderón Jeremy Ariel**, con C.C: #0955552047 autores del trabajo de titulación: **Efecto del agua de mar en el hormigón** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 25 de febrero de 2026

f. Ignacio Cercado M.

Cercado Merchán Ignacio José
C.C: 0928250158

f. Jeremy López

López Calderón Jeremy Ariel
C.C: 0955552047



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:	Efecto del agua de mar en el hormigón		
AUTORES	Cercado Merchán, Ignacio José y López Calderón, Jeremy Ariel		
TUTOR	Ing. Mera Ortiz, Walter Vicente PhD.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	25 de febrero de 2026	No. DE PÁGINAS:	72
ÁREAS TEMÁTICAS:	Materiales de construcción, Resistencia del hormigón, Parámetros físicos y químicos		
PALABRAS CLAVES:	Propiedades mecánicas, Normativas, Interpretación, Piedra Basalto, Piedra Calcárea, Cemento Puzolánico, Curado, Pruebas Físicas, Pruebas Química.		

RESUMEN

El presente trabajo de titulación e incorporación evalúa las propiedades mecánicas y la durabilidad del hormigón con la diferencia del uso de agua de mar como Agua de mezcla. Refiriéndonos con Normativas Internacionales, “ASTM C1602 – Agua de mezcla” sirve para caracterizar e interpretar los valores del agua. “ASTM C109 Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico”, para este estudio adaptamos en los ensayos con las normas ASTM C39. Al momento no existe norma que evalúe la tracción indirecta en cubos, pero se basará en las Normativas ASTM C496 / AASHTO T273 o comúnmente llamada prueba brasileña. ASTM C293/ASTM C78 Flexión por punto central el mismo caso al no existir normas que usen cilindros se basará en dicha normativa.

Para la realización de dichas probetas se dividen en 2 grupos. Tipo A y Tipo B donde Tipo A cemento portland, piedras calcáreas, arena y agua de mar. Tipo B cemento puzolánico, piedras basaltos, arena y agua de mar. La implementación de los agregados basálticos y cemento puzolánico son grandes agentes que combaten la corrosión y la penetración de cloruros, obteniendo mejoras en el desempeño y mostrando resultados específicos en nuestra investigación.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-993096835 +593-987057098	E-mail: cermernacho@gmail.com lopez_jeremias@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO DE TITULACIÓN):	Nombre: Glas Cevallos, Clara Catalina	
	Teléfono: +593-4-984616792	
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	