



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE HORMIGONES EN OBRAS CIVILES BAJO NIVELES  
FREATICOS EN LA CIUDAD DE MACHALA

AGURTO RODRIGUEZ KEVIN LUIS  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE HORMIGONES EN OBRAS CIVILES BAJO NIVELES  
FREATICOS EN LA CIUDAD DE MACHALA

AGURTO RODRIGUEZ KEVIN LUIS  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DE HORMIGONES EN OBRAS CIVILES BAJO NIVELES FREATICOS EN LA  
CIUDAD DE MACHALA

AGURTO RODRIGUEZ KEVIN LUIS  
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 16 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA  
16 de febrero de 2022

# TESIS

*por* Agurto Rodriguez

---

**Fecha de entrega:** 11-feb-2022 12:31p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1760166565

**Nombre del archivo:** AGURTO\_RODRIGUEZ.docx (347.59K)

**Total de palabras:** 1890

**Total de caracteres:** 10445

# revisar

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10%

Excluir bibliografía

Apagado

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

El que suscribe, AGURTO RODRIGUEZ KEVIN LUIS, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO DE HORMIGONES EN OBRAS CIVILES BAJO NIVELES FREATICOS EN LA CIUDAD DE MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.


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

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 16 de febrero de 2022



AGURTO RODRIGUEZ KEVIN LUIS  
0706280112

## **Dedicatoria**

El presente trabajo es dedicado a mis padres Luis Ángel Agurto Matute y Lorena Graciela Rodríguez Ramírez quienes me han brindado su total apoyo a lo largo de toda mi carrera, de igual manera a mis hermanos quienes fomentan en mi la superación académica día a día.

## **Agradecimiento**

Agradezco a quienes confiaron en mí durante el proceso académico, a mis padres quienes me formaron para ser un excelente profesional, mis hermanos, a mi abuela y a toda mi familia quienes supieron aconsejarme demostrando la importancia de la superación académica, de igual forma agradezco a mi pareja sentimental quien me brinda su compañía, apoyo y fuerzas para superarme, también agradezco a su familia por aportar con sus consejos haciendo de mí una persona cada día mejor.

También agradezco a los docentes quienes gracias a sus cátedras logran formar profesionales que atiendan las necesidades que la ciudadanía requiera impulsando un mejor futuro. Agradezco a mis amigos de la Facultad de Ingeniería Civil por ser parte de este gran proceso que tiene como meta la culminación de nuestra carrera.



## Resumen

El presente trabajo se direcciona en realizar el diseño de hormigones que sean resistentes a la salinidad que presenta los niveles freáticos de la ciudad de Machala puesto que siendo el caso de una generalización en toda la ciudad es indispensable tomar en cuenta que la presencia salina existe en diferentes zonas, al requerir de tener cimentaciones mayores a un metro tomamos como punto de partida que, se requiere de una obra mayor o igual a cinco pisos por lo cual llevamos a cabo el diseño del hormigón con una resistencia a la compresión de 310 Kg/cm<sup>2</sup>.

La ciudad de Machala en los últimos años ha tenido un crecimiento territorial muy acelerado puesto que la ciudad no solo se dispone en realizar construcciones en lugares rurales, sino que se realizan grandes obras verticalmente ya sea para residencias o para edificios con fines comerciales, en base a esto recaen en la problemática de encontrar en ciertas zonas de la ciudad con exposición de niveles freáticos con presencia salina, los métodos comunes pueden ser poco convencionales y se ven en riesgo debido a que la corrosión de la salinidad o la simple exposición continua al agua puede causar un deterioro acelerado al hormigón que está recubriendo el acero en nuestra cimentación ocasionando problemas no solo económicos a futuro si no llegar a correr un riesgo de vida en las personas que estén haciendo uso de ese inmueble.

La manera óptima con la cual nosotros hemos determinado llevar a cabo una prueba es realizando ensayos de laboratorio en base a las normativas NTE INEN para determinar las características de los agregados, luego empleando un cemento dedicado a atender el riesgo a la salinidad con características de cemento Tipo II y Tipo V. De esta forma pusimos a prueba llevando a cabo un curado de hormigón en agua dulce y en agua salada, evaluándose a los 28 días y realizando una comparación determinamos mediante una proyección que el diseño de hormigón en ambos casos si llega a cumplir la resistencia a la compresión deseada de 310 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras claves:** Diseño de Hormigón, Niveles Freáticos, Resistencia a la Compresión, Agregados Gruesos, Agregados finos.

## **Abstract**

The present work is directed to carry out the design of concrete that is resistant to the salinity that the water table presents in the city of Machala since, being the case of a generalization throughout the city, it is essential to take into account that the saline presence exists in different areas, by requiring foundations greater than one meter, we took as a starting point that a work greater than or equal to five floors is required, for which we carry out the design of the concrete with a compressive strength of 310 Kg/cm<sup>2</sup>.

The city of Machala in recent years has had a very rapid territorial growth since the city is not only available to carry out constructions in rural areas, but also large works are carried out vertically, either for residences or for buildings with commercial purposes, based on to this fall into the problem of finding in certain areas of the city with exposure of phreatic levels with saline presence, the common methods can be unconventional and are at risk due to the corrosion of salinity or simple continuous exposure to water It can cause an accelerated deterioration of the concrete that is covering the steel in our foundation, causing not only economic problems in the future, but also risking the lives of the people who are making use of that property.

The optimal way with which we have determined to carry out a test is by carrying out laboratory tests based on the NTE INEN regulations to determine the characteristics of the aggregates, then using a cement dedicated to addressing the risk of salinity with cement characteristics. Type II and Type V. In this way we put to the test carrying out a curing of concrete in fresh water and in salt water, evaluating it after 28 days and making a comparison we determined by means of a projection that the concrete design in both cases if it reaches to meet the desired compressive strength of 310 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Concrete Design, Water Tables, Compressive Strength, Coarse Aggregates, Fine Aggregates.

## Índice General

Dedicatoria.....	I
Agradecimiento .....	II
Resumen .....	III
Abstract.....	IV
Índice General.....	V
Índice de Tablas.....	VI
Índice de Figuras .....	VII
Índice de Anexos .....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
DESARROLLO.....	2
CAPÍTULO I.....	2
DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1    Contextualización y descripción del problema objeto de intervención .....	2
1.2    Objetivos del proyecto técnico .....	3
1.2.1    Objetivo General.....	3
1.2.2    Objetivos específicos .....	3
1.3    Justificación e importancia del proyecto técnico .....	3
CAPÍTULO II.....	4
Estudios de factibilidad de la alternativa de solución adoptada .....	4
2.1    Estudios de Ingeniería para la definición de alternativas técnicas de solución y sus escenarios. ....	4
2.1.1    Componentes Del Hormigón .....	4
2.1.2    Propiedades Del Hormigón .....	5
2.1.3    Curado Del Hormigón .....	6
2.1.4    Selección De Los Materiales. ....	6
2.1.5    Propiedades físicas y mecánicas de los agregados .....	8
2.2    Prefactibilidad.....	13
2.3    Factibilidad. ....	14
2.4    Identificación de la alternativa de solución viable para su diseño.....	14
CAPÍTULO III .....	15
Diseño definitivo de la alternativa de solución. ....	15
3.1    Concepción del prototipo.....	15
3.1.1    Diseño del concreto .....	15
3.2    Memoria Técnica. ....	16
3.2.1    Diseño del Hormigón a realizar.....	16

3.3	Presupuesto.....	19
3.4	Programación de Obras.....	20
	Conclusiones: .....	21
	Recomendaciones: .....	21
	Bibliografía.....	22
	Anexos.....	24

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b>	Análisis granulométrico del agregado fino .....	8
<b>Tabla 2.</b>	Análisis granulométrico del agregado grueso .....	9
<b>Tabla 3.</b>	Tabla de especificaciones para abrasión .....	9
<b>Tabla 4.</b>	Ensayo de abrasión en máquina los ángeles.....	10
<b>Tabla 5.</b>	Masa requerida para la muestra.....	10
<b>Tabla 6.</b>	Densidad específica de los agregados finos. ....	11
<b>Tabla 7.</b>	Densidad específica de los agregados finos. ....	11
<b>Tabla 8.</b>	Masa unitaria de la grava suelta. ....	12
<b>Tabla 9.</b>	Masa unitaria de la arena suelta. ....	12
<b>Tabla 10.</b>	Masa unitaria de la arena compactada de grava. ....	13
<b>Tabla 11.</b>	Densidad del cemento.....	13
<b>Tabla 12.</b>	Tipos de cemento para la salinidad.....	14
<b>Tabla 13.</b>	Relación agua cemento con su resistencia adecuada.....	14
<b>Tabla 14.</b>	Asentamiento del cono de Abram para revenimientos.....	15
<b>Tabla 15.</b>	Tamaño máximo recomendado para una dimensión mínima de la sección. 15	
<b>Tabla 16.</b>	Agua en kg/cm <sup>3</sup> de concreto para tamaños de agregados.....	16
<b>Tabla 17.</b>	Resumen del agregado grueso. ....	16
<b>Tabla 18.</b>	Resumen del agregado fino. ....	16
<b>Tabla 19.</b>	Volumen para un metro cúbico de hormigón. ....	17
<b>Tabla 20.</b>	Peso para un metro cúbico de hormigón. ....	17
<b>Tabla 21.</b>	Peso para un metro cúbico de hormigón. ....	17
<b>Tabla 22.</b>	Volumen en base al peso volumétrico suelto .....	17
<b>Tabla 23.</b>	Volumen utilizado para cajonetas. ....	18
<b>Tabla 24.</b>	Volumen para 12 probetas.....	18
<b>Tabla 25.</b>	Volumen para 12 probetas con porcentaje de pérdida de 5%.....	18
<b>Tabla 26.</b>	Resistencia a la compresión en agua dulce.....	18

<b>Tabla 27.</b>	Resistencia a la compresión en agua salada. ....	18
------------------	--	----

### **Índice de Figuras**

<b>Ilustración 1.</b>	Cemento Holcim Ultra Durable tipo HS .....	5
<b>Ilustración 2.</b>	Cantera Minero Jubones .....	7
<b>Ilustración 3.</b>	Cantera Rocardura .....	7
<b>Ilustración 4.</b>	Programación de obra en Project .....	20
<b>Ilustración 5.</b>	Diagrama de barras en Project .....	21

### **Índice de Anexos**

Anexo 1.	Ficha Técnica del cemento Holcim Ultra Durable Tipo HS.....	24
Anexo 2.	Solicitud para acceso a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil	29
Anexo 3.	Ensayo de Granulometría.....	30
Anexo 4.	Ensayo de desgaste de los materiales mediante el uso de la máquina de los Ángeles.	31
Anexo 5.	Ensayo de densidad, gravedad específica y absorción de los agregados.	32
Anexo 6.	Ensayo de determinación del peso volumétrico suelto y compactado..	33
Anexo 7.	Ensayo de Densidad del cemento .....	35
Anexo 8.	Realización de las probetas de hormigón. ....	36
Anexo 9.	Rotura de probetas. ....	38

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el ser humano se ha visto en la necesidad de llevar a cabo procesos constructivos, para así conseguir una mejor supervivencia y una adaptación al medio donde vivía resolviendo problemas de viviendas, carreteras, manejo y transporte de agua, de esta forma innovando cada vez más para obtener mejores resultados utilizando distintos materiales, de esta forma ha llegado a uno de los principales descubrimientos, lo cual es el hormigón, mejorando así su calidad de vida y modernizando todo lo referente a construcciones.

“El hormigón es conformado por medio de la mezcla de agregados gruesos, agregados finos, que conjunto con el cemento y el agua dicha mezcla llega a conseguir la resistencia de diseño necesaria dependiendo el tipo de componente constructivo teniendo una composición plástica y manejable lo cual esta llega a obtener una consistencia rígida con características resistentes lo que sitúa a este como uno de los materiales ideales para la construcción.” [1]. Existen numerosas necesidades en la práctica para lo cual podemos hacer uso de aditivos que aporten mayor trabajabilidad y maleabilidad a nuestro hormigón.

Existen varios tipos de obras civiles en base a las necesidades que se desean solventar, por lo cual el ser humano se ha visto envuelto en investigar, crear y diseñar varios tipos de hormigones que aporten un resultado eficaz un claro ejemplo de ello son, el diseño que se necesita para colocar un elemento constructivo por debajo del nivel freático siendo como principal componente las cimentaciones.

“Actualmente el hormigón es el material más usado en la obra civil, arquitectónica y de edificaciones” [2], por ende cuando vamos a realizar una obra civil como es el caso de un edificio, necesitamos realizar su cimentación para ello requerimos de un diseño que pueda soportar las condiciones que el tipo de suelo solicita, por lo cual necesitamos de un hormigón adecuado.

En la actualidad la Ciudad de Machala presenta salinidad en sus niveles freáticos esto debido a que su ubicación es cercana a la zona costera, motivo por lo cual los profesionales de la ingeniería continuamente se encuentran innovando en los procesos constructivos para evitar la problemática expuesta que conlleva tener salinidad en las cimentaciones de las obras civiles.

## **DESARROLLO**

### **CAPÍTULO I**

#### **DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

##### **1.1 Contextualización y descripción del problema objeto de intervención**

El crecimiento de poblacional de una ciudad obliga a que se extienda urbanísticamente todas las futuras construcciones, en los inicios su forma de expansión es de manera horizontal, esto debido a la economía la cual su desarrollo económico se encuentra muy temprano, a medida que la población aumente y su desarrollo económico se expanda no basta con expandirse de manera horizontal ya que se van sumando un amplio número de familias y existen las necesidades de poseer edificios para atender exigencias que requiere la ciudad, en base a esto la expansión demanda un crecimiento en la infraestructura de las viviendas, contando con viviendas y construcciones mayores a un piso.

Al momento de llevar a cabo una edificación de tres pisos o mayor es necesario tener más profundidad en su cimentación dependiendo el tipo de obra que se vaya a realizar y en base a las necesidades que el tipo de suelo demande, nos encontramos en la necesidad de realizar excavaciones mayores a 1,5m para poder llevar a cabo la ejecución de nuestra cimentación [3].

La ciudad de Machala posee un nivel freático que oscila entre 1,5m y 2m de profundidad, esta presencia posee componentes salinos lo cual afecta de manera directa al contacto que tenga con las construcciones, en base a ello es preciso atender esta necesidad cuando pensamos en realizar cimentaciones con profundidades las cuales sean mayores a lo antes mencionado [3].

Las principales construcciones afectadas por los niveles freáticos en la ciudad de Machala son la que poseen tres pisos o más ya que su cimentación excede el metro de profundidad, afectando seriamente al hormigón corroyéndolo, volviéndolo poroso y causar un daño ya que al deteriorarlo deja expuesto a su estructura interna compuesta por aceros llevando consigo el riesgo de dañar toda la cimentación causando problemas futuros para la edificación.

No obstante, se debe atender que una de las propiedades mecánicas más significativas en el hormigón a tener en cuenta es la resistencia a la compresión y esta se puede evaluar gracias a los ensayos de laboratorio mediante el uso de la máquina que determina el esfuerzo máximo a la compresión, además de determinar las propiedades mecánicas de los agregados [4].

## **1.2 Objetivos del proyecto técnico**

### 1.2.1 Objetivo General

- Diseñar hormigones que resistan los niveles freáticos de la ciudad de Machala mediante la variación de relación del agua y del cemento en su diseño para obtener la dosificación adecuada.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la resistencia alcanzada del diseño del hormigón
- Aplicar la metodología del ACI para calcular las cantidades de materiales en nuestro diseño de hormigón.
- Comparar los valores de resistencia a la compresión obtenidos luego de haberlos curado en agua potable y en agua salina durante 28 días.

## **1.3 Justificación e importancia del proyecto técnico**

Los factores ambientales a los que el hormigón es expuesto juegan un papel muy Fundamental en su durabilidad para que este se logre desarrollar de manera apropiada, por mucho un punto crítico dentro de los elementos estructurales de una edificación son las cimentaciones las cuales son el soporte de toda la obra, si el hormigón es mal empleado y expuesto a problemas como lo es la salinidad de los niveles freáticos los resultados serán que no se obtendrá un óptimo rendimiento del hormigón lo cual conlleva a un deterioro acelerado del mismo dañando la composición de la estructura que lo recubre. [5]

La protección que se le da a la estructura de un proyecto es el hormigón que la recubre, al ser atacado por presencia de salinidad, nos vemos en la necesidad de crear un hormigón que pueda soportar el desgaste que es causado. Para poder atender esta necesidad se pondrá a prueba la resistencia que tiene al ser empleado el tipo de cemento adecuado que nos ayude a conseguir un diseño de hormigón que esté bajo los niveles freáticos de la ciudad de Machala.

Al momento de realizar el estudio de los materiales que vamos a utilizar nosotros conseguimos conocer las propiedades físicas y mecánicas de los agregados que utilizaremos para el diseño del hormigón, de esta forma logramos obtener una dosificación adecuada. En base a la relación agua/cemento esto determina un factor importante ya que al conseguir una relación óptima podremos ganar más resistencia para el hormigón que estamos diseñando.



## CAPÍTULO II

### Estudios de factibilidad de la alternativa de solución adoptada

#### 2.1 Estudios de Ingeniería para la definición de alternativas técnicas de solución y sus escenarios.

Debido al crecimiento de la ciudad y a su desarrollo es más común requerir de construcciones de gran altura para así atender la necesidad de espacio que demanda la población, para ello se requiere implementar cimientos que sobrepasen el metro y medio de profundidad siendo allí la problemática de la presencia del nivel freático, la solución es contar con un hormigón que soporte la salinidad y llegue a conseguir la resistencia que las normativas demandan.

##### 2.1.1 Componentes Del Hormigón

###### 2.1.1.1 Agregados

Al momento de elegir los agregados con los cuales trabajaremos, es necesario conocer las propiedades mecánicas de estos materiales ya que no todos poseen las mismas [6]. Se necesita realizar ensayos de granulometría, ensayos de desgaste de los materiales, ensayos para determinar la densidad de los mismos, además de determinar el peso volumétrico suelto y compactado para poder proceder con un diseño óptimo.

Para realizar el diseño de los hormigones tendremos que llevar a cabo ensayos de laboratorio para la obtención de datos ya que necesitamos saber sus propiedades mecánicas a lo cual hemos elegido, en agregados finos los que provienen de la Cantera Minero Jubones ubicada en Pasaje; En agregados gruesos utilizaremos aquellos provenientes de la Cantera Rocadura ubicada en Caña Quemada, la utilización de agregados gruesos nos ayudará a obtener una mayor resistencia a la compresión [7].

###### 2.1.1.2 Cemento Portland

“El cemento como material es primordial al momento de llevar a cabo la elaboración del hormigón ya que este se define como un elemento cuyas características adhesivas y cohesivas le dan la posibilidad de conformar un solo cuerpo de manera compacta [8]”. “Para tener esa composición aglutinante el cemento debe poseer componentes de silicatos cálcicos [9]”. Gracias a estos componentes que brinda a la construcción, el cemento portland es considerado como uno de los materiales fundamentales al momento de ejecutar una construcción.

El tipo de cemento que se utilizó para la realización de este proyecto técnico es el Cemento Holcim Ultra Durable tipo HS, este cemento fue elegido ya que es diseñado bajo la normativa ASTM C1157. El desempeño de este producto en lo que a resistencia concierne posee las mismas que el cemento Tipo GU, además de poseer una alta resistencia contra el ataque de sulfatos, lo cual son reconocidos por la norma ASTM C150 como cemento tipo II y cemento Tipo V. (**Anexo 1**).

### **Ilustración 1.**Cemento Holcim Ultra Durable tipo HS



**Fuente:** Holcim

#### 2.1.1.3 Agua

Para nuestro diseño utilizaremos agua potable la cual no debe presencia de sales, aceites o materias orgánicas, debe ser agua clara y que no afecte de ninguna forma a la resistencia del hormigón que nos encontramos realizando un diseño [10]. Al momento de emplear el agua en esta mezcla logramos ganar las propiedades adherentes que el cemento posee, esto gracias a la reacción química del mismo [10]. En caso de trabajar con agua que esté en mal estado dependiendo de su contaminación esta puede producir daños contraproducentes perjudicando a nuestro diseño.

#### 2.1.2 Propiedades Del Hormigón

##### 2.1.2.1 Trabajabilidad

Esta propiedad que el hormigón posee nos ayuda a tener una mayor destreza del mismo al momento de manipularlo de esta forma tendrá una uniformidad en su composición durante la mezcla lo que nos ayuda facilitando el colado al momento de hacer uso de esta mezcla.

##### 2.1.2.2 Durabilidad

La durabilidad que un hormigón aporta en su obra es de gran beneficio ya que al utilizar esta mezcla estamos obteniendo una buena rentabilidad, pero la durabilidad del hormigón depende de muchos factores tanto como el manejo de los materiales que conforman la composición del mismo o de la elección de ellos, además de las causas externas que pueden afectar al hormigón al momento de colarlo y luego de ser colado. En este proyecto tenemos como tema fundamental la presencia de sales que pueden afectar de manera

directa al hormigón viéndose comprometida la durabilidad del mismo a lo largo del tiempo.

Para contar con la propiedad adecuada de este material es necesario llevar a cabo una correcta ejecución tanto en su diseño como en la colocación del material, ya que necesitamos diseñar un material en base a las condiciones que se lo está requiriendo las cuales serán comprometidas en su ejecución.

#### 2.1.2.3 Resistencia A La Compresión

La resistencia a la compresión de un hormigón se la puede ensayar mediante cilindros en un laboratorio, ya que esta propiedad es una de las variables más importantes al momento de realizar un diseño ya que es la cual determina si nuestro hormigón podrá resistir los demás elementos estructurales, la máxima resistencia a la compresión que se puede analizar mediante ensayos es alcanzada a los 28 días [11].

#### 2.1.3 Curado Del Hormigón

Para realizar el diseño de un hormigón que sea resistencia al nivel freático que la Ciudad de Machala presenta es necesario optar por dos tipos de curado, el tradicional que es realizado en agua potable la cual será la responsable de que nuestra mezcla no pierda humedad y pueda ir adquiriendo sus propiedades esenciales, y para nuestro caso emplearemos un método distinto curando el material con agua salina ya que si bien el curado es importante y fundamental, debemos proyectar nuestro hormigón a las condiciones a la cual va a ser sometido como es el caso del nivel freático que posee presencia de sales por este motivo se tendrán dos tipos de curado para este diseño.

Los días a los cuales se puede evaluar y llevar a cabo el proceso de curado del hormigón que se está diseñando son a los 7, 14 y 28 días alcanzando un valor considerable para la resistencia proyectada [11].

#### 2.1.4 Selección De Los Materiales.

Para la realización del hormigón en base a los requerimientos de nuestro diseño necesitaremos utilizar materiales fundamentales, como agregado fino, agregado grueso de 3/4, y cemento portland. La composición de los materiales empleados en un hormigón son los que determinarán a qué resistencia puede llegar y esto es en base a las propiedades mecánicas que estos materiales presentan.

##### 2.1.4.1 Ubicación De La Zona De Estudio

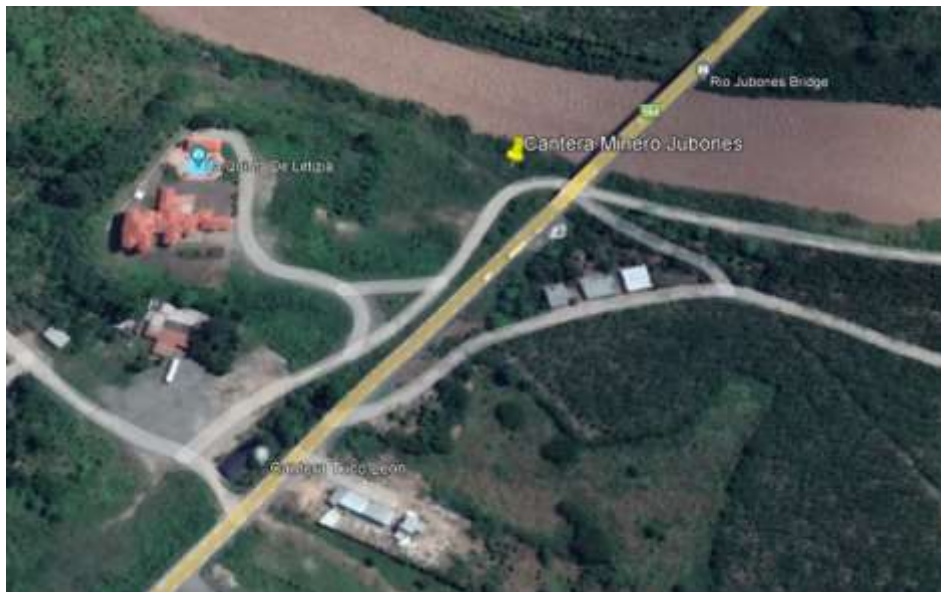
Para los agregados finos utilizaremos la arena proveniente de la Cantera Minero Jubones, la cual se encuentra ubicada en el río Jubones perteneciente al Cantón Pasaje, en la Provincia del Oro.

Coordenadas:

Norte: 9633267.52 m S

Este: 633485.01 m E

### **Ilustración 2. Cantera Minero Jubones**



**Fuente:** Google Earth

Para los agregados gruesos utilizaremos el triturado 3/4 proveniente de la cantera Rocadura, la cual se encuentra ubicada en Caña Quemada Parroquia perteneciente al Cantón de Pasaje, en la Provincia del Oro.

Coordenadas:

Norte: 9635117.00 m S

Este: 632295.00 m E

### **Ilustración 3. Cantera Rocadura**



**Fuente:** Google Earth

## 2.1.5 Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

### 2.1.5.1 Granulometría

En base al tamaño de los agregados se los puede clasificar en agregados gruesos y finos, los agregados como la arena son los pasantes del tamiz número cuatro a diferencia de la grava que supera el tamaño del diámetro de este tamiz [12]. Gracias a la granulometría procedemos a realizar el tamaño máximo nominal de los agregados, cuyos componentes serán de gran ayuda para llevar a cabo nuestro diseño. El módulo de finura radica en sumar todos los porcentajes retenidos y dividirlo todo para cien [12] .(Anexo 3).

#### Granulometría del árido fino

Procedimiento:

1. Realizamos un cuarteo y seleccionamos una muestra, la cantidad necesaria nos lo indica la normativa ASTM C 136, para agregado fino un mínimo de 500 gr y para los agregados gruesos 5000 gr.
2. Procedemos a pasar nuestra muestra por los tamices: 3/8" N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 para el agregado fino; 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4, 1/2", 3/8", N°4, N°8 para el agregado grueso. Esto se realizará utilizando una tamizadora mecánica durante 2 minutos.
3. Luego procedemos a obtener el peso retenido de cada uno de los tamices anteriormente mencionados.
4. Procedemos a realizar los cálculos.

Resultados:

**Tabla 1.** Análisis granulométrico del agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA						
Peso de la muestra: 1000gr						
TAMIZ	Milímetros	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES % QUE PASA
				Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	
3/8 "	9,5	0,00	0,00	0,00	100,00	100
N° 4	4,75	14,00	14,00	1,48	98,52	95 - 100
N° 8	2,36	17,00	31,00	3,28	96,72	80 - 100
N° 16	1,19	120,00	151,00	16,00	84,00	50 - 85
N° 30	600 micron.	243,00	394,00	41,74	58,26	25 - 60
N° 50	300 micron.	409,00	803,00	85,06	14,94	10 - 30
N° 100	150 micron.	122,00	925,00	97,99	2,01	2 - 10
FONDO		19,00	944,00	100,00	0,00	
TOTAL		944,00				

Fuente: El Autor, 2022

**Tabla 2.** Análisis granulométrico del agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO 3/4								
Peso de la muestra: 5000 gr								
TAMIZ	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES NORMA A.S.T.M.			
			Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	2 "	1 1/2 "	1"	3/4 "
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	100			
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	95 - 100	100		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		95 - 100	100	
1 "	120,00	0,00	0,00	100,00	35 - 70		95 - 100	
3/4 "	885,00	335,00	6,71	93,29		35 - 70		90 - 100
1/2 "	2860,00	3865,00	77,45	22,55	10 - 30		25 - 60	
3/8 "	890,00	4755,00	95,29	4,71		10 - 30		20 - 55
Nº 4	210,00	4965,00	99,50	0,50	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10
Nº 8	0,00	4965,00	99,50	0,50			0 - 5	0 - 5
FONDO	25,00	4990,00	100,00	0,00				
TOTAL	4990,00							

Fuente: El Autor, 2022

## 2.1.5.2 Ensayo de desgaste mediante la prueba de abrasión Los Ángeles

Para este ensayo utilizaremos la máquina de los Ángeles y determinaremos mediante las normas NTE INEN 860 el porcentaje de desgaste que posee nuestro agregado grueso. (Anexo 4).

**Tabla 3.** Tabla de especificaciones para abrasión

Gradación	Número de esferas	Peso de carga (g)
A	12	5000 +/- 25
B	11	4584 +/- 25
C	8	3330 +/- 20
D	6	2500 +/- 15

Fuente: NTE INEN 872

Procedimiento:

1. Lavamos el material a seleccionar y lo secamos, pesamos la cantidad requerida de 5000g para este ensayo.
2. Colocamos el material junto con las esferas, para este ensayo 12, y procedemos girar la máquina en unas 500 revoluciones.
3. Retiramos el material de la máquina y lo pasamos por el tamiz Nº 12 teniendo así el peso retenido y el peso pasante.
4. Procedemos a realizar los cálculos.

Resultados:

**Tabla 4.** Ensayo de abrasión en máquina los ángeles

<b>ENSAYO DE ABRASIÓN EN MÁQUINA LOS ÁNGELES DEL MATERIAL 3/4</b>	
Peso inicial =	5000
Número de vueltas =	500
# Tamiz	Peso (Kg)
Retenido #12	4328,00
Pasante # 12	642,30
Total	4970,30

**Fuente:** El Autor, 2022

$$\%D = (R/P) \times 100$$

*Ecuación 1*

Donde:

%D = Porcentaje de desgaste

R= Peso del material del pasante del Tamiz N° 12

$$\%D = 12,85$$

2.1.5.3 Ensayo de densidad, gravedad específica y absorción de los agregados.

Gracias a este método podemos obtener la densidad promedio de los agregados, para lo cual nos basaremos en la norma, NTE INEN 857. (**Anexo 5**).

**Tabla 5.** Masa requerida para la muestra

Tamaño máximo nominal (mm)	Masa mínima de la muestra (kg)
12,5 o menor	2
19	3
25	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
125	75

**Fuente:** NTE INEN 857

Procedimiento para el agregado fino:

1. Sumergimos la arena durante 24 horas en un recipiente.
2. Secamos nuestra muestra con la ayuda de un papel periódico.
3. Utilizando el cimacio y pondremos una muestra dando 9 golpes cada tercio hasta llenarlo, de esta forma comprobamos que este superficialmente saturada.
4. Pesamos una muestra de 500gr de nuestra arena superficialmente saturada.
5. Con la ayuda de una probeta plástica le colocamos 200cm<sup>3</sup> de agua y colocamos nuestro material obteniendo así el volumen final.

6. Sacamos el material de la probeta y procedemos a dejarlo en el horno por 24 horas.
7. Sacamos el material del horno y lo pesamos.

Resultados:

**Tabla 6.** Densidad específica de los agregados finos.

<b>DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADO FINOS</b>			
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 4 Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200</b>			
<b>MUESTRA N°</b>			<b>1</b>
Peso del recipiente ( g )		P1	<b>80,00</b>
Rec + agregado sss ( g )		P2	<b>595,00</b>
Peso del agregado sss ( g )		A = P2 - P1	<b>515,00</b>
Volumen inicial del frasco ( cm <sup>3</sup> )		Vo	<b>250,00</b>
Volumen final del frasco ( cm <sup>3</sup> )		Vf	<b>458,00</b>
Volumen final del agregado ( cm <sup>3</sup> )		C = Vf - Vo	<b>208,00</b>
Peso del agregado seco ( g )		W	<b>500,00</b>
<b>Densidad del agregado SSS ( g/cm<sup>3</sup> )</b>		D <sub>sss</sub> = A / C	<b>2,476</b>
<b>Densidad del agregado MASA ( g/cm<sup>3</sup> )</b>		D <sub>masa</sub> = W / C	<b>2,404</b>
<b>Densidad del agregado APARENTE ( g/cm<sup>3</sup> )</b>		D <sub>ap</sub> = W / ( C - ( A - W ) )	<b>2,591</b>
<b>Porcentaje de Absorción %</b>		Abs % = (( A - W ) / W ) * 100	<b>3,000</b>

**Fuente:** El Autor, 2022

Procedimiento para el agregado grueso:

1. Sumergimos la grava durante 24 horas en un recipiente.
2. Secamos nuestra muestra con la ayuda de una franela.
3. Pesamos el material y procedemos a obtener también el peso de la cernidera.
4. Sumergimos la cernidera en agua y obtenemos su peso, posteriormente la sumergimos con el material superficialmente seco y la pesamos.
5. Procedemos a realizar los cálculos para determinar la gravedad específica del material saturado con superficie seca.

**Tabla 7.** Densidad específica de los agregados finos.

<b>DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADO GRUESOS</b>		
Peso del recipiente ( g )	P1	<b>794,00</b>
Rec + agregado sss ( g )	P2	<b>3800,00</b>
Rec + agregado seco ( g )	P3	<b>3778,54</b>
Peso de la canastilla sumergida ( g )	P4	<b>1013,10</b>
Peso de la canast.+agreg. sumergido ( g )	P5	<b>2926,00</b>
Peso del agregado sss ( g )	A = P2 - P1	<b>3006,00</b>
Peso del agregado sumergido ( g )	B = P5 - P4	<b>1912,90</b>
Volumen del agregado ( cm <sup>3</sup> )	C = A - B	<b>1093,10</b>



Peso del agregado seco ( g )	$D = P3 - P1$	2984,54
Densidad del agregado SSS ( g/cm <sup>3</sup> )	$D_{sss} = A / C$	2,750
Densidad del agregado MASA ( g/cm <sup>3</sup> )	$D_{masa} = D / C$	2,730
Densidad del agregado APARENTE ( g/cm <sup>3</sup> )	$D_{ap} = D / ( D - B )$	2,785
Porcentaje de Absorción %	$Abs \% = (( A - D ) / D ) * 100$	0,719
Densidad del agreg. SSS ( g/cm <sup>3</sup> )	PROMEDIO	2,750
Densidad del agreg. MASA ( g/cm <sup>3</sup> )	PROMEDIO	2,730
Densidad del agreg. APARENTE ( g/cm <sup>3</sup> )	PROMEDIO	2,785
Porcentaje de Absorción %	PROMEDIO	0,719

**Fuente:** El Autor, 2022

#### 2.1.5.4 Determinación del peso volumétrico suelto y compactado.

Para dosificar correctamente la mezcla del hormigón requerimos de conocer los valores unitarios de las masas de nuestros agregados. Nos basaremos en la norma NTE INEN 858. (Anexo 6).

Procedimiento para el peso volumétrico suelto para arena y grava:

1. Determinamos el volumen de los recipientes que vamos a utilizar.
2. Colocamos el material dentro del recipiente y enrasamos.
3. Pesamos el material con el recipiente.
4. Repetimos el procedimiento tres veces para obtener una media.

**Tabla 8.** Masa unitaria de la grava suelta.

CALCULO DE MASA UNITARIA DE LA GRAVA SUELTA		
w molde=	9,0	Kg,
w molde + grava =	29,6	Kg,
w gravas =	20,6	
volumen del molde =	13,78	m <sup>3</sup>
PSV=	1,4948	Kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** El Autor, 2022

**Tabla 9.** Masa unitaria de la arena suelta.

CALCULO DE MASA UNITARIA SUELTA DE ARENA		
w molde=	9,000	Kg,
w molde + arena =	26,733	Kg,
w arena =	17,733	Kg,
volumen del molde =	13,78127	m <sup>3</sup>
PSV=	1,2868	Kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** El Autor, 2022

Procedimiento para el peso volumétrico compactado para la grava:

1. Determinamos el volumen de los recipientes que vamos a utilizar.
2. Colocamos el material dentro del recipiente varillando cada tercio con 25 golpes distribuidos, enrasamos hasta llenar el recipiente.
3. Pesamos el material con el recipiente.
4. Repetimos el procedimiento tres veces para obtener una media.

**Tabla 10.** Masa unitaria de la arena compactada de grava.

CALCULO DE MASA UNITARIA VARILLADA GRAVA		
w molde=	13,4	Kg,
w molde + grava =	60,3	Kg,
w grava =	46,90	
volumen del molde =	28,382	m <sup>3</sup>
PSV=	1,652	Kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** El Autor, 2022

#### 2.1.5.5 Ensayo de densidad del cemento

Este ensayo nos proporciona los datos para realizar la relación de la masa del cemento y el volumen del líquido, estableciendo el volumen unitario [13]. Este ensayo se realiza bajo la norma NTE INEN 156. (**Anexo 7**).

Procedimiento:

1. Tomamos una muestra de 64 gr de cemento.
2. Con la utilización del frasco Chatelier colocamos gasolina hasta encerrar y lo pesamos.
3. Agregamos la muestra de cemento y tomamos nota del volumen partiendo del volumen inicial que era 0.
4. Tomamos lectura de su peso.

**Tabla 11.** Densidad del cemento

DENSIDAD DEL CEMENTO		
Masa W=	0,06	Kg,
Volumen Inicial Vi=	0	m <sup>3</sup>
Volumen Final Vf=	0,00002046	m <sup>3</sup>
V= Vf- Vi=	0,00002046	m <sup>3</sup>
Densidad W/V =	2,9268	gr/cm <sup>3</sup>

**Fuente:** El Autor, 2022

## 2.2 Prefactibilidad.

Llevando a cabo un análisis de los resultados siguiendo las normativas establecidas en cada ensayo hemos logrado determinar que en su mayoría los materiales cumplen con los requerimientos, pese a esto existen materiales que no, pero gracias a su popularidad como

lo es el agregado grueso de 3/4 de la cantera de pasaje detallamos un gran índice positivo al momento de trabajar con este material en todo tipo de obras civiles que lo requieran.

### 2.3 Factibilidad.

Este proyecto requiere el diseño de una dosificación adecuada que pueda resistir los niveles freáticos en la ciudad de Machala, se conoce que en ciertas zonas de la ciudad de Machala posee niveles de sulfatos a los cuales se los puede identificar y determinar el cemento a utilizar.

**Tabla 12.** Tipos de cemento para la salinidad

Requisitos para concreto expuestos a soluciones que contienen sulfatos				
Grados de exposición	Sulfatos acuosolubles en el suelo	Sulfatos disueltos en el agua	Relación agua/cemento	Tipos de cemento
Despreciable	0 a 0,1	0 a 150	-	Tipo I-Tipo GU
Moderada	0,1 a 0,2	150 a 1500	0,5	Tipo II-Tipo MS
Severa	0,2 a 2	1500 a 10000	0,45	Tipo V-Tipo HS
Muy Severa	>2	>10000	0,45	-

**Fuente:** ACI 201.2R

De esta forma determinamos que el cemento que atiende las necesidades requeridas es el cemento Holcim Ultra Durable Tipo HS, ya que posee las características del cemento Tipo II y Tipo V.

### 2.4 Identificación de la alternativa de solución viable para su diseño.

Es oportuno identificar el tipo de obra que requiera el diseño de hormigón que estamos trabajando, con lo cual partimos de que las cimentaciones al ser las principales al estar en contacto con el nivel freático determinamos que las obras que llegan a los niveles freáticos son edificaciones con una altura de cinco pisos como mínimo a lo cual debemos diseñar un hormigón de 310 kg/cm<sup>2</sup> con una relación agua cemento de 0,45. De esta forma logramos obtener la solución óptima al problema de la corrosión que crea al estar directamente en contacto con el agua nuestro hormigón.

**Tabla 13.** Relación agua cemento con su resistencia adecuada

Relación Agua/Cemento	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
0,70	140
0,65	190
0,60	210
0,55	250
0,50	290
0,45	310
0,40	350
0,35	390
0,30	410

**Fuente:** ACI 211.1

## CAPÍTULO III

### Diseño definitivo de la alternativa de solución.

#### 3.1 Concepción del prototipo.

Luego de analizar las propiedades de los agregados ahora procederemos a realizar la elaboración de la mezcla, mediante probetas cilíndricas realizaremos 12 distribuyendo su curado en: 6 para agua potable y 6 para agua salada. Las probetas cilíndricas serán analizadas mediante un ensayo de resistencia a la compresión luego de haber transcurrido 28 días de curado del hormigón según lo antes mencionado esto siendo establecido por la normativa ASTM C133 [14].

##### 3.1.1 Diseño del concreto

Para llevar el cabo el diseño de nuestro hormigón seguiremos la normativa ACI 211.1 en la cual determinará la relación agua cemento a elegir como nos indica la **Tabla 13** en la cual para nuestro diseño utilizaremos una relación de 0,45 así de esta forma proyectaremos un diseño para una resistencia a la compresión de 310 kg/cm<sup>2</sup>.

Para la selección de un revenimiento apropiado lo cual nos indicará la trabajabilidad del concreto, debemos tener en cuenta que el concreto fresco debe estar comprendido entre 2,5 cm y 7,5 cm [15]. El revenimiento se lo puede medir mediante el cono de Abram, los cuales poseen un asentamiento comprendido en la siguiente tabla.

**Tabla 14.** Asentamiento del cono de Abram para revenimientos.

Tipos de Construcción	Revenimiento mm	
	Mínimo	Máximo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	25	75
Zapatas, cajones y muros sin refuerzo	25	75
Vigas y muros reforzados	25	100
Columnas y edificios	25	100
Pavimentos y losas	25	75
Concreto masivo	25	75

**Fuente:** ACI 211.1

También debemos tener en cuenta el tamaño máximo de los agregados según la normativa además del cálculo y contenido de aire para los diversos revenimientos según lo establece la normativa ACI 211.1 mediante las siguientes tablas.

**Tabla 15.** Tamaño máximo recomendado para una dimensión mínima de la sección.

Dimensión mínima de la sección	Tamaño máximo recomendado cm			
	Muros armados, vigas y pilares	Muros sin armaduras	Losas muy armadas	Losas débilmente armadas o sin armaduras
6-12	1.25-2	2	2-2.5	2-4
14-28	2-4	4	-4	4-7.5

30-74	4-7.5	7.5	4-7.5	-7.5
≥76	4-7.5	1.5	4-7.6	7.5-15

Fuente: ACI 211.1

**Tabla 16.** Agua en kg/cm<sup>3</sup> de concreto para tamaños de agregados.

Revenimiento cm	Agua en kg/cm <sup>3</sup> de concreto para tamaños de agregados.							
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	-
% aire	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10	202	193	175	175	165	157	133	119
15 a 17.5	216	205	184	184	174	166	154	-
Exposición								
Leve	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Severa	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI 211.1

### 3.2 Memoria Técnica.

3.2.1 Diseño del Hormigón a realizar

#### Propiedades de los agregados en base a los ensayos de laboratorio obtenidos.

**Tabla 17.** Resumen del agregado grueso.

AGREGADO GRUESO	
<b>R A/C =</b>	<b>0,45</b>
<b>AGUA (L) =</b>	<b>192,60</b>
<b>P.V.V (kg/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>1,65</b>
<b>P.V.S (kg/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>1,49</b>
<b>DSSS (g/cm<sup>3</sup>) =</b>	<b>2,75</b>
<b>ABSORCIÓN (%) =</b>	<b>0,72</b>

Fuente: El Autor, 2022

**Tabla 18.** Resumen del agregado fino.

AGREGADO FINO	
<b>P.V.S (kg/m<sup>3</sup>) =</b>	<b>1,287</b>
<b>DSSS (g/cm<sup>3</sup>) =</b>	<b>2,476</b>
<b>M.F=</b>	<b>2,46</b>
<b>ABSORCIÓN (%) =</b>	<b>3,0%</b>

Fuente: El Autor, 2022

#### Volumen aparente del agregado grueso por unidad de volumen de hormigón

Peso cemento = 428 kg

Número de sacos = 8,56

Densidad del cemento  $\gamma = 2,9 \text{ gr/cm}^3$

**Tabla 19.** Volumen para un metro cúbico de hormigón.

Volumen para 1m <sup>3</sup> de Hormigón		
Cemento =	0,148	m <sup>3</sup>
Agua =	0,193	m <sup>3</sup>
Aire =	0,02	m <sup>3</sup>
Piedra =	0,361	m <sup>3</sup>
Arena =	0,279	m <sup>3</sup>
Arena Corregida	0,288	m <sup>3</sup>
Piedra Corregida	0,352	m <sup>3</sup>

Fuente: El Autor, 2022

### Peso calculado para 1m<sup>3</sup> de Hormigón

**Tabla 20.** Peso para un metro cúbico de hormigón.

PESO EN KILOGRAMOS EN 1 M3 DE HORMIGÓN		
Cemento =	428,00	KG
Agua =	192,60	KG
Arena =	712,87	KG
Grava =	967,71	KG
TOTAL	2301,180	KG

Fuente: El Autor, 2022

### Peso calculado para 1 saco de cemento

**Tabla 21.** Peso para un metro cúbico de hormigón.

PESO EN KG. PARA 1 SACO DE CEMENTO		
Cemento	50,00	Kg
Agua	22,50	Kg
Arena	83,28	Kg
Grava	113,05	Kg

Fuente: El Autor, 2022

**Tabla 22.** Volumen en base al peso volumétrico suelto

VOLUMEN SUELTO	
Arena (m <sup>3</sup> ) =	0,06472
Piedra (m <sup>3</sup> ) =	0,07563

Fuente: El Autor, 2022

### Análisis del cálculo realizado para cajonetas de 4cm0x40cmx20cm

**Tabla 23.** Volumen utilizado para cajonetas.

<b>DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN UTILIZANDO CAJONETAS DE 40 X 40 X 20 cm.</b>		
<b>Número de cajonetas de 0,40 X 0,40 X 0,20=</b>		<b>0,032</b>
<b>Cemento:</b>	1	Saco de 50 Kg.
<b>Arena:</b>	2,02	CAJONES DE 40X40X20 CM3 DE SECCIÓN
<b>Piedra:</b>	2,36	CAJONES DE 40X40X20 CM3 DE SECCIÓN
<b>Agua:</b>	22,5	litros

**Fuente:** El Autor, 2022

**Volumen utilizado en la realización de las probetas de 15cm x 30cm. (Anexo 8).**

**Tabla 24.** Volumen para 12 probetas

<b>Volumen para 12 probetas</b>		
cemento	27,23	kg
arena	45,35	kg
grava	61,56	kg
agua	12,25	kg

**Fuente:** El Autor, 2022

**Tabla 25.** Volumen para 12 probetas con porcentaje de pérdida de 5%

<b>Volumen para 12 probetas</b>		
cemento	28,59	kg
arena	47,62	kg
grava	64,64	kg
agua	12,87	kg

**Fuente:** El Autor, 2022

**Análisis de las resistencias a la compresión de las probetas de hormigón. (Anexo 9).**

**Tabla 26.** Resistencia a la compresión en agua dulce

<b>RESULTADOS DE CONTROL DE LABORATORIO EN AGUA DULCE</b>		
<b>Total de Probetas</b>	6	Und.
<b>Asentamiento Obtenido</b>	6,1	cm
<b>Resistencia a los 7 días</b>	218,74	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Resistencia a los 28 días</b>	309,34	Kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** El Autor, 2022

**Tabla 27.** Resistencia a la compresión en agua salada.

<b>RESULTADOS DE CONTROL DE LABORATORIO EN AGUA SALADA</b>		
<b>Total de Probetas</b>	6	Und.
<b>Asentamiento Obtenido</b>	6,1	cm

Resistencia a los 7 días	215,17	Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a los 28 días	308,84	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: El Autor, 2022

### 3.3 Presupuesto.

#### Análisis de Precios Unitarios

#### DISEÑO DE HORMIGONES EN OBRAS CIVILES BAJO NIVELES FREÁTICOS EN LA CIUDAD DE MACHALA

<b>Proponente</b>	Kevin Luis Agurto Rodriguez	<b>Unidad</b>	m <sup>3</sup>
<b>Código</b>		<b>Ítem</b>	1 de Total de Rubros
<b>Rubro</b>	Hormigón Simple 310 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Rendimiento</b>	1,00 m <sup>3</sup> / hora
<b>Detalle</b>			

#### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor	1,00	5% PARCIAL DE B		0,18
CONCRETERA 1 SACO	1,00	3,125	3,13	3,13
			<b>Parcial A</b>	\$ 3,31

#### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
PEÓN	1,00	3,58	3,58	3,58
			<b>Parcial B</b>	\$ 3,58

#### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
CEMENTO	SACO	1,00	8,10	8,10
TRITURADO 3/4"	M3	0,35	21,25	7,48
ARENA FINA	M3	0,29	8,00	2,30
AGUA	M3	0,19	1,00	0,19
			<b>Parcial C</b>	\$ 18,07



## D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		24,96
Costos Indirectos	20,0 %	4,99
Otros Costos Indirectos		
<b>Total Hormigón Simple 310 Kg/cm<sup>2</sup></b>		\$ 29,95
<b>Valor Propuesto</b>		\$ <b>29,95</b>

Fuente: El Autor, 2022

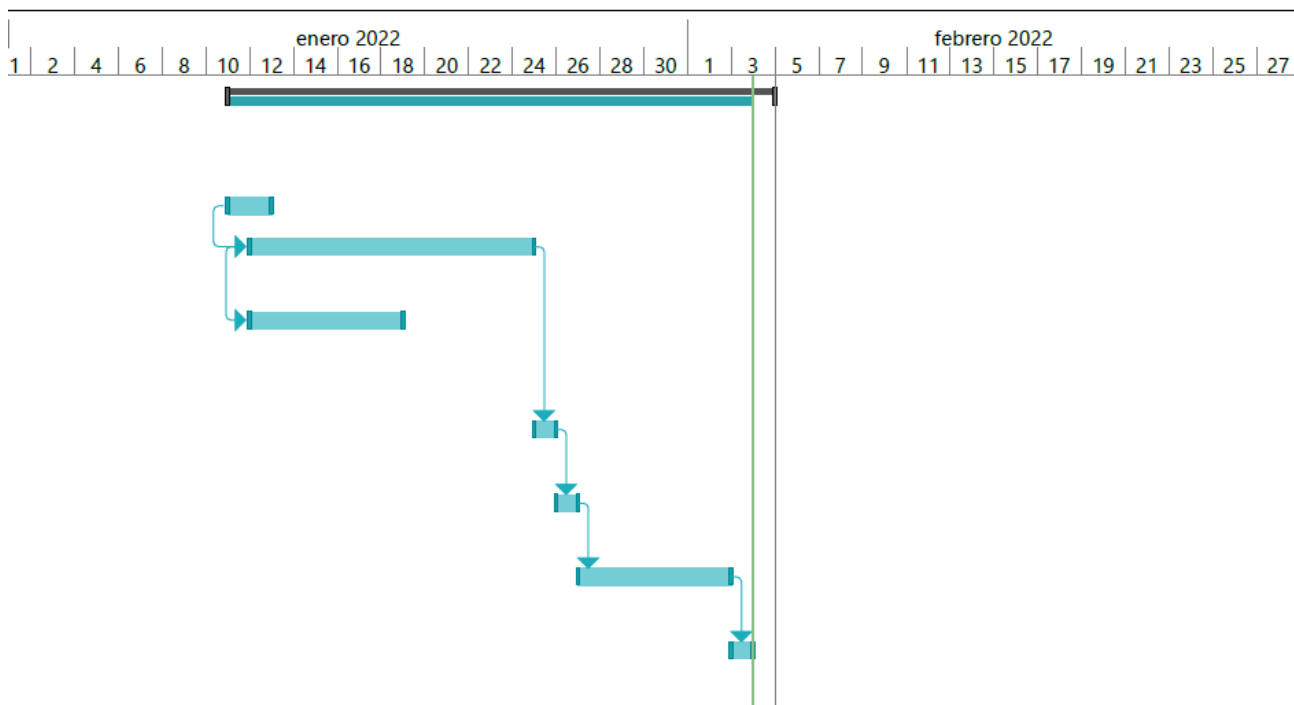
## 3.4 Programación de Obras

**Ilustración 4.** Programación de obra en Project

Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		Disño de hormigones en obras civiles bajo niveles freáticos en la ciudad de Machala.	25 días	mar 11/1/22	vie 4/2/22	
2		Obtención del material Petre	2 días	mar 11/1/22	mié 12/1/22	
3		Ensayos de Laboratorio para los agregados	13 días	mié 12/1/22	lun 24/1/22	2CC+1 día
4		Obtencion del Cemento Holcim Ultra Durable Tipo HS	7 días	mié 12/1/22	mar 18/1/22	3CC
5		Elaboracion de Probetas de Hormigón	1 día	mar 25/1/22	mar 25/1/22	3
6		Desencofrado de las Probetas de Hormigón	1 día	mié 26/1/22	mié 26/1/22	5
7		Curado de las Probetas de Hormigón	7 días	jue 27/1/22	mié 2/2/22	6
8		Rotura de las Probetas de Hormigón	1 día	jue 3/2/22	jue 3/2/22	7

Fuente: El Autor, 2022

### Ilustración 5. Diagrama de barras en Project



Fuente: El Autor, 2022

#### Conclusiones:

- Mediante ensayos de laboratorio luego de obtener las propiedades de los agregados, logramos diseñar un hormigón capaz de soportar los niveles freáticos que posee la ciudad de Machala, esto gracias a la utilización del Cemento Holcim Ultra Durable tipo HS que posee las características Tipo II y Tipo V según las normas ACI.
- Determinamos una resistencia a la compresión de  $310 \text{ Kg/cm}^2$  para el diseño de nuestro hormigón.
- En base a la metodología de las normativas ACI aplicadas determinamos que para un saco de cemento necesitamos 22,5 kg de agua, 83,28 kg de agregado fino y 113,05 kg para el agregado grueso.
- Tras haber puesto a prueba los cilindros con diferente curado obtuvimos una resistencia a los 7 días de  $218,74 \text{ kg/cm}^2$  para agua dulce y  $215,17 \text{ kg/cm}^2$  para agua salada, y al final del curado de los cilindros nos dio  $309,34 \text{ kg/cm}^2$  en agua dulce y  $308,84 \text{ kg/cm}^2$  en agua salada.

#### Recomendaciones:

- Se recomienda realizar el mismo procedimiento de curado para una experimentación en el hormigón convencional para establecer un punto comparativo más acertado, a su vez probar con otras variaciones de relación agua/cemento para visualizar los resultados al ser expuestos en agua salada.

- Trabajar con el equipo de laboratorio apropiado para la manipulación de los materiales ya que dentro del procedimiento se hace uso del horno.
- Seguir un correcto procedimiento para los ensayos de laboratorio ya que si tenemos datos erróneos no alcanzaremos la resistencia adecuada.
- Conocer el correcto uso de las máquinas de laboratorio para evitar perjuicios.

### Bibliografía

- [1] R. A. Berenguer, J. C. Mariz y Â. Just, «Evaluación comparativa del comportamiento mecánico de concretos,» *ALCONPAT*, vol. 2, pp. 178-193, 2018.
- [2] D. C. Gámez-García, «Estudio de factibilidad y caracterización de áridos para hormigón estructural,» *Ing. y Desarrollo.*, vol. 35, n° 2, pp. 283-304, 2017.
- [3] E. V. Cuenca Yaguana, «Diseño de un sistema de drenaje, empleando la ecuación de ernst para el cultivo de banano, Machala - El Oro,» Machala : Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador, 2020.
- [4] Y. B. Orama, «Evaluación del comportamiento a compresión de fábricas de ladrillo antiguas.,» *Dialnet*, 2019.
- [5] M. Orozco, Y. Avila, S. Restrepo y A. Parody, «Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón,» Universidad de la Costa (CUC), Barranquilla, Colombia, Barranquilla, Colombia, 2018.
- [6] J. A. V. Valverde y N. Torres Castellanos , «Propiedades mecánicas, eléctricas y de durabilidad de concretos con agregados reciclados,» *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*, n° 108, pp. 15-23, 2017.
- [7] L. Á. M. Anselmi, M. Á. Ospina García y K. A. Rodríguez Polo, «Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso,» *SciELO Analytics*, vol. 4, n° 27, 2019.
- [8] G. N. PARRALES CANTOS y A. M. MORÁN MENÉNDEZ, «Revisión bibliográfica sobre la escoria de acería como complemento del cemento hidráulico Holcim Fuerte,» Jipijapa.UNESUM, Manabí, Ecuador, 2021.
- [9] M. Torres-Carrasco y F. Puertas, «La activación alcalina de diferentes aluminosilicatos como una alternativa al Cemento Portland: cementos activados alcalinamente o geopolímeros,» *Rev. Ing. Constr.*, vol. 32, n° 2, pp. 5-12, 2017.
- [10] O. R. Hidalgo Silverio, *HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN;ELEMENTOS ESTRUCTURALES, AGREGADOS.*, Machala, Ecuador: UTMACH, Unidad Académica de Ingeniería Civil, Machala, 2018.

- [11] J. L. Santamaría, B. Adame y C. Bermeo, «Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen,» *Revista Digital Novasineria*, vol. 4, nº 1, 2021.
- [12] O. P. León, A. Chávez Porras y Y. L. Velásquez Castiblanco, «Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados,» *Tecnura*, vol. 21, nº 53, pp. 96-106, 2017.
- [13] A. A. Olivera, M. Caballero Caballero, R. Alavéz Ramírez, F. Chiñas Castillo, J. . L. Montes Bernabé y M. E. Silva Rivera, «Biocompuesto cemento tepexil reforzado con fibras de *Agave angustifolia* Haw. como mortero ligero,» *SciELO Analytics*, vol. 9, 2018.
- [14] F. Faccin, A. F. Prado, A. G. Tomba Martinez y L. Ramajo, «Evaluación de la resistencia al choque término de hormigones refractarios silicoaluminosos. Efecto del tratamiento térmico,» *ScienceDirect*, vol. 58, pp. 246-254, 2019.
- [15] N. A. C. Bencomo, O. Chávez Alegria, E. Rojas González, J. R. Gaxiola Camacho, J. R. Millán Almaraz y D. De la Rosa Hernández, «Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros,» *SciELO Analytics*, vol. 22, nº 1, 2021.

## Anexos

### Anexo 1. Ficha Técnica del cemento Holcim Ultra Durable Tipo HS

---



Fortaleza. Desempeño. Pasión.

**Cemento Holcim Ultra Durable**  
Cemento de Uso General,  
Alta Resistencia a Sulfatos, Tipo GU (HS)



## Cemento Holcim Ultra Durable Tipo HS

Nuestro cemento Holcim Ultra Durable GU-HS está elaborado bajo la norma INTE INEN 2380 "Cementos Hidráulicos. Requisitos de Desempeño" con base de estudio en la Norma ASTM C1157. Como cemento, el Holcim Ultra Durable Tipo GU -HS es un cemento que tiene igual desempeño en resistencias que el GU, pero también cumple los requisitos de alta resistencia al ataque de sulfatos como HS.

Tradicionalmente, los cementos utilizados y recomendados para resistir el ataque de sulfatos han sido cementos OPC (Ordinary Portland Cement) – cementos puros - conocidos por estar identificados por la norma ASTM C 150 como cemento Tipo II cuando se requiera proporcionar moderada resistencia a los sulfatos y cemento Tipo V para alta resistencia al ataque de sulfatos; sin embargo las, normas con mayor preponderancia en la actualidad, como la ASTM C1157, que categorizan a los cementos por su desempeño, tienden a favorecer el reemplazo y uso de cementos que cumpliendo los mismos objetivos de resistir al ataque a sulfatos, provoquen menor contaminación al medio ambiente, tales como el Holcim Ultra Durable Tipo GU - HS. Tengamos en cuenta que 1 tonelada de clínker producido puede llegar a emitir al medioambiente casi 1 tonelada de CO<sub>2</sub> y los cementos adicionados, como el Holcim Ultra Durable Tipo GU-HS puede llegar a reducir hasta un 20% las emisiones de este gas a la atmósfera.

Cuando hablamos de resistencia a los sulfatos, debemos de mencionar que estos pueden ser sulfatos de sodio, potasio, calcio o magnesio, que ocurren naturalmente en el suelo, disueltos en el agua que corre por el suelo o también presentes en agregados. El sulfato puede estar presente en los efluentes y desechos industriales tales como los de las industrias asociadas con la fabricación de químicos, baterías, aluminio y en la minería. El agua empleada en las torres de enfriamiento también puede contener sulfatos debido a la acumulación gradual de sulfatos provenientes de la evaporación.

Los sulfatos como tales reaccionan con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación del cemento, formando sulfatos de calcio (yeso); y el sulfato de calcio reacciona con el aluminato de calcio hidratado, formando sulfoaluminato de calcio (etringita<sup>1</sup>). Estas reacciones causan expansión y pueden producir la descomposición del concreto. Generalmente, las

<sup>1</sup> La etringita es un sulfoaluminato de calcio hidratado que se forma durante las primeras etapas de hidratación del cemento Portland a partir de la reacción de la fase aluminato del clínker con el yeso empleado para retardar el fraguado.

perjudicará la resistencia del hormigón a sulfatos. Se requiere de compactación adecuada y curado apropiado para producir hormigón denso con capilares discontinuos (baja permeabilidad). Dar un acabado al hormigón para proporcionar una superficie densa, libre de agujeros y defectos, puede mejorar la resistencia a sulfatos.

- **Diseño y detallado.** Las estructuras y los elementos apropiadamente diseñados y detallados deben proporcionar un refuerzo adecuado, y correctamente localizado para minimizar el agrietamiento.

### Hormigón resistente a sulfatos

Por lo antes expuesto, la resistencia del hormigón a los sulfatos puede mejorarse significativamente produciendo un hormigón impermeable y denso, hecho con un cemento resistente a sulfatos como el Holcim Ultra Durable, una baja relación agua-cemento, suficiente contenido de cemento, y que sea apropiadamente colocado, compactado y curado. El ACI 201.2R (tabla # 1) ha clasificado la agresividad en un número de categorías de severidad progresiva, considerando esta clasificación y los tipos de cemento actualmente disponibles.

**Tabla # 1: Clasificación de la severidad de ambiente de sulfatos de acuerdo al ACI201.2R-92**

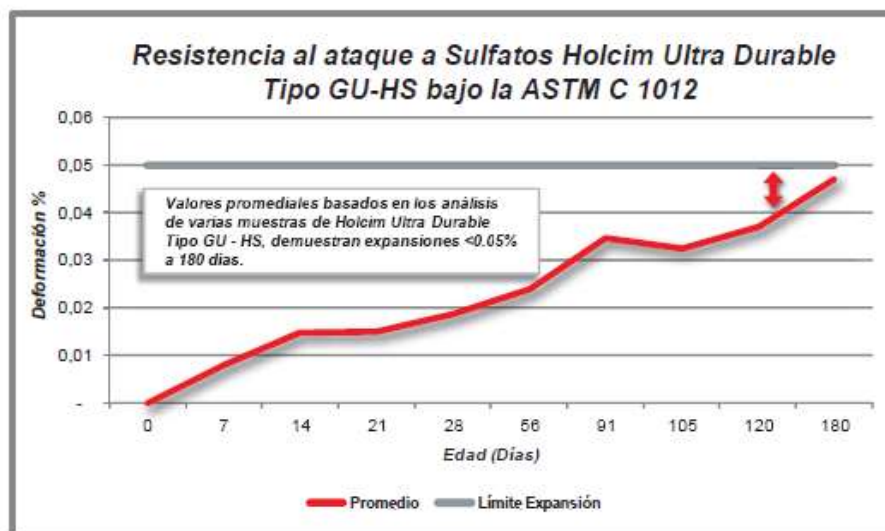
Exposición	Concentración de sulfatos solubles expresados en (SO <sub>4</sub> )*	
	En el suelo (%)	En el agua (%)
Suave	< 0.1	<150
Moderada	0.1 a 0.2	150 a1500
Severa	0.2 a 2.0	1500 a 10000
Muy severa	>2.0	>10000

Hay que tener presente que el sulfato de magnesio es más agresivo que el sulfato de sodio. En presencia de grandes cantidades de iones de magnesio (> 1000 mg/lit) es necesario tomar medidas de seguridad adicionales.

La resistencia del hormigón al ataque de sulfatos se puede probar en el laboratorio mediante el almacenamiento de especímenes en una solución de sulfato de sodio o de magnesio, o una mezcla de los dos. El mojado, y el secado alternados aceleran el daño a causa de la cristalización de sales en los poros del hormigón. Los efectos de la exposición se pueden estimar por la pérdida de resistencia del espécimen, por cambios en su módulo dinámico de elasticidad, por su expansión, por su pérdida de masa, o se pueden valorar inclusive visualmente.

El método de prueba de la norma ASTM C1012 "Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement" emplea inmersión de mortero bien hidratado en una solución de sulfatos, y considera la expansión excesiva como un criterio de falla bajo ataque de sulfatos.

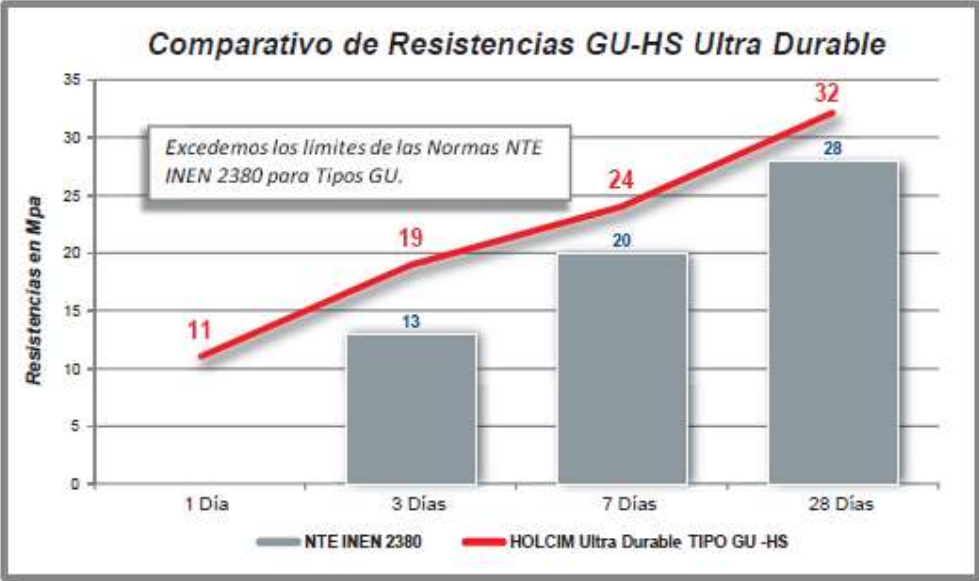
De acuerdo a análisis practicados, tanto por nuestros laboratorios, así como otros externos tales como el prestigioso CTL Group ([www.ctlgroup.com](http://www.ctlgroup.com)) y la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile ([www.idiem.cl](http://www.idiem.cl)), nuestro cemento Holcim Ultra Durable Tipo GU- HS cumple con lo especificado en cuanto a expansiones promedio a los 6 meses (<0.05%), como requisito de resistencia al ataque de sulfatos, según la norma ASTM C 1157, para cementos tipo HS (High Sulfate Resistance).



Nunca está de más enfatizar la importancia de las muchas influencias en la resistencia del hormigón a sulfatos. Mientras que la repercusión del tipo de cemento es importante, obviamente no es la única influencia. Por supuesto, en la mayoría de las situaciones otros factores tendrán una influencia igual o tal vez mayor. Es el diseño de la mezcla del hormigón, el reducido contenido de agua, el contenido incrementado de cemento, la colocación apropiada, la compactación adecuada y el curado efectivo, ayudará a producir un hormigón resistente a sulfatos.

<sup>2</sup> En los informes de los análisis químicos realizados por el ACI sobre los cementos Portland, el sulfato expresado como  $SO_4$  se relaciona con el sulfato expresado como  $SO_3$  de la siguiente manera:  $SO_3 \% \times 1.2 = SO_4 \%.$





### Beneficios del uso de Holcim Ultra Durable

- Proporciona amplia resistencia al ataque de iones cloruro - minimizando el riesgo de corrosión del acero reforzado.
- Proporciona un alto nivel de desempeño del hormigón ante ambientes con sulfatos agresivos y ambientes ácidos.

### Aplicaciones de Holcim Ultra Durable

<p><b>Para minimizar el riesgo de ataque químico por sulfatos que podría resultar en deterioro del hormigón y fallos estructurales.</b></p> <p>En los mataderos, granjas porcinas, corrales de engorde y plantas de procesamiento de alimentos.</p> <p>Plantas de tratamiento de aguas servidas.</p> <p>Minas y otros ambientes de suelos ácidos.</p> <p>En fábricas asociadas a la producción de leche, silvicultura, pesca y otros ambientes con estructuras susceptibles a los ataques químicos.</p>	<p><b>Para minimizar el riesgo de corrosión en el acero de refuerzo inducidos por cloruros y para garantizar durabilidad a largo plazo.</b></p> <p>Muelles y puertos deportivos.</p> <p>Muros expuestos a ambientes marinos, presas, embalses.</p> <p>En tuberías de agua para alcantarillado y plantas de tratamiento.</p> <p>Puentes y cualesquiera otras estructuras sumergidas en zonas de marea y salpicaduras de aguas de mar.</p>
---	--



## Anexo 2. Solicitud para acceso a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil



### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

D.L. NO. 69-04 DE 14 DE ABRIL DE 1969

*Calidad. Pertinencia y Calidez*

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

SUBDECANATO

Oficio nro. UTMACH-FIC-SD-2022-0046-OF  
Machala, 10 de enero del 2022

Señor  
FREDDY ESPINOZA URGILÉS  
Decano  
Facultad Ingeniería Civil  
Universidad Técnica de Machala  
Ciudad. -

De mi consideración:

En atención a sumilla a través del correo electrónico remitido el 6 de enero del 2022, por el señor Kevin Luis Agurto Rodríguez, egresado de la Carrera de Ingeniería Civil, quien solicita autorice el acceso a los laboratorios para poder realizar la parte práctica del proceso de titulación, que conlleva a Diseñar Hormigones en Obras Civiles bajo niveles freáticos en la ciudad de Machala, los meses de enero y febrero.

Ante lo expuesto, debo mencionar que solicite al Ing. Elvis Sánchez Rogel Administrador del Laboratorio de Comportamiento de Materiales, el informe de pertenencia y disponibilidad del laboratorio; para lo cual el Ing. Sánchez mediante correo electrónico enviado hoy 10 de enero del 2022, textualmente indica lo siguiente: "...En atención al oficio realizado por el estudiante Kevin Luis Agurto Rodríguez, respecto de su solicitud y disponibilidad del laboratorio de comportamiento de materiales, debo mencionarle que los días jueves y viernes de 8:00 am a 12:00 pm están disponibles todo el mes de enero 2022, para su utilización en el área de diseño de hormigones...."

Particular que comunico para los fines correspondientes.

Atentamente,



Firmado  
digitalmente por  
MARIUXI PAOLA  
ZEA ORDÓÑEZ  
Fecha: 2022.01.10  
11:36:21 -05'00'



MARIUXI ZEA ORDÓÑEZ  
Subdecana  
Facultad Ingeniería Civil  
Universidad Técnica de Machala  
MZO/Esther Cepeda Z.

### Anexo 3. Ensayo de Granulometría



Cuarteo de las muestras.



Tamizado del material.

**Anexo 4. Ensayo de desgaste de los materiales mediante el uso de la máquina de los Ángeles.**



Pesado del agregado grueso



Número de bolas a utilizar



Utilización de la Máquina de los Ángeles.



Tamizado del material.



Material retenido.



Material pasante.

**Anexo 5. Ensayo de densidad, gravedad específica y absorción de los agregados.**



Pesado de la canastilla.



Toma del volumen en la Probeta.



Pesado del material superficialmente saturado.



Material en el horno por 24h

**Anexo 6. Ensayo de determinación del peso volumétrico suelto y compactado.**



Colocación del material.



Enrasado del material.



Enrasado del agregado fino.



Peso del agregado grueso.



Varillado del material cada tercio.



Peso del agregado grueso compactado.

**Anexo 7. Ensayo de Densidad del cemento**



Colocación de la gasolina en el Chatelier.



Colocación del cemento en el Chatelier.



Peso del material.



**Anexo 8. Realización de las probetas de hormigón.**



Colado de hormigón en las probetas.



Enrasado del hormigón.



Probetas cilíndricas de hormigón.



Desencofrado de las probetas.



Curado de probetas en agua salada



Curado de probetas en agua dulce.

**Anexo 9. Rotura de probetas.**



Máquina para rotura de cilindros



Rotura de cilindros



Máquina de rotura de cilindros de hormigón.



Cilindros luego de la compresión