



## **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

### **UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.**

#### **CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.**

**“Planteamiento de la curva de Abrams para obtener la resistencia a compresión del hormigón, a través de la relación Agua/Cemento (A/C)”.**

**AUTOR: JOHN MARCELO CANTOS MUÑOZ.**

**DIRECTOR: ING. JORGE EFRAÍN CRESPO CRESPO.**

**AZOGUES - ECUADOR**

**2021**

*Yo me gradué en los  
50 años de La Cato!*



# **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

## **UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.**

### **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.**

**“Planteamiento de la curva de Abrams para obtener la resistencia a compresión del hormigón, a través de la relación Agua/Cemento (A/C)”.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR: JOHN MARCELO CANTOS MUÑOZ.**

**DIRECTOR: ING. JORGE EFRAÍN CRESPO CRESPO.**

**AZOGUES - ECUADOR**

**2021**

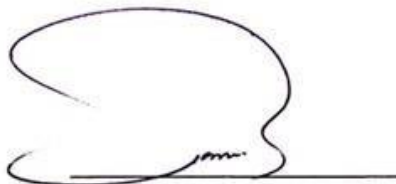
*Yo me gradué en los  
50 años de La Cato!*

CERTIFICACIÓN

Ing. Jorge Crespo Crespo, Mg  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación denominado: **“Planteamiento de la curva de Abrams para obtener la resistencia a compresión del hormigón, a través de la relación Agua/Cemento (A/C)”** desarrollado por John Marcelo Cantos Muñoz, ha sido revisado y autorizado para su presentación.

Azogues, 21 de enero de 2021



Ing. Jorge Crespo Crespo. Mg.

DIRECTOR DE TESIS



---

CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, John Marcelo Cantos Muñoz, autor del presente trabajo de investigación denominado: **“Planteamiento de la curva de Abrams para obtener la resistencia a compresión del hormigón, a través de la relación Agua/Cemento (A/C)”** certifico que el contenido expuesto es de exclusiva responsabilidad del autor.

Azogues, 20 de enero de 2021



---

John Marcelo Cantos Muñoz.

CI: 0302302419.

## Dedicatoria

Las vivencias a lo largo de nuestra existencia vienen cargadas de triunfos y fracasos que son parte del trayecto para alcanzar nuestras metas y objetivos, el vencer las adversidades y obstáculos que se nos presenta es de gran importancia para ser víctimas de superación.

La vida es un viaje único, propio de cada persona y personalmente a mí, a través de las adversidades me ha enseñado a ser capaz de grandes cosas; es así que presento y dedico este triunfo demasiado significativo en lo personal a todas las personas que hicieron posible que sea capaz de cumplir esta satisfacción, a quienes están y estuvieron, a ellos con todo el corazón.

A MI ABUELITA: Blanca González, la persona más bondadosa de este mundo, no dudó ni un segundo en estrecharme su mano cuando lo necesitaba, fue quien confió ciegamente en mí y hoy alcanzo esta meta gracias ella.

A MIS PADRES: John y Mary; todo lo bueno que han hecho por mí desde que he sido un niño hasta actualmente es invaluable, es por esto que siempre me he sentido en deuda con ustedes y mi manera de agradecerles todo lo bueno que han sido conmigo es de este modo, regalándoles esta satisfacción. A mi madre: gracias por tu guía, tu paciencia y sabiduría eres única e irremplazable, te amo. A mi padre: gracias por tus enseñanzas, tu compañía y dedicación, eres mi ejemplo. Sus consejos siempre me involucran a ser una persona de bien y gracias a ellos considero que lo soy, de todo corazón les dedico este triunfo.

A MIS HERMANOS: Luis Fernando y Cristopher, siendo el hermano mayor les dedico de todo corazón este triunfo y a la vez quiero demostrarles que todo en esta vida es posible, espero ser buen ejemplo para ustedes, saben que son un pilar importante en mi vida, los amo.

A mis demás familiares, abuelito, tíos, primos y a todos los que me han brindado su apoyo incondicional y que han sido un ejemplo de superación plasmando sus virtudes y buenas costumbres hacia mi persona con todo el cariño, mi dedicatoria.

A mis compañeros: José, Esteban, Carla, Sheba, Freddy, Pablo, con quienes compartimos buenos y malos momentos a lo largo de este viaje y que juntos alcanzamos la meta deseada.

A mis amigos, en especial a Fabricio, Carla y Esteban por todo el apoyo incondicional.

## Agradecimientos

A Dios, mi agradecimiento sincero por haberme permitido llegar a este punto, por su cuidado, por su guía y sobre todo haberme dado la oportunidad de estar en este mundo.

A mi abuelita por su amor y cariño demostrado hacia mí, a mis padres por no dejarme caer y siempre ser mi guía, espero no haberles defraudado nunca, los amo.

A mis hermanos, por su cariño, su confianza, por su aliento en momentos difíciles y sobre todo por estar dispuestos a brindarme siempre su apoyo.

Exteriorizo también, mi sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Cuenca Sede Azogues, por haberme dado la oportunidad de superarme académicamente y en ella a mis distinguidos docentes quienes con su ética y profesionalismo nos han inculcado los conocimientos que nos serán útiles para fomentar adelante a la sociedad.

A mi director de tesis Ing. Jorge Crespo Crespo, quien ha sido guía idónea para llevar a cabo este trabajo investigativo-experimental, brindándome su tiempo y conocimientos para que este anhelo este culminado.

A la fábrica Hormicenter Cia. Ltda. y al personal por la apertura y apoyo brindado durante este proceso investigativo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para poder concluir con éxito mi carrera universitaria y el presente trabajo, bendiciones.

## Resumen

La correlación entre la resistencia a compresión simple con la relación Agua/Cemento (A/C) es fundamental en el diseño de mezclas de hormigón representado en la curva de Abrams y en varias tablas usadas universalmente. Esta información hace referencia a cementos y áridos cuyas características son distintas a los disponibles en zona, sin evidenciarse investigaciones suficientes para determinar esta correlación. La carencia investigativa señalada destaca la necesidad de realizar ensayos para determinar en materiales a usarse, teniendo en cuenta que la efectividad del proceso se basa en una correlación que se ajuste a la materia prima disponible, brindando confiabilidad y posibilitando mejorar procesos los de producción y economizarlos.

El objetivo es replicar la correlación dotada por Abrams entre la compresión simple del hormigón con la relación A/C haciendo uso de materiales disponibles en la zona de estudio.

El procedimiento fue emplear ensayos controlados en laboratorio regulados por las normas vigentes de estricto cumplimiento para garantizar y evitar variabilidad en los resultados. El método consistió en la fabricación de 10 probetas por cada porcentaje de variación de A/C y fueron ensayadas a compresión simple a los 28 días.

Los resultados evidencian que los tipos de cemento son los recursos esenciales al momento de determinar la resistencia del hormigón. Para replicar estos resultados obtenidos, desde la propuesta del autor, sería conveniente usar la correlación alcanzada en esta investigación. Por último, se concluye que la complementariedad ideal de dicho proceso implica una conjunción de acuerdo a los tipos de cementos y áridos.

**Palabras Clave:** Curva de Abrams, relación A/C, compresión simple, hormigón.

**Aprobado por:**



-----  
**Ing. Jorge Crespo Crespo. Mgs.**

**Docente Tutor de Tesis.**

## Abstract

UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CUENCACOMUNIDAD  
EDUCATIVA AL  
SERVICIO DEL PUEBLO

---

### CENTRO DE IDIOMAS

#### Abstract

**John Cantos Muñoz**

The correlation between the simple compressive strength and the Water/Cement (A/C) ratio is fundamental in the design of concrete mixtures represented in the Abrams curve and several universally used tables. This information refers to types of cement and aggregates whose characteristics are different from those available in the area, without sufficient research to determine this correlation. The lack of research pointed out, highlights the need to conduct tests to determine the materials to be used, taking into account that the effectiveness of the process is based on a correlation that adjusts to the available raw material, providing reliability and making it possible to improve production processes and economize them.

The objective is to replicate the correlation provided by Abrams between the simple compression of concrete with the A/C ratio using materials available in the study area. The procedure was to use controlled laboratory tests regulated by a strict compliance policy in place to guarantee and avoid variability in the results. The method consisted of the manufacture of 10 test pieces for each percentage variation of A/C and was tested at simple compression at 28 days.

The results show that the types of cement are the essential resources at the time of determining the resistance of the concrete. To replicate these results obtained, from the proposal of the author, it would be convenient to use the correlation reached in this research. Finally, it is concluded that the ideal complementarity of this process implies conjunction according to types of cement and aggregates.



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CUENCA

COMUNIDAD  
EDUCATIVA AL  
SERVICIO DEL PUEBLO

## CENTRO DE IDIOMAS

**Keywords: Abrams' curve, A/C ratio, simple compression, concrete**

Azogues, 10 de enero del 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



Firmado digitalmente por AB.  
MARIA LILIANA URGILES  
AMOROSO  
Motivo: Documento certificado  
digitalmente por Emergencia  
Sanitaria en Ecuador por  
COVID-19  
Ubicación: Azogues-Ecuador  
Fecha: 2021-01-10 09:04:05:00

**Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.**  
**COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES**

## **Tabla de Contenido**

Dedicatoria .....	iii
Agradecimientos .....	v
Resumen .....	vi
Abstract .....	viii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1. 1.    Objetivos de la investigación .....	2
1.2.    Justificación.....	3
1.3.    Delimitación de la investigación .....	3
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>5</b>
<b>2.    GENERALIDADES Y DEFINICIONES .....</b>	<b>5</b>
2. 1.    Cemento portland hidráulico.....	5
2.2 Agregados.....	7
2.2.1    Clasificación de los agregados.....	7
2.2.2. Agregado grueso .....	8
2.2.3. Agregado fino.....	8
2.2.4. Ensayos en laboratorio.....	8
2.3.    Agua.....	10
2.3.4.    Hidratación del Cemento .....	11
2.3.5.    Relación (A/C) en comparativa con la resistencia a compresión .....	13
2.4.    Hormigón hidráulico .....	14
2.5.    Diseño de mezclas hormigón .....	15
2.6.    Importancia de la relación A/C en el hormigón .....	17
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>19</b>

3.	METODOLOGÍA .....	19
CAPÍTULO IV .....		23
4.	Análisis y Resultados .....	23
4.1.	Análisis de resultados.....	23
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	41
5.1	Conclusiones .....	41
5.2	Recomendaciones .....	43

### **Lista de Ilustraciones**

Ilustración 2.1	Cemento Inmerso en agua.....	11
Ilustración 2.2	Formación de películas alrededor de los granos de cemento.....	12
Ilustración 2.3	Formación de películas alrededor de los granos de cemento.....	12
Ilustración 2.4	Endurecimiento de la mezcla .....	13

### **Lista de Figuras**

Figura 2.1	Proceso para el diseño de hormigón .....	17
------------	--	----

### **Lista de Tablas**

Tabla 2.1	Compuestos principales del cemento portland.....	6
Tabla 2.13	Influencia de la relación agua/cemento en la resistencia del concreto.....	18

Tabla 4.1 Cuadro de humedades .....	26
Tabla 4.2 Cuadro de densidades y absorción del agregado grueso. ....	27
Tabla 4.3 Cuadro de densidades y absorción del agregado fino .....	28
Tabla 4.4 Masa unitaria (peso volumétrico) y porcentaje de vacíos del agregado grueso. ....	29
Tabla 4.5 Masa unitaria (peso volumétrico) y porcentaje de vacíos del agregado fino. ....	30
Tabla 4.6 Dosificación mezcla de hormigón. ....	31
Tabla 4.7 Cálculo correlación Cemento Guapán. ....	32
Tabla 4.8 Cálculo correlación Cemento Holcim. ....	35
Tabla 4.9 Cuadro comparativo. ....	39

## **Lista de Gráficas**

Gráfica 2.2 Curva relación entre la relación A/C vs $f'c$ .....	14
Gráfica 3.1 Relación entre la resistencia del concreto con el contenido de agua. ....	19
Gráfica 4.1 Ensayo granulométrico del árido grueso. ....	23
Gráfica 4.2 Curva granulométrica agregado grueso. ....	24
Gráfica 4.3 Ensayo granulométrico del árido fino. ....	25
Gráfica 4.4 Curva granulométrica agregado fino. ....	25
Gráfica 4.5 Ajuste de curva Cemento Guapán .....	34
Gráfica 4.6 Correlación entre la resistencia a compresión simple del hormigón y la relación A/C para el cemento Guapán tipo GU. ....	35
Gráfica 4.7 Ajuste de curva Cemento Holcim .....	38
Gráfica 4.8 Correlación entre la resistencia a compresión simple del hormigón y la relación A/C para el cemento Holcim tipo HE. ....	39
Gráfica 4.9 Comparación de curvas .....	40

## Lista de Ecuaciones

Ecuación 3.1 Relación A/C vs. Resistencia del hormigón.....	19
Ecuación 3.2 Ecuación general de la curva exponencial .....	20
Ecuación 3.3 Ecuación general de la curva exponencial expresada en logaritmos m.....	20
Ecuación 3.4 Curva general de la curva exponencial con nomenclatura simplificada .....	20
Ecuación 3.5 Curva general simplificada.....	20
Ecuación 3.6 Ecuación mínimos cuadrados.....	21
Ecuación 3.7 Aplicación mínimos cuadrados .....	21
Ecuación 3.8 Porcentaje de agua/cemento .....	22

## Lista de Anexos

Anexo A. Tablas Bibliográficas .....	47
Anexo B. Dosificación de mezclas para cada relación A/C.....	52
Anexo C. Resistencia a compresión simple de muestras de hormigón. ....	56
Anexo D. fotografías .....	58
Anexo E. Certificado de laboratorio. ....	62
Anexo F. Certificado Antiplagio.....	63
Anexo G. Permiso de autor. ....	64
Anexo H. Certificado de Biblioteca .....	65

## CAPÍTULO I

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hormigón es material concebido a partir de la mezcla de ripio, arena, agua y cemento. Presenta un excelente comportamiento mecánico cuando está sujeto a esfuerzos de compresión. La resistencia compresiva  $f^c$  permite a los ingenieros calculistas dimensionar los materiales que componen en parte una estructura y por lo tanto su valor debe cumplir valores mínimos cuando se lo fabrica, de lo contrario, la estructura se vuelve vulnerable e insegura ante la acción de las cargas de servicio.

Frecuentemente, los constructores y productores de hormigón atestiguan la ocurrencia de baja resistencia en hormigones elaborados mediante estrictas condiciones de calidad; ahondando, en otros casos con procesos menos rigurosos, los resultados son menos halagadores. Consecuentemente, se propone la siguiente pregunta investigativa: ¿Cuáles son las causas que ocasionan la baja resistencia?, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos es una interrogante que solo se revela bajo costosos análisis de laboratorio e informes de patología. Mientras tanto, la remoción del hormigón deficiente implica un enorme perjuicio económico para la mayoría de contratistas y proveedores de hormigón, mismos que, con el propósito de garantizar la calidad del producto prefieren elaborar mezclas ricas en cemento incrementando innecesariamente los costos de producción. Al mismo tiempo, altas cuantías de cemento en la mezcla vuelven susceptible al hormigón a fenómenos de retracción y consecuentemente el pavoroso agrietamiento.

Uno de los factores que mayor incidencia tiene en la resistencia del hormigón es la propuesta de la relación agua y cemento (A/C), muchos investigadores han desarrollado tablas y ecuaciones que establecen una correlación entre estos dos factores, sin embargo, todos ellos recomiendan que

es necesario realizar ensayos de laboratorio con los materiales disponibles en la localidad para determinar con mayor veracidad la variación de la resistencia de la relación mencionada. En nuestro país, y específicamente en la zona austral del Ecuador, no se conoce con fidelidad el desarrollo de investigaciones que emulen la teoría de Abrams con los materiales y cementos que se usan en la zona.

Un pequeño sondeo realizado entre algunos proveedores importantes de hormigón en las ciudades de Azogues y Cuenca ha permitido conocer que los diseños de las mezclas se realizan con la tabla que provee la metodología American Concrete Institute (ACI) 211.1, a pesar de que esta dice textualmente: “diferentes agregados, cementos, y materiales cementantes generalmente producen diferentes esfuerzos para la misma relación A/C, y que es altamente deseable tener o desarrollar la relación entre la resistencia y A/C para que los materiales que realmente se empleen” (ACI Committee 211, 2002, pp. 211.1-9).

## **1. 1. Objetivos de la investigación.**

### ***1. 1.1. Objetivo general.***

Replicar la correlación entre la resistencia a compresión simple del hormigón con la relación A/C con el empleo de materiales que se comercializan dentro de la zona objeto de estudio, a través de ensayos controlados en laboratorio con lo cual se determinará con mayor precisión la cantidad de A/C necesaria que se debe emplear en una mezcla a partir de su resistencia a la compresión.

### ***1.1.2. Objetivos específicos.***

- Determinar las propiedades físicas de los áridos en laboratorio, necesarias para el diseño de mezcla.
- Determinar el diseño de mezcla de hormigón a emplear en la investigación para las diferentes relaciones A/C.

- Aplicar el método de regresión exponencial propuesta por Abrams para determinar la correlación entre la resistencia a compresión del concreto y la relación A/C.
- Comparar las curvas obtenidas independientes por cada tipo de cemento con la brindada por el ACI en su comité 211.1.

## **1.2. Justificación.**

Disponer de un estudio que determine con mucha precisión y claridad las relaciones entre las resistencias del hormigón y sus respectivas relaciones A/C para un tipo específico de áridos y cementos permitirá que sus usuarios puedan diseñar mezclas con la absoluta certeza de que el parámetro correspondiente no es sujeto de duda, brindando mayor seguridad a los resultados esperados. De igual forma, al disponer de un parámetro de mayor fiabilidad las probabilidades de obtener resultados negativos disminuyen sustancialmente.

Por otra parte, ante la eventualidad de que las resistencias de una determinada mezcla no alcancen la resistencia especificada será más fácil para los involucrados detectar las causas que pudieron ocasionarlo, descartando el problema del presente estudio.

Por último, la disposición de parámetros más fiables influirá también en la posibilidad de contar con mejores procesos de producción de las mezclas de hormigón. Además, conjuntamente con un proceso eficiente de control redundará indiscutiblemente en procesos productivos más eficientes y, consecuentemente, mezclas más económicas.

## **1.3. Delimitación de la investigación.**

Segmentar el área de estudio de la investigación es indispensable, toda vez que el número de cementos y áridos que se expenden en la localidad producirían una cantidad de combinaciones tan grandes que sería imposible abordarlas con las condiciones de recursos y tiempo disponibles en un solo trabajo individual de investigación, consiguientemente, se ha restringido el estudio

únicamente al empleo de un solo tipo de agregado tanto grueso como fino. Estos áridos son los usados en la fábrica Hormicenter Cia. Ltda. y 2 tipos de cemento, en este caso cemento Holcim tipo HE y cemento Guapán tipo GU. En tal virtud, el área de estudio se circunscribe en el sector austral del Ecuador, específicamente en el cantón Azogues ejemplificando las prácticas constructivas que son similares a otros sectores de las provincias del Cañar y del Azuay.

La investigación se encamina en determinar la resistencia del hormigón en función a la relación  $A/C$ , a través de una correlación, empleando materia prima distribuida en la localidad.

## CAPÍTULO II

### 2. GENERALIDADES Y DEFINICIONES

#### 2.1. Cemento portland hidráulico.

Este cemento proviene de la pulverización de clinker con materiales calcáreos y ciertos materiales con propiedades puzolánicas (Rivera, 2002).

La composición química del clinker en su molienda y en caso de presentar puzolana influye en los cementos portland, por ejemplo, más finura del cemento implica mayor velocidad de hidratación produciendo resistencia más temprana. Sin embargo, a mayor finura del cemento se genera más calor siendo necesario mayor cantidad de agua, entonces, esta puede producir cambios volumétricos en la mezcla y puede generar agrietamientos en los miembros estructurales (Monter Espinosa, 2007).

Cabe señalar que los cementos con puzolana producen un resecamiento prematuro, este efecto se da por la avidez del agua con la puzolana (Monter Espinosa, 2007).

#### 2.1.1. Configuración química básica del cemento portland.

Los compuestos como la alúmina, cal, sílice y óxido de hierro interactúan en la calcinación del clinker en la fabricación de este cemento, lo que produce el óxido de calcio que se mezcla con otros componentes para formar, principalmente, 4 compuestos correspondientes al 90% de la masa de cemento, estos son: 1) silicato tricálcico, 2) silicato dicálcico, 3) aluminato tricálcico, 4) aluminoferrita tetracálcica (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

La Tabla 2.1 detalla las fórmulas químicas juntamente con su abreviatura de dichos compuestos.

**Tabla 2.1 Compuestos principales del cemento portland.**

<i>Nombre del Compuesto</i>	<i>Abreviatura</i>	<i>Efecto</i>
Silicato tricálcico	$C_3S$	Factor principal del fraguado y endurecimiento.
Silicato dicálcico	$C_2S$	Resistencias tempranas. Aumenta las resistencias a edades mayores (180 días).
Aluminato tricálcico	$C_3A$	Contribuye de manera ligera a la resistencia durante la primera semana.
Aluminoferrita tetracálcica	$C_4AF$	Disminuye la temperatura cuando el cemento está en el horno.

**Fuente:** (Neville, 2013).

### ***2.1.2. Clasificación de los cementos, según las normativas ecuatorianas.***

#### ***2.1.2.1. Tipos de Cemento Portland.***

En el mercado se hacen variantes de este tipo de cemento con la intención satisfacer necesidades y requerimientos específicos, como se muestra la tabla (1) (Tipos de cemento Portland) del Anexo A. Tablas Bibliográficas.

#### ***2.1.2.2. Cementos Compuestos.***

Según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 490), los cementos hidráulicos compuestos se producen a través de la mezcla de cemento portland con puzolana o cemento de escorias, incluso

también, con la combinación de dos puzolanas o de cemento de escoria con puzolanas (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).

En el **Anexo A**. Tablas Bibliográficas se muestra la tabla (2) donde se detalla los tipos de cementos compuestos.

### ***2.1.2.3. Clasificación de cemento portland según requisitos de desempeño.***

Para realizar la clasificación de los cementos hidráulicos se consideró factores como el desarrollo de su resistencia, frente al aumento de temperatura de hidratación a sulfatos y el aguante a los reactivos álcali-sílice (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).

La tabla (3) del **Anexo A**. Tablas Bibliográficas evidencia los tipos de cementos hidráulicos.

## **2.2 Agregados.**

Tres cuartos del volumen total del hormigón es ocupado por los áridos, mientras que el cuarto restante es ocupado por pasta del cemento, el agua sin combinar y aire (Romo Proaño, 2008).

Fabricar hormigón en su mayoría por agregados responde a la necesidad de economizar la producción, no obstante, la cantidad presente de estos en la mezcla infieren en gran medida en la resistencia mecánica del hormigón en estado endurecido (Abril Gavilanes, 2016).

### **2.2.1 Clasificación de los agregados.**

#### ***2.2.1.1 Método de extracción.***

- a) **Agregados naturales:** Su extracción proviene desde los depósitos fluviales, glaciares y canteras de diversas rocas (Bolívar, 2003).
- **Agregados artificiales:** Su obtención se realiza a través de procesos industriales como Clinker, limaduras de hierro, etc. (Bolívar, 2003).

### **2.2.1.2 Densidad.**

Los agregados clasificados en función a su densidad se demuestran en la tabla (4) de **Anexo A. Tablas Bibliográficas.**

De acuerdo a esta clasificación, para la elaboración de hormigones de peso normal es común el uso de agregados de tipo normal (Bolívar, 2003).

### **2.2.1.3 Tamaño de partículas.**

Esta clasificación se detalla en **Anexo A. Tablas Bibliográficas** tabla (5).

### **2.2.1.4. Textura.**

La forma de los agregados puede ser: redondeadas, cúbicas, irregulares, alargadas, aplanadas.

La tabla (6) en **Anexo A. Tablas Bibliográficas** demuestra un enfoque específico de la clasificación del agregado según su forma.

## **2.2.2. Agregado grueso.**

Es considerado como un material principal en la producción del hormigón, su empleo debe ser en mayor cantidad posible, sin dejar de considerar requisitos de colocación, tamaño y resistencia (Gutiérrez de López, 2003).

## **2.2.3. Agregado fino.**

Este actúa como una llenante y a la vez lubricante por donde ruedan los agregados gruesos, brindándole manejabilidad a la pasta de hormigón. Un agregado fino para ser considerado de buena calidad deberá estar libre de materiales dañinos, impurezas orgánicas y arcillas (Nawy, 1990).

## **2.2.4. Ensayos en laboratorio.**

### **2.2.4.1. Toma de muestra de los agregados.**

Tomar las muestras corresponde al paso inicial en los ensayos que determinarán las diversas propiedades físicas de los agregados gruesos y finos, por lo cual se lo debe realizar de manera

eficiente según se estipula en la norma mencionada previamente (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010).

#### ***2.2.4.2. Análisis granulométrico de los agregados***

La granulometría es definida tal cual la distribución de la diversidad de dimensiones de partículas que se encuentran en una muestra de agregado que comprueba la deficiencia o exceso de partículas (Sánchez, 2001), para este ensayo nos basamos en la norma NTE INEN 696 para agregado grueso y fino (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011) .

#### ***2.2.4.3. Módulo de finura del agregado fino***

Este módulo permite evaluar el tamaño de un material y corresponde a lo considerado “como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices”(Neville, 1995, p. 107), para determinar éste se emplea la tabla (7) en **Anexo A.** Tablas Bibliográficas.

#### ***2.2.4.4. Cálculo de la densidad, densidad relativa y absorción de los áridos.***

Los ensayos para determinar estos valores fueron hechos bajo el estricto cumplimiento de las normas que se detallan a continuación: 1) la norma NTE INEN 857, describe el procedimiento que determina la gravedad específica del agregado grueso (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010), y; 2) la norma NTE INEN 856, detalla la manera para calcular la gravedad específica del agregado fino (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010).

#### ***2.2.4.5. Cálculo de la absorción del árido***

Se define como el aumento de masa de un agregado que está siendo penetrado por agua a través de los poros que posee una partícula (Mamlouk M. & Zaniewski, 2009). Para determinar la absorción y la gravedad específica se detalla en las normas NTE INEN 857 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010), y NTE INEN 856 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010).

En la mezcla de hormigón es importante tener en consideración la absorción del agregado, debido a que, las partículas presentan porosidades, mismas que pueden estar en estado seco o húmedo, influyendo así, directamente en el contenido de agua efectiva para elaborar el hormigón. También, si presenta humedad inferior a la absorción se deberá incrementar agua y si la humedad es mayor se habrá que disminuir el volumen de agua al momento de realizar el diseño de mezcla (Quiroz & Salamanca , 2006).

#### ***2.2.4.6. Valoración de la masa unitaria y el porcentaje de vacíos.***

Este ensayo se realiza a través de la norma NTE INEN 858 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010).

#### ***2.2.4.7. Valoración del contenido de humedad***

Tener claro que la humedad es un parámetro que influye de manera directa al producir hormigón es transcendental ya que de ella dependerá lograr una dosificación precisa, ya que determinará la cantidad de agua neta que requerirá el hormigón (Quiroz & Salamanca , 2006), es por esto que antes de realizar la dosificación debe ser verificada. El proceso en nuestro país lo detalla la normativa NTE INEN 862 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011), aplicada para esta investigación.

### **2.3. Agua.**

El agua en el hormigón es un factor que cumple una función importante tanto en estado fresco como endurecido. En el primer caso, humedece los agregados y lubrica la mezcla brindando así fácil manejabilidad, mientras que, en el segundo caso es empleada en el curado del hormigón, actividad importante para alcanzar los niveles de resistencia (Puya García, 2004). Además, el agua empleada en la fabricación del hormigón debe ser potable (Puya García, 2004).

La tabla (8) en **Anexo A. Tablas Bibliográficas** detalla los límites permisibles para agua de mezcla y curado.

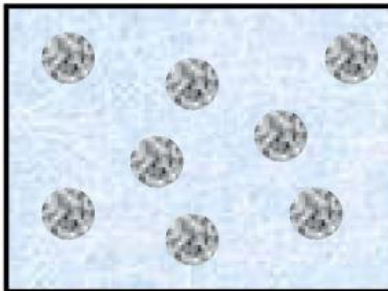
#### **2.3.4. Hidratación del Cemento.**

Durante la mezcla de agua con el cemento se generan diversas reacciones químicas empezando con el desprendimiento de calor, después, gradualmente se va rigidizando hasta culminar con el endurecimiento. Este proceso en algunas ocasiones dura años dependiendo la cantidad de cemento remanente no hidratado (Monter Espinosa, 2007).

A través del siguiente esquema se explica el fenómeno de hidratación del cemento:

- Los granos están inmersos en agua, se diluye y produce una reacción exotérmica (Monter Espinosa, 2007).

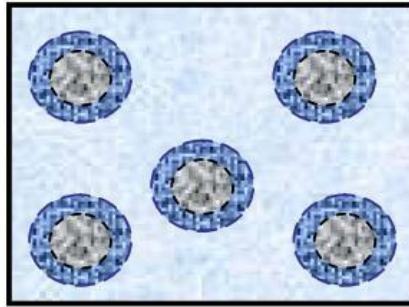
#### **Ilustración 2.1 Cemento Inmerso en agua**



**Fuente:** (Monter Espinosa, 2007).

- Con el transcurso de los minutos en el contorno de los granos de cemento se forma una membrana gelatinosa, la cual priva temporalmente la hidratación, de manera que es posible transportar y moldear la mezcla de hormigón antes que empiece su fraguado (Monter Espinosa, 2007).

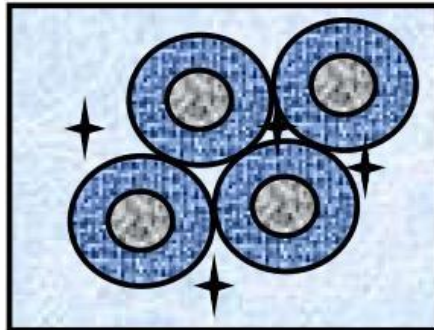
### Ilustración 2.2 Formación de películas alrededor de los granos de cemento



**Fuente:** (Monter Espinosa, 2007).

- Al continuar la hidratación del cemento la película poco a poco aumenta de tamaño, se crean puntos de contacto que impiden el movimiento de los granos, así, empieza su rigidización. También, en esta etapa se presencian cristales de hidróxido de calcio (Monter Espinosa, 2007).

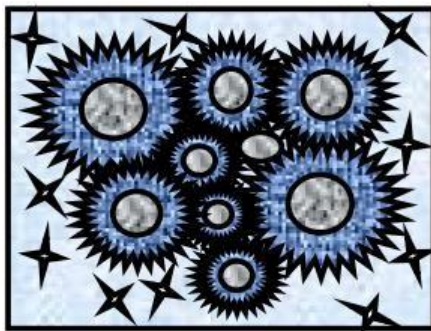
### Ilustración 2.3 Formación de películas alrededor de los granos de cemento



**Fuente:** (Monter Espinosa, 2007).

- Para esta etapa se evidencia la creación de filamentos tubulares en la película gelatinosa formando una trama que aglutina los granos en el proceso de hidratación, esta induce al endurecimiento para obtener resistencia mecánica (Monter Espinosa, 2007).

### Ilustración 2.4 Endurecimiento de la mezcla



Fuente: (Monter Espinosa, 2007).

#### 2.3.5. Relación (A/C) en comparativa con la resistencia a compresión.

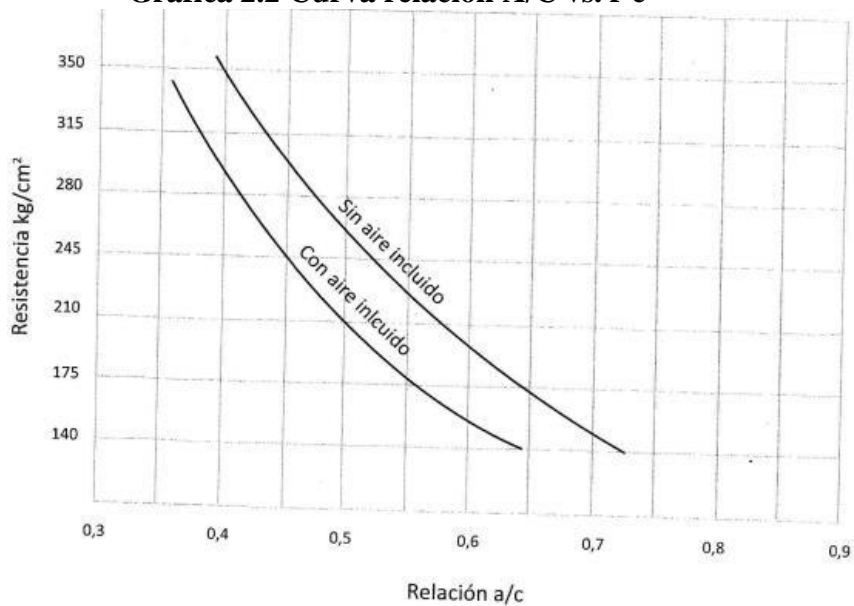
La resistencia del hormigón depende de las propiedades de los áridos, la pasta de cemento y la adherencia entre ambos materiales. La adherencia entre el agregado y el cemento va progresivamente en función de la hidratación del cemento, pero puede verse afectada por factores como su forma, tamaño de las partículas y textura superficial (Monter Espinosa, 2007).

Por su parte, en referencia a la resistencia de la pasta es el factor que determinará la resistencia del hormigón misma que es producto de la asimilación de agua de los granos de cemento. Esta presenta crecimiento acelerado en las primeras semanas a causa después de concebir la mezcla y va disminuyendo su velocidad conforme pasa el tiempo, sin embargo, si las condiciones de hidratación y temperatura son óptimas la adquisición de resistencia puede prolongarse por meses e incluso años (Monter Espinosa, 2007).

En la práctica de la ingeniería, presumiblemente el  $f'c$  del hormigón a una edad determinada depende esencialmente de la relación A/C y grado de compactación, es decir, la proporción de espacios disponibles (Neville, 2013). Siguiendo la misma línea, la ocupación del espacio disponible en la pasta es directamente proporcional con el aumento de la cuantía de agua y es menor la ocupación del cemento por lo que una gran parte de la mezcla permanece libre de gel del cemento, aumentando de esta manera su porosidad (Neville, 2013).

Como señala Monter “En términos generales, la resistencia mecánica de la pasta de cemento hidratada depende de la cuantía de su porosidad total debida a los poros intrínsecos del gel y los poros capilares hidratados” (2007, p. 3). De esta manera se desata la teoría a mayor relación A/C, menor resistencia y viceversa, evidenciado en la Gráfica 2.2.

**Gráfica 2.2 Curva relación A/C vs.  $f'c$**



**Fuente:** (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

#### 2.4. Hormigón hidráulico

El hormigón es un material que se asemeja a una roca, se consigue producto de una mezcla proporcionada de cemento portland, agregados pétreos y agua. Dicha mezcla, después de presentar una consistencia plástica, en pocas horas cambia a un estado rígido con la forma y dimensionamiento requerido (Nilson, 2001).

El comportamiento mecánico y las características del hormigón son dependientes de la calidad y dosificación de los materiales con la cual se concebirá la mezcla. El hormigón es un material que se caracteriza por su alta resistencia a la compresión, mientras que presenta fragilidad y debilidad extrema a sollicitaciones de tracción de la misma manera que las piedras naturales no deterioradas (Romo Proaño, 2008).

## 2.5. Diseño de mezclas hormigón.

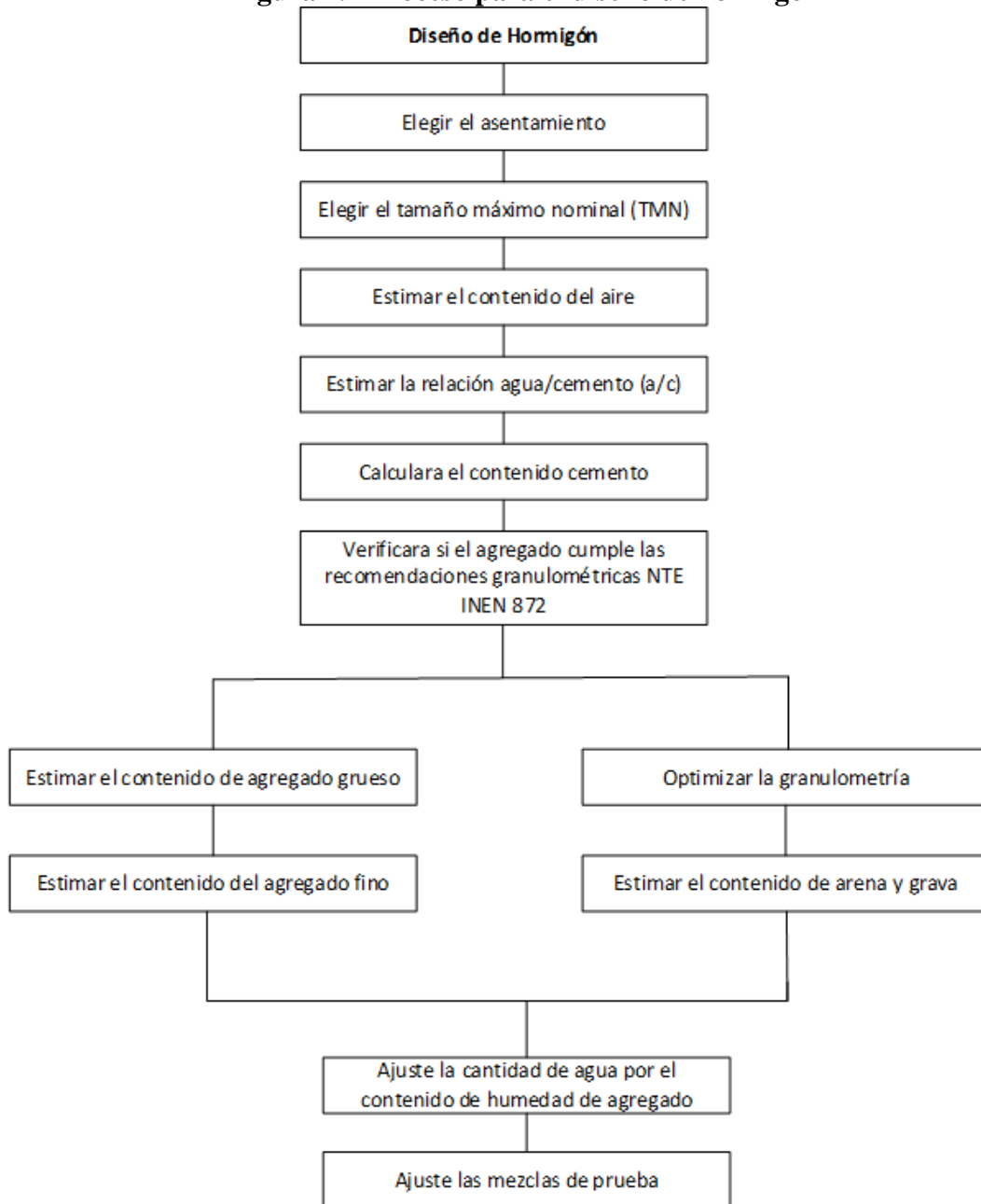
El adecuado diseño debe seguir el siguiente procedimiento que estipula la ACI 211.1:

- **Elección del asentamiento:** Este se escoge según el elemento estructural a elaborar y de igual manera el tipo de compactación que se va a emplear. La tabla (9) en **Anexo A. Tablas Bibliográficas**, puede evidenciar algunos valores de asentamientos.
- **Elección del tamaño máximo nominal:** Es importante considerar este parámetro debido a que puede limitar algunos agregados para el empleo de las estructuras, por lo cual previo al diseño de mezclas se deben considerar los siguientes puntos:
  - No debe exceder (1/5) de la menor separación del encofrado.
  - No debe exceder (1/3) de la altura de la losa.
  - No debe exceder  $\frac{3}{4}$  partes del espacio mínimo libre entre las varillas (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).
- **Valoración de contenido de aire:** Durante el proceso de elaboración de miembros estructurales y vibrado del hormigón no se puede expulsar todos los extractos de aire encontrados en el hormigón, por lo cual dentro del diseño se considera un porcentaje aproximado de aire atrapado. La tabla (10) en **Anexo A. Tablas Bibliográficas** ejemplifica lo mencionado (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).
- **Estimación de cantidad de agua:** Para la elaboración de la mezcla se determina a través de la tabla (11) en **Anexo A. Tablas Bibliográficas**, misma que se basa en el tamaño máximo nominal del árido y, de igual manera, el asentamiento que en puntos anteriores ya se determinó.

- **Elección de la relación (A/C):** Previo a estipular la relación es necesario saber la resistencia a la compresión que va a ser diseñado el hormigón (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010). La Gráfica 2.2 corresponde a lo manifestado.
- **Cálculo de cemento:** Luego de haber determinado la relación A/C se determina la magnitud de cemento que se necesita respecto a la necesidad de agua estimada anteriormente.
- **Verificación de la granulometría:** Los agregados que se emplean para la elaboración del hormigón deben cumplir ciertos requisitos como la distribución granulométrica que se indica en la normativa NTE INEN 872 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).
- **Estimación de los agregados:** Se estima, a través de las ecuaciones que estipula el proceso de diseño ACI 211.1, los resultados previos como densidades y pesos específicos que determina la cantidad idónea para el empleo de las mezclas.

Finalmente, la Figura 2.1 detalla un resumen de los procesos a emplearse para el diseño de mezclas.

**Figura 2.1 Proceso para el diseño de hormigón**



**Fuente:** (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010).

## 2.6. Importancia de la relación A/C en el hormigón.

Considerar el contenido de agua en una mezcla guarda un íntimo vínculo con el cemento ya que es responsable de muchas propiedades que presentará el hormigón como producto final. A

sabiendas que, el aumento de agua en una mezcla de hormigón produce beneficios en cuanto a la trabajabilidad y plasticidad en la mano de obra, el incremento de agua genera una disminución de resistencia debido al cambio de volumen y espacios vacíos que en ella se producen. Es decir, los esfuerzos mecánicos y demás propiedades del hormigón, varían inversamente a su relación A/C (Guevara Fallas , y otros, 2012).

Consecuentemente, de acuerdo con la siguiente tabla se puede corroborar que la resistencia a compresión simple del hormigón depende significativamente de su relación A/C.

Tabla 2.2 **Influencia de la relación agua/cemento en la resistencia del concreto.**

<i>A/C</i>	<i>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</i>
0.36	420
0.40	370
0.45	340
0.50	295
0.55	275
0.60	230
0.65	220
0.70	185
0.75	165
0.80	140

**Fuente:** (Guevara Fallas , y otros, 2012).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

El proceso fue el siguiente, de cada relación A/C se fabricaron 10 muestras cilíndricas de 10 cm de diámetro por 20 cm de alto por tipo de cemento. Esta investigación estadísticamente no requiere de un “Diseño de Experimentos” al tener una variable de entrada y como resultado se obtendrá una variable de salida. Dichos cilindros serán ensayados en el laboratorio a la edad de 28 días, después de haberse fabricados y sometidos a curado, con el uso de la prensa hidráulica para determinar su valor cuantitativo  $f'c$ .

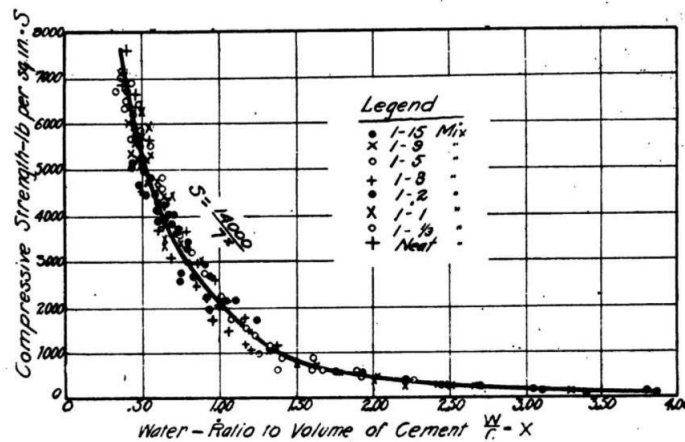
En consecuencia, de los resultados obtenidos conforme lo reflejado en los ensayos a compresión simple del hormigón, es necesario realizar un ajuste de curva con el método de mínimos cuadrados.

La manera práctica de generar una función de ajuste es graficando por tabulación los puntos, es así que se determinó que Abrams usó un ajuste de curva a través de una regresión exponencial, para ello fue necesario aplicar su expresión que se detalla a continuación:

$$R = \frac{A}{B^{A/C}} \rightarrow R = \frac{14000}{7^{A/C}}$$

Ecuación 3.1

**Gráfica 3.1 Relación entre la resistencia del concreto con el contenido de agua**



Fuente: Desing of concrete mixtures (Duff, 1919, pág. 3).

Los ensayos de Abrams determinaron que la resistencia del hormigón disminuía conforme se incrementa la relación (A/C). La función que representa de mejor forma esta correlación es la de una curva exponencial decreciente de la forma mostrada en la Ecuación 3.1. Para el caso del presente estudio, los resultados sirven para realizar el ajuste a la curva que mejor coeficiente de correlación presente, permitiendo establecer si la tendencia establecida en el estudio de Abrams se replica en esta investigación. En tal razón, es necesario aplicar el procedimiento a varios tipos de curvas hasta encontrar aquella que presente el mayor coeficiente de correlación  $R^2$ .

La expresión de Abrams requiere de un proceso algebraico denominado linealización, cuyo resultado permite facilitar el ajuste, como si se tratara de una regresión lineal. Esto permite encontrar los factores A y B de la ecuación exponencial. Dicho esto, se concluye que la función que mejor se ajusta a la curva establecida por Abrams es la regresión exponencial (Monter Espinosa, 2007).

El proceso realizado se detalla a continuación y la función exponencial en su forma general está dada por la siguiente expresión:

$$f(x) = Ae^{Bx} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Misma que puede transformarse haciendo el uso de logaritmos, expresándose así:

$$\ln f(x) = \ln A + \ln e^{Bx}. \quad \text{Ecuación 3.3}$$

$$\ln(fx) = \ln A + Bx. \quad \text{Ecuación 3.4}$$

Si nombramos a:  $\ln A$  como  $a_0$ , y B como  $a_1$ , reemplazando esto en Ecuación 3.4, tenemos:

$$\ln f(x) = a_0 + a_1 \cdot x \quad \text{Ecuación 3.5}$$

**Donde:**

**A y B**= valores constantes que dependen de la calidad del cemento, edad, sistema de curado y tipo de agregados.

$x$ = Relación agua/cemento (A/C).

Haciendo uso de métodos numéricos con mínimos cuadrados para hallar un ajuste a la curva se obtiene el siguiente sistema matricial, mismo que podrá ser resuelto por cualquier método de resolución de ecuaciones, ya que se obtiene un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas.

$$\begin{vmatrix} M & \sum x \\ \sum x & \sum x^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_0 \\ a_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum \ln y \\ \sum x \ln y \end{vmatrix}$$

Realizando las operaciones correspondientes se obtiene:

$$M a_0 + \sum X a_1 = \sum \ln y \quad \text{Ecuación 3.6}$$

$$\sum X a_0 + \sum X^2 a_1 = \sum X \ln y \quad \text{Ecuación 3.7}$$

**Donde:**

$M$ = Número de muestras de especímenes de hormigón.

$x$ = Relación agua/cemento (A/C).

$y$ = Resistencia a la compresión simple ( $f'c$ ).

Obtenidos los resultados de las propiedades mecánicas de los agregados y verificando el cumplimiento de todos los requisitos detallados en las normas anteriormente definidas, se procedió a dosificar una mezcla de hormigón de prueba, conforme detalla el método de dosificación dado por el ACI en su comité 211.1. Con aquella dosificación se extrajo 4 muestras de hormigón, 2 por cada tipo de cemento, mismas que fueron ensayadas a compresión simple a los 7 días para obtener una proyección de resistencia a los 28 días.

La determinación de humedades antes de realizar la dosificación es de suma importancia, debido a que determinará la cantidad de agua neta necesaria para el hormigón. Sumada al

porcentaje de absorción es importante para no alterar la mezcla con cantidades inadecuadas de agua.

Realizado lo mencionado, se obtuvo las mezclas de hormigón pertenecientes a cada relación A/C. A continuación, partiendo de la mezcla de prueba y empleando la Ecuación 4.8 se varió la cantidad de cemento para los distintos porcentajes de A/C manteniendo constante la cantidad de agua.

$$\% = \frac{Agua}{Cemento} \qquad \text{Ecuación 3.8}$$

Después de fabricar los cilindros, se procedió a realizar el curado durante 28 días como estipula la norma técnica, para luego ser ensayados en la prensa a compresión simple.

Obtenidos los resultados de las resistencias se realiza el ajuste de curva descrito anteriormente y se obtiene la curva exponencial de resistencia a compresión simple a través de la relación A/C para cada tipología de cemento en investigación.

## CAPÍTULO IV

### 4. Análisis y Resultados

#### 4.1. Análisis de resultados

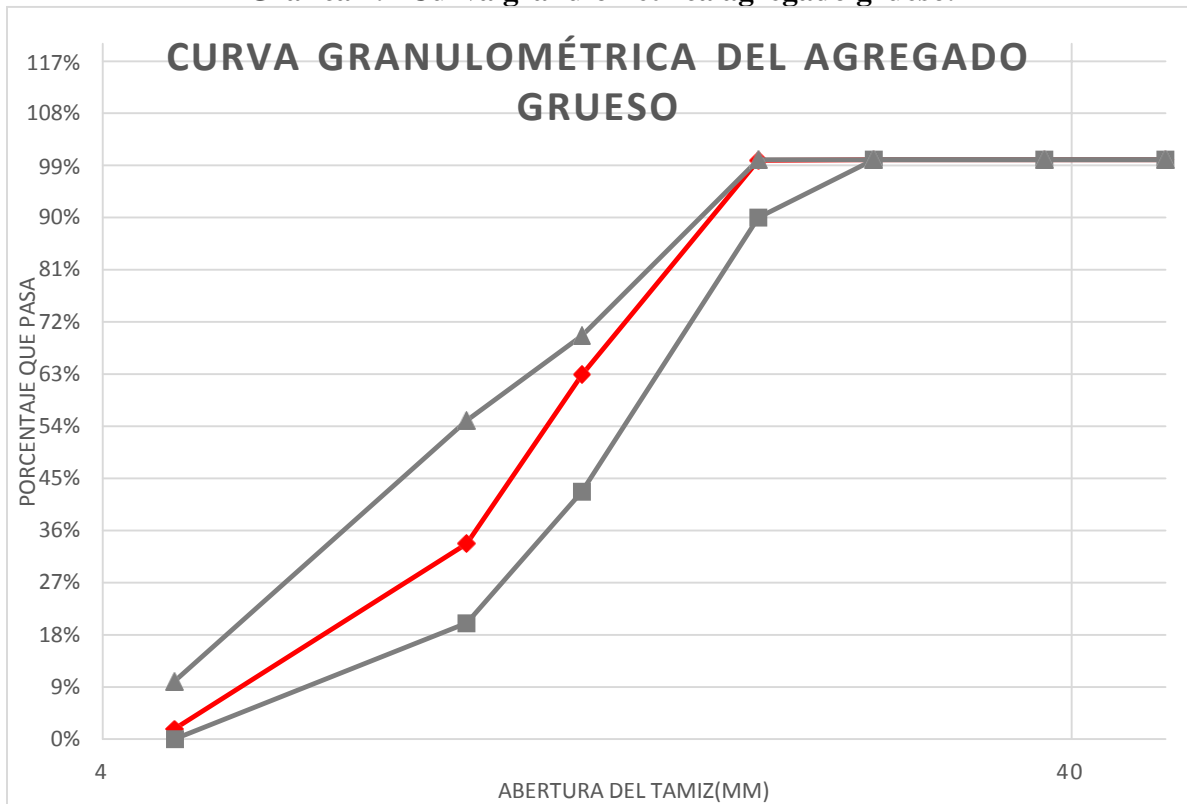
Los ensayos granulométricos se realizaron estrictamente como estipula la norma, de esta manera se validan si exclusivamente cumplen con los parámetros y valores requeridos. Después de ensayado el árido grueso se concibe los siguientes resultados demostrados en la siguiente gráfica:

**Gráfica 4.1 Ensayo granulométrico del árido grueso.**

Agregado Grueso								
#TAMIZ		Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	%Pasa	Norma INEN 872		Cumple Norma INEN 872
ISO	ASTM(mm)							
2	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	CUMPLE
1 1/2	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	CUMPLE
1	25	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	CUMPLE
3/4	19	10.00	0.15%	0.15%	99.85%	90%	100%	CUMPLE
1/2	12.5	2510.00	36.97%	37.11%	62.89%	43%	70%	CUMPLE
3/8	9.5	1980.00	29.16%	66.27%	33.73%	20%	55%	CUMPLE
#4	4.75	2170.00	31.96%	98.23%	1.77%	0%	10%	CUMPLE
Fondo	Fondo	120.00	1.77%	100.00%	0.00%			
TOTAL		6790.00						
Peso inicial muestra		6815.00						
% de pérdidas		0.37%						

**Fuente:** Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 4.2 Curva granulométrica agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

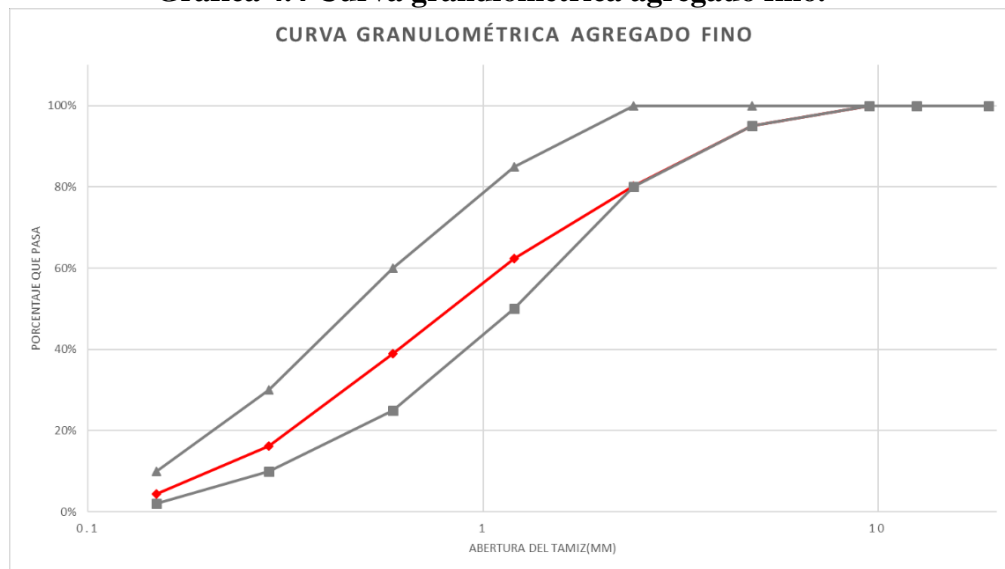
Consecuentemente, ensayado el árido fino se concibe los resultados demostrados en la siguiente gráfica:

**Gráfica 4.3 Ensayo granulométrico del árido fino.**

Agregado Fino								
#TAMIZ		Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	%Pasa	Norma INEN 872		Cumple Norma INEN 872
ISO	ASTM(mm)					100%	100%	
3/4	19.05	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	CUMPLE
1/2	12.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	CUMPLE
3/8	9.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	CUMPLE
4	4.8	41.55	4.90%	4.90%	95.10%	95%	100%	CUMPLE
8	2.4	126.52	14.93%	19.83%	80.17%	80%	100%	CUMPLE
16	1.2	150.35	17.74%	37.57%	62.43%	50%	85%	CUMPLE
30	0.59	199.00	23.48%	61.05%	38.95%	25%	60%	CUMPLE
50	0.287	192.71	22.74%	83.79%	16.21%	10%	30%	CUMPLE
100	0.149	99.92	11.79%	95.58%	4.42%	2%	10%	CUMPLE
Fondo	Fondo	37.45	4.42%	100.00%	0.00%			
TOTAL		847.50						
Peso inicial muestra		848.00						
% de pérdidas		0.06%						
Modulo de Finura		3.03	Ligeramnete grueso		CUMPLE			

Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 4.4 Curva granulométrica agregado fino.**



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, las humedades de los áridos fueron obtenidas antes de realizar las dosificaciones de hormigón, sus valores obtenidos se evidencian en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Cuadro de humedades**

HUMEDAD 19/10/20									
Agregado Grueso					Agregado Fino				
Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad	Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad
1	1272.17	1253.27	77.98	1.61%	6	1137.63	1093.63	75.45	4.32%
2	1203.7	1186.3	70.27	1.56%	3	1123.94	1079.71	74.85	4.40%
%Humedad				1.58%	% Humedad				4.36%

HUMEDAD 22/10/20									
Agregado Grueso					Agregado Fino				
Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad	Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad
1	1594.76	1578.42	78	1.09%	6	648.67	628.88	34.69	3.33%
2	1338.7	1325.58	70.76	1.05%	3	671.92	648.82	43.35	3.82%
%Humedad				1.07%	% Humedad				3.57%

HUMEDAD 26/10/20									
Agregado Grueso					Agregado Fino				
Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad	Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad
1	993.16	981.9	76.39	1.24%	6	656.28	620.46	70.69	6.52%
2	869.94	861.2	75.42	1.11%	3	626.77	584.8	77.94	8.28%
%Humedad				1.18%	% Humedad				7.40%

HUMEDAD 28/10/20									
Agregado Grueso					Agregado Fino				
Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad	Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad
1	852.98	844.98	75.42	1.04%	6	602.88	551.32	78.42	10.90%
2	878.47	870.39	76.41	1.02%	3	576.75	526.11	79	11.33%
%Humedad				1.03%	% Humedad				11.11%

HUMEDAD 29/10/20									
Agregado Grueso					Agregado Fino				
Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad	Nº Tarro	Peso Humedo + Tarro	Peso Seco + Tarro	Peso Tarro	Contenido de Humedad
1	852.98	844.98	75.42	1.04%	6	543.97	494.07	79.02	12.02%
2	878.47	870.39	76.41	1.02%	3	567.97	512.33	78.43	12.82%
%Humedad				1.03%	% Humedad				12.42%

**Fuente:** Elaboración propia.

De semejante manera, en la Tabla 4.2. se detallan las densidades y porcentaje de absorción del árido grueso.

**Tabla 4.2 Cuadro de densidades y absorción del agregado grueso.**

Masa al aire de la muestra seca la horno,g:	2950.9 gr
Masa al aire de la muestra saturada superficialmente seca,g:	3000.0 gr
Masa aparente de la muestra saturada en agua, g:	1887.0 gr

Densidad relativa (gravedad especifica)(SH), kg/m <sup>3</sup>	2.65
Densidad relativa (gravedad especifica) (SSS)	2.70
Densidad relativa aparente ( gravedad especifica aparente)	2.77
Densidad (SH) kg/m <sup>3</sup>	2644.67
Densidad (SSS) kg/m <sup>3</sup>	2688.68
Densidad aparente (SH) kg/m <sup>3</sup>	2766.73
Absorción %:	1.66%

**Fuente:** Elaboración propia.

A su vez, las densidades y absorción del agregado fino se determinan en la Tabla 4.3.

**Tabla 4.3 Cuadro de densidades y absorción del agregado fino**

Masa de la muestra seca al horno, gr	486.6 gr
Masa del picnómetro lleno con agua, hasta la marca de calibración, gr	1211.1 gr
Masa del picnómetro lleno con muestra y agua, gr	1520.0 gr
Masa de la muestra saturada superficialmente seca, gr:	500.0 gr

Densidad relativa (gravedad específica)(SH)	2.55
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	2.62
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	2.74
Densidad (SH) kg/m <sup>3</sup>	2539.49
Densidad (SSS) kg/m <sup>3</sup>	2609.21
Densidad aparente (SH) kg/m <sup>3</sup>	2730.32
Absorción %:	2.75%

**Fuente:** Elaboración propia

El ensayo de pesos volumétricos y valores de vacíos del agregado grueso se presenta en la  
Tabla 4.4

**Tabla 4.4 Masa unitaria (peso volumétrico) y porcentaje de vacíos del agregado grueso.**

Gc	masa unitaria compactada del árido más el molde, kg	29280.0	gr
Gs	masa unitaria suelta del árido suelto más el molde, kg	28100.0	gr
T	masa del molde; kg	14910.0	gr
V	Volumen del molde; m <sup>3</sup>	0.0	m <sup>3</sup>

Masa unitaria (peso volumétrico) compacta del árido, kg/m <sup>3</sup>	1501.57
Masa unitaria (peso volumétrico) suelta del árido, kg/m <sup>3</sup>	1378.27

Gc	masa unitaria compactada del árido más el molde, kg	29260.0	gr
Gs	masa unitaria suelta del árido suelto más el molde, kg	28140.0	gr
T	masa del molde; kg	14910.0	gr
V	Volumen del molde; m <sup>3</sup>	0.0	m <sup>3</sup>

Masa unitaria (peso volumétrico) compacta del árido, kg/m <sup>3</sup>	1499.48
Masa unitaria (peso volumétrico) suelta del árido, kg/m <sup>3</sup>	1382.45

Peso volumétrico compactado	1501.57	kg/m <sup>3</sup>
Peso volumétrico suelto	1380.36	kg/m <sup>3</sup>

Gc	masa unitaria compactada del árido más el molde, kg	29300.0	gr
Gs	masa unitaria suelta del árido suelto más el molde, kg	28120.0	gr
T	masa del molde; kg	14910.0	gr
V	Volumen del molde; m <sup>3</sup>	0.0	m <sup>3</sup>

Masa unitaria (peso volumétrico) compacta del árido, kg/m <sup>3</sup>	1503.66
Masa unitaria (peso volumétrico) suelta del árido, kg/m <sup>3</sup>	1380.36

**Fuente:** Elaboración propia.

De la misma manera el ensayo de pesos volumétricos y valores de vacíos del agregado fino se presenta en la Tabla 4.5

**Tabla 4.5 Masa unitaria (peso volumétrico) y porcentaje de vacíos del agregado fino.**

Gc	masa unitaria compactada del árido más el molde, kg	11180.0	gr
Gs	masa unitaria suelta del árido suelto más el molde, kg	10943.0	gr
T	masa del molde; kg	6104.0	gr
V	Volumen del molde; m3	0.0	m <sup>3</sup>

Masa unitaria (peso volumétrico) compacta del árido, kg/m3	1720.68
Masa unitaria (peso volumétrico) suelta del árido, kg/m3	1640.34

Gc	masa unitaria compactada del árido más el molde, kg	11141.0	gr
Gs	masa unitaria suelta del árido suelto más el molde, kg	10922.0	gr
T	masa del molde; kg	6104.0	gr
V	Volumen del molde; m3	0.0	m <sup>3</sup>

Masa unitaria (peso volumétrico) compacta del árido, kg/m3	1707.46
Masa unitaria (peso volumétrico) suelta del árido, kg/m3	1633.22

Peso volumétrico compactado	1720.79	kg/m3
Peso volumétrico suelto	1639.89	kg/m3

Gc	masa unitaria compactada del árido más el molde, kg	11220.0	gr
Gs	masa unitaria suelta del árido suelto más el molde, kg	10960.0	gr
T	masa del molde; kg	6104.0	gr
V	Volumen del molde; m3	0.0	m <sup>3</sup>

Masa unitaria (peso volumétrico) compacta del árido, kg/m3	1734.24
Masa unitaria (peso volumétrico) suelta del árido, kg/m3	1646.10

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, determinadas las propiedades físicas y mecánicas de los áridos se procedió a dosificar la mezcla de hormigón por el método ACI 211.1, la cual sirvió de base para todas las mezclas utilizadas en el experimento, modificando únicamente el contenido de cemento. Demostrando, la dosificación base para  $1\text{m}^3$  de hormigón en la Tabla 4.6.

**Tabla 4.6 Dosificación mezcla de hormigón.**

Arena 45%, Grava 55%				
MATERIAL	PESO: SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por: lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	187.29	189.10	6.56 Kg
CEMENTO	310.00	310.00	103.33	10.85 Kg
ARENA DE RIO	830.79	837.33	318.41	29.31 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.59	389.16	36.46 Kg
TOTAL	2376.22	2376.22	1000	83.2

Relación a/c	0.61
--------------	------

Peso unitario	2376	Kg./cm <sup>3</sup>
---------------	------	---------------------

Asentamiento (cm)	7.5-10
-------------------	--------

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenidos los  $f^c$  de todas las muestras ensayadas a compresión simple a la edad de 28 días, se procedió a realizar el ajuste de curva aplicando el procedimiento con mínimos cuadrados en la regresión exponencial. Cabe destacar que las dosificaciones por cada relación A/C y las resistencias obtenidas en cada muestra por cada relación A/C se presentan en la sección Anexos.

A continuación, se presenta el cálculo y los resultados encontrados pertenecientes a cada tipo de cemento. 1) El cálculo de la correlación entre la resistencia a compresión simple y la relación A/C en el ensayo realizado con cemento Guapán Tipo GU se detalla en la Tabla 4.7

**Tabla 4.7 Cálculo correlación Cemento Guapán.**

CEMENTO GUAPÁN					
	x	Y	x <sup>2</sup>	lnY	x.lnY
1	0.3	412	0.09	6.021925	1.8065775
2	0.3	420	0.09	6.039141	1.8117422
3	0.3	450	0.09	6.109634	1.8328901
4	0.3	437	0.09	6.080405	1.8241215
5	0.3	428	0.09	6.059208	1.8177623
6	0.3	440	0.09	6.086088	1.8258264
7	0.3	420	0.09	6.039141	1.8117422
8	0.3	442	0.09	6.090665	1.8271994
9	0.3	449	0.09	6.107927	1.8323780
10	0.3	425	0.09	6.052308	1.8156924
11	0.4	337	0.16	5.821382	2.3285529
12	0.4	337	0.16	5.821031	2.3284126
13	0.4	351	0.16	5.861065	2.3444259
14	0.4	352	0.16	5.862858	2.3451433
15	0.4	351	0.16	5.861758	2.3447033
16	0.4	358	0.16	5.879354	2.3517417
17	0.4	337	0.16	5.820067	2.3280268
18	0.4	361	0.16	5.888424	2.3553695
19	0.4	356	0.16	5.875759	2.3503036
20	0.4	353	0.16	5.865884	2.3463536
21	0.5	230	0.25	5.436187	2.7180933
22	0.5	219	0.25	5.388477	2.6942387
23	0.5	219	0.25	5.387547	2.6937737
24	0.5	233	0.25	5.449534	2.7247670
25	0.5	231	0.25	5.440577	2.7202887
26	0.5	233	0.25	5.449330	2.7246651
27	0.5	235	0.25	5.459214	2.7296070
28	0.5	236	0.25	5.465158	2.7325791
29	0.5	234	0.25	5.454868	2.7274342
30	0.5	233	0.25	5.451126	2.7255630
31	0.6	174	0.36	5.156377	3.0938261
32	0.6	171	0.36	5.144479	3.0866874
33	0.6	170	0.36	5.133551	3.0801308
34	0.6	176	0.36	5.173160	3.1038963
35	0.6	179	0.36	5.187496	3.1124975
36	0.6	162	0.36	5.088525	3.0531152
37	0.6	181	0.36	5.198609	3.1191653
38	0.6	178	0.36	5.183705	3.1102230
39	0.6	181	0.36	5.200338	3.1202029
40	0.6	181	0.36	5.198052	3.1188313
41	0.7	98	0.49	4.580162	3.2061131
42	0.7	87	0.49	4.468398	3.1278788
43	0.7	103	0.49	4.631063	3.2417442
44	0.7	91	0.49	4.506024	3.1542170
45	0.7	103	0.49	4.638480	3.2469358
46	0.7	105	0.49	4.649369	3.2545583
47	0.7	102	0.49	4.623591	3.2365138
48	0.7	104	0.49	4.640940	3.2486578
49	0.7	106	0.49	4.666717	3.2667021
50	0.7	101	0.49	4.617238	3.2320668
51	0.8	73	0.64	4.295087	3.4360696
52	0.8	71	0.64	4.266916	3.4135329
53	0.8	81	0.64	4.394178	3.5153424
54	0.8	78	0.64	4.354573	3.4836582
55	0.8	78	0.64	4.350798	3.4806381
56	0.8	71	0.64	4.268700	3.4149602
57	0.8	76	0.64	4.327492	3.4619938
58	0.8	79	0.64	4.363848	3.4910787
59	0.8	77	0.64	4.344243	3.4753945
60	0.8	77	0.64	4.345804	3.4766431
<b>M</b>	<b>Σx</b>	<b>ΣY</b>	<b>Σx<sup>2</sup></b>	<b>ΣlnY</b>	<b>Σx.lnY</b>
60	33	13630.97105	19.9	314.623958	166.6832502

60	ao +	33	a1	=	314.623958	Ec1
33	ao +	19.9	a1	=	166.6832502	Ec2

ao	a1	=
60	33	314.623958
33	19.9	166.68325

Matriz Inversa	
0.18952381	-0.314285714
-0.314285714	0.571428571

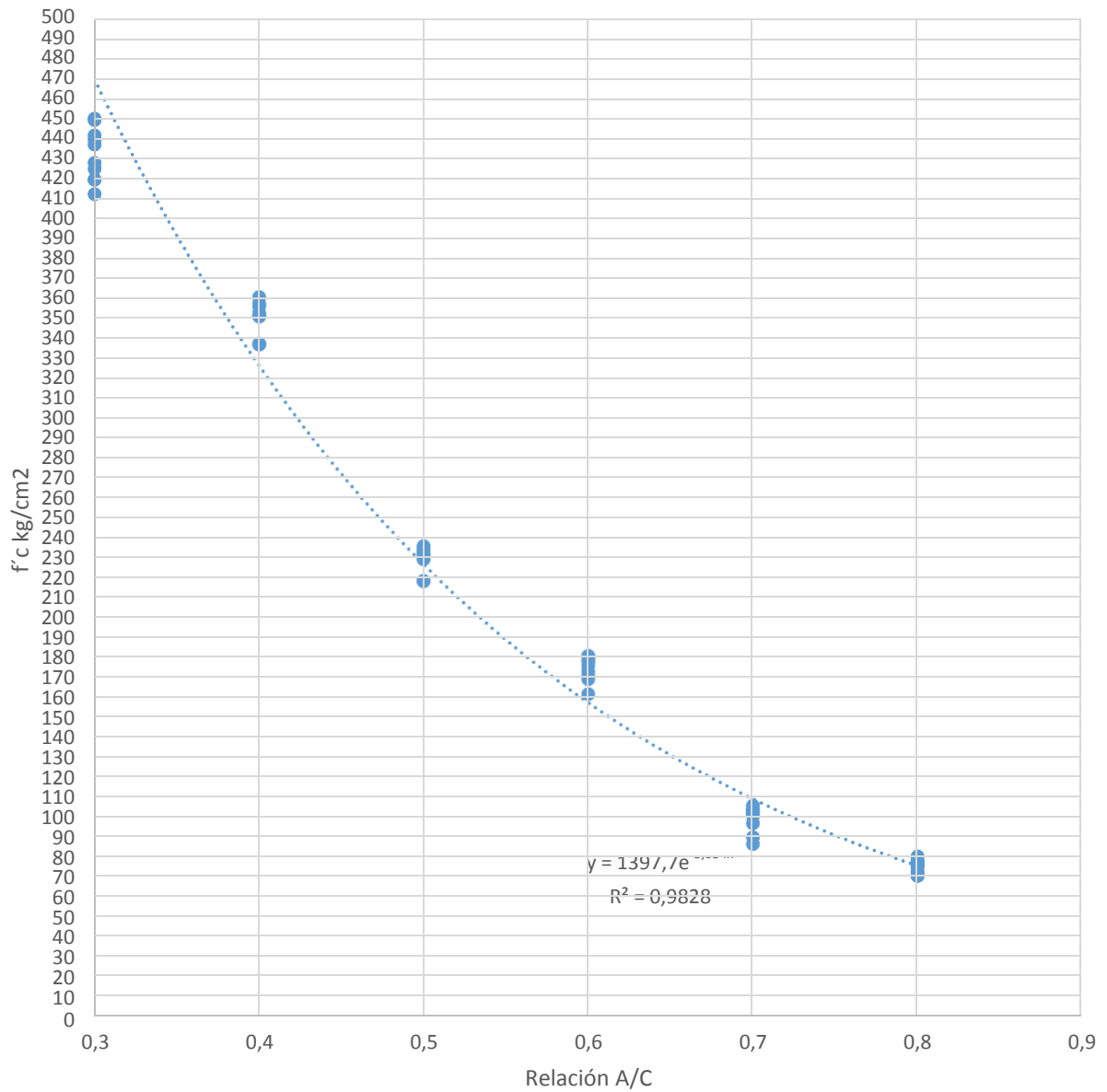
Resultado	
ao	7.24257
a1	-3.63424

A= $e^{ao}$	A=	1397.67682	→	$f(x) = A \cdot e^{B \cdot x} \rightarrow f(x) = 1397.68 \cdot e^{-3.63 \cdot x}$
B= a1	B=	-3.63424		

x (A/C)	y (f'c)
0.3	470
0.4	327
0.5	227
0.6	158
0.7	110
0.8	76

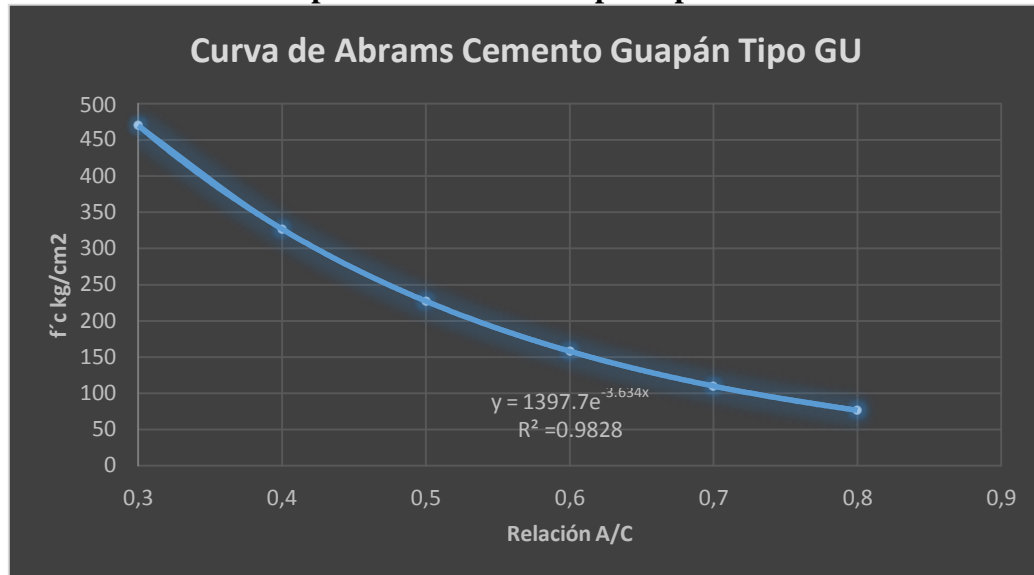
**Fuente:** Elaboración propia.

Gráfica 4.5 Ajuste de curva Cemento Guapán  
CEMENTO GUAPÁN TIPO GU.



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 4.6 Correlación entre la resistencia a compresión simple del hormigón y la relación A/C para el cemento Guapán tipo GU.**



**Fuente:** Elaboración propia.

2) De la misma manera, el cálculo de la correlación entre la resistencia a compresión simple y la relación A/C perteneciente al ensayo realizado con cemento Holcim Tipo HE se detalla en la Tabla 4.8

**Tabla 4.8 Cálculo correlación Cemento Holcim.**

CEMENTO HOLCIM					
	x	Y	x <sup>2</sup>	lnY	x.lnY
1	0.3	572	0.09	6.349730	1.9049191
2	0.3	557	0.09	6.321923	1.8965770
3	0.3	562	0.09	6.330915	1.8992746
4	0.3	551	0.09	6.310985	1.8932954
5	0.3	563	0.09	6.333277	1.8999832
6	0.3	563	0.09	6.333786	1.9001359
7	0.3	569	0.09	6.344035	1.9032104
8	0.3	581	0.09	6.364118	1.9092355
9	0.3	589	0.09	6.378735	1.9136205
10	0.3	574	0.09	6.352331	1.9056993
11	0.4	468	0.16	6.148451	2.4593803
12	0.4	471	0.16	6.154382	2.4617528
13	0.4	468	0.16	6.148992	2.4595968
14	0.4	461	0.16	6.133725	2.4534898
15	0.4	471	0.16	6.154527	2.4618107
16	0.4	465	0.16	6.142205	2.4568820
17	0.4	481	0.16	6.175929	2.4703718
18	0.4	464	0.16	6.138993	2.4555972
19	0.4	458	0.16	6.127391	2.4509563
20	0.4	471	0.16	6.153986	2.4615943
21	0.5	382	0.25	5.945578	2.9727889
22	0.5	379	0.25	5.936535	2.9682673
23	0.5	384	0.25	5.951152	2.9755758
24	0.5	383	0.25	5.946775	2.9733873
25	0.5	380	0.25	5.941431	2.9707153
26	0.5	377	0.25	5.932411	2.9662056
27	0.5	384	0.25	5.951244	2.9756218
28	0.5	381	0.25	5.943117	2.9715584
29	0.5	381	0.25	5.943998	2.9719991
30	0.5	382	0.25	5.944813	2.9724063
31	0.6	259	0.36	5.557722	3.3346331
32	0.6	255	0.36	5.541382	3.3248292
33	0.6	260	0.36	5.561745	3.3370471
34	0.6	246	0.36	5.503770	3.3022623
35	0.6	263	0.36	5.573317	3.3439900
36	0.6	261	0.36	5.562990	3.3377937
37	0.6	258	0.36	5.552304	3.3313826
38	0.6	257	0.36	5.550822	3.3304931
39	0.6	266	0.36	5.584589	3.3507537
40	0.6	259	0.36	5.557230	3.3343383
41	0.7	147	0.49	4.990633	3.4934430
42	0.7	130	0.49	4.868496	3.4079473
43	0.7	142	0.49	4.954692	3.4682843
44	0.7	137	0.49	4.919565	3.4436954
45	0.7	138	0.49	4.923696	3.4465870
46	0.7	143	0.49	4.964843	3.4753902
47	0.7	145	0.49	4.974816	3.4823709
48	0.7	146	0.49	4.985627	3.4899387
49	0.7	142	0.49	4.954405	3.4680832
50	0.7	153	0.49	5.032384	3.5226688
51	0.8	146	0.64	4.980391	3.9843128
52	0.8	141	0.64	4.945675	3.9565397
53	0.8	146	0.64	4.980633	3.9845063
54	0.8	131	0.64	4.876655	3.9013244
55	0.8	150	0.64	5.011484	4.0091869
56	0.8	146	0.64	4.981629	3.9853030
57	0.8	133	0.64	4.887877	3.9103013
58	0.8	134	0.64	4.900275	3.9202203
59	0.8	152	0.64	5.026077	4.0208619
60	0.8	144	0.64	4.966855	3.9734843
M	$\Sigma x$	$\Sigma Y$	$\Sigma x^2$	$\Sigma \ln Y$	$\Sigma x \cdot \ln Y$
60	33	19600.47838	19.9	339.008046	181.0078814

60	$a_0 +$	33	$a_1$	=	339.0080462	Ec1
33	$a_0 +$	19.9	$a_1$	=	181.0078814	Ec2

$a_0$	$a_1$	=
60	33	339.008046
33	19.9	181.007881

Matriz Inversa	
0.18952381	-0.314285714
-0.314285714	0.571428571

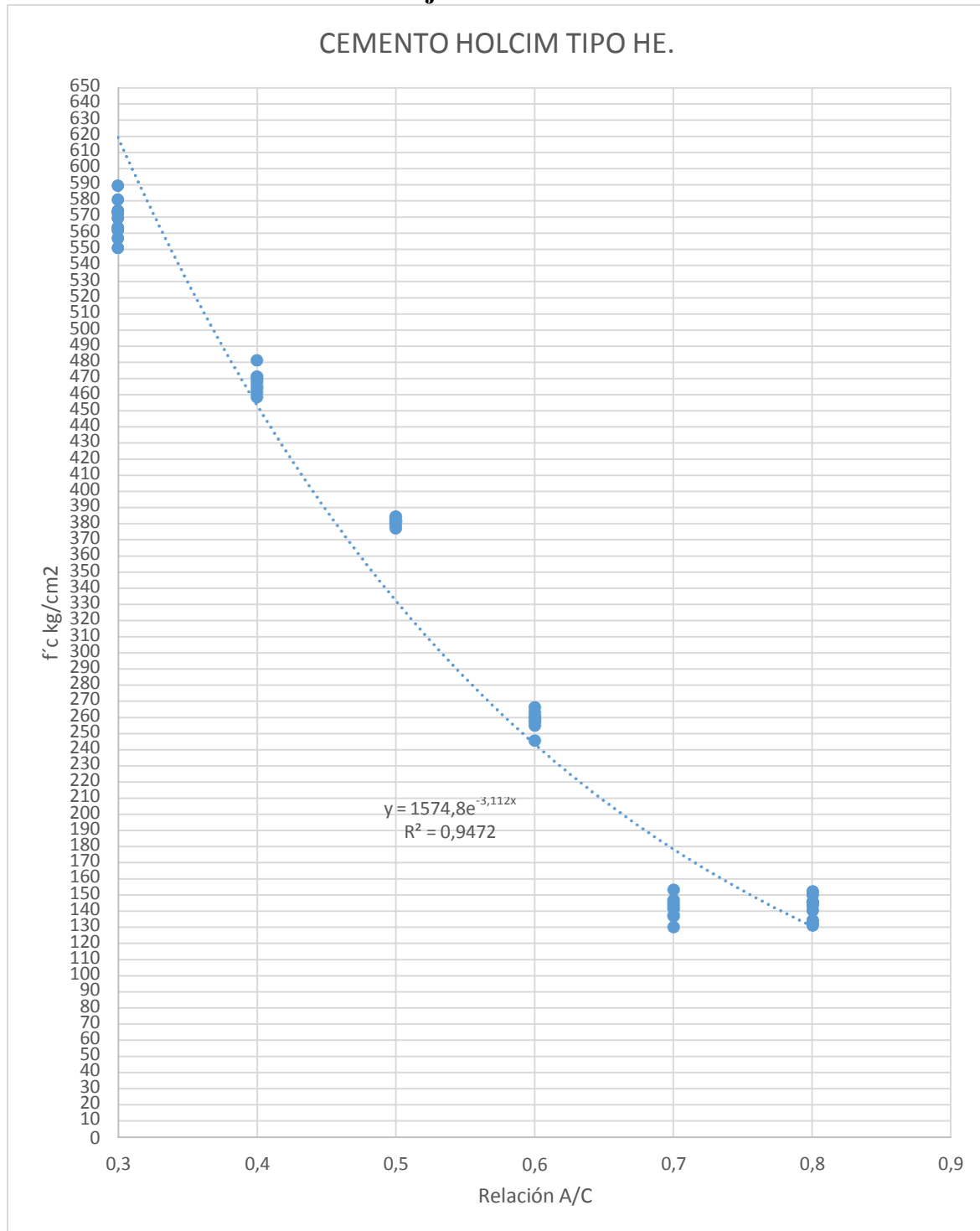
Resultado	
$a_0$	7.36191
$a_1$	-3.11231

$A = e^{a_0}$	A=	1574.83387	→	$f(x) = A \cdot e^{B \cdot x} \rightarrow f(x) = 1574.83 \cdot e^{-3.11 \cdot x}$
B= $a_1$	B=	-3.11231		

x (A/C)	y (f'c)
0.3	619
0.4	453
0.5	332
0.6	243
0.7	178
0.8	131

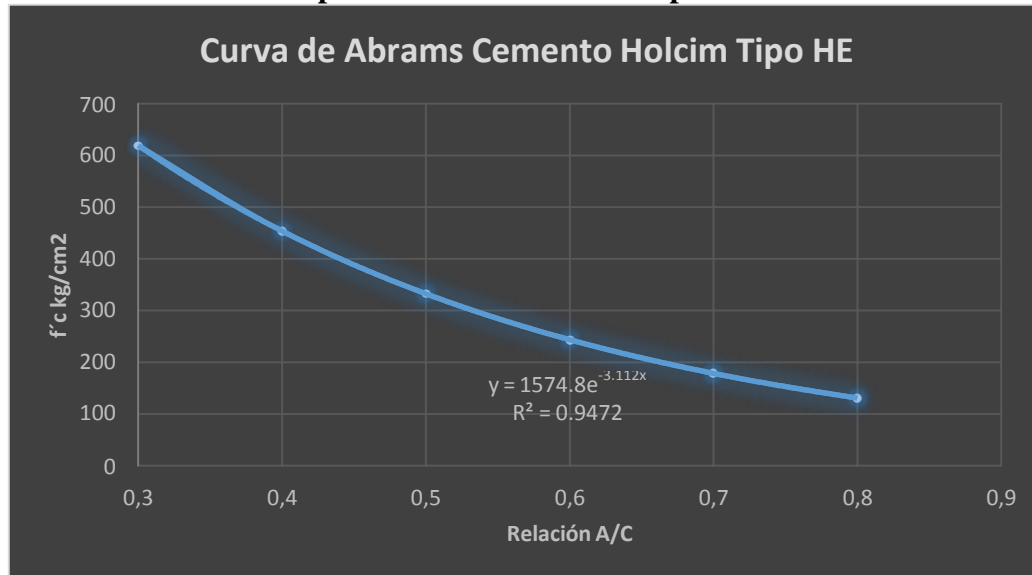
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 4.7 Ajuste de curva Cemento Holcim**



**Fuente:** Elaboración propia.

**Gráfica 4.8 Correlación entre la resistencia a compresión simple del hormigón y la relación A/C para el cemento Holcim tipo HE.**



**Fuente:** Elaboración propia.

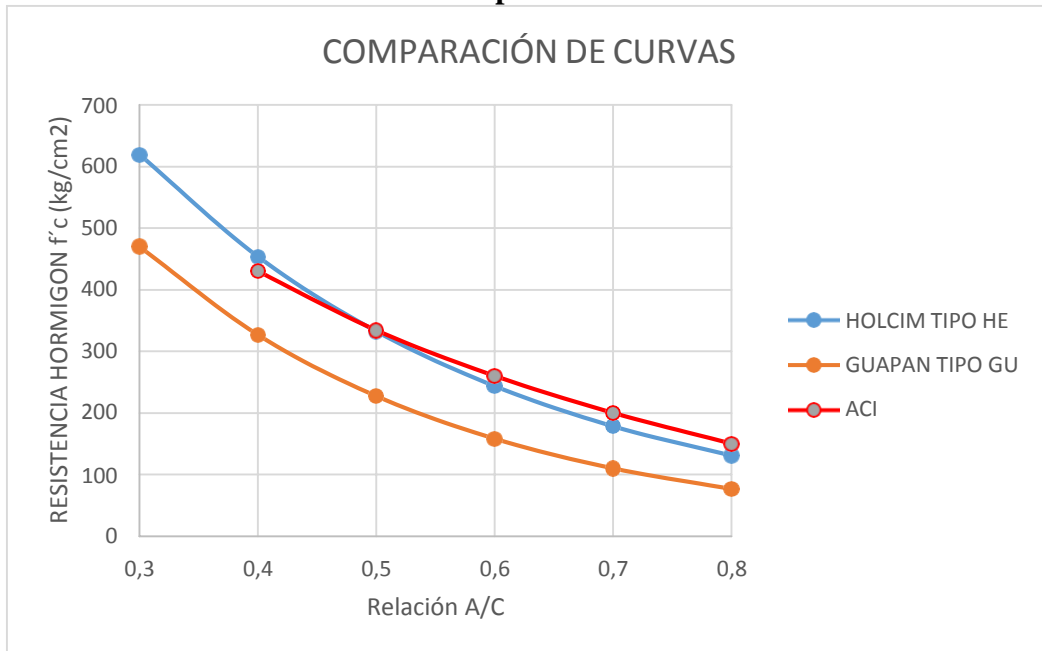
Consecuentemente con la obtención de las correlaciones pertenecientes a cada tipo de cemento se realizó una comparativa con la curva propuesta por el ACI. Ella puede observarse en la Tabla 4.9.

**Tabla 4.9 Cuadro comparativo.**

x (A/C)	y (f'c HOLCIM)	y (f'c GUAPAN)	y (f'c ACI)
0.3	619	470	
0.4	453	327	430
0.5	332	227	334
0.6	243	158	260
0.7	178	110	200
0.8	131	76	150

**Fuente:** Elaboración propia.

Gráfica 4.9 Comparación de curvas



Fuente: Elaboración propia.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

En consonancia a los resultados alcanzados en este trabajo, se concluye que la correlación entre la resistencia a compresión simple del hormigón y la relación A/C difieren en comparación a la propuesta por el A.C.I 211.1 de acuerdo con los dos tipos de cemento usados, esto se debe a que la proporción A/C contra su correspondiente de resistencia a compresión simple se encuentra en función del tipo de cemento a usarse.

El análisis individual el cemento Guapán Tipo Gu, presentó resistencias menores a las propuestas en la curva del A.C.I 211.1 en un 65%. El detalle en relaciones A/C: 0.4, 0.5, 0.6 la diferencia de resistencias con la propuesta por el A.C.I son menores en un 69%, mientras que en relaciones de 0.7 y 0.8 las resistencias son menores también y difieren en un 53%.

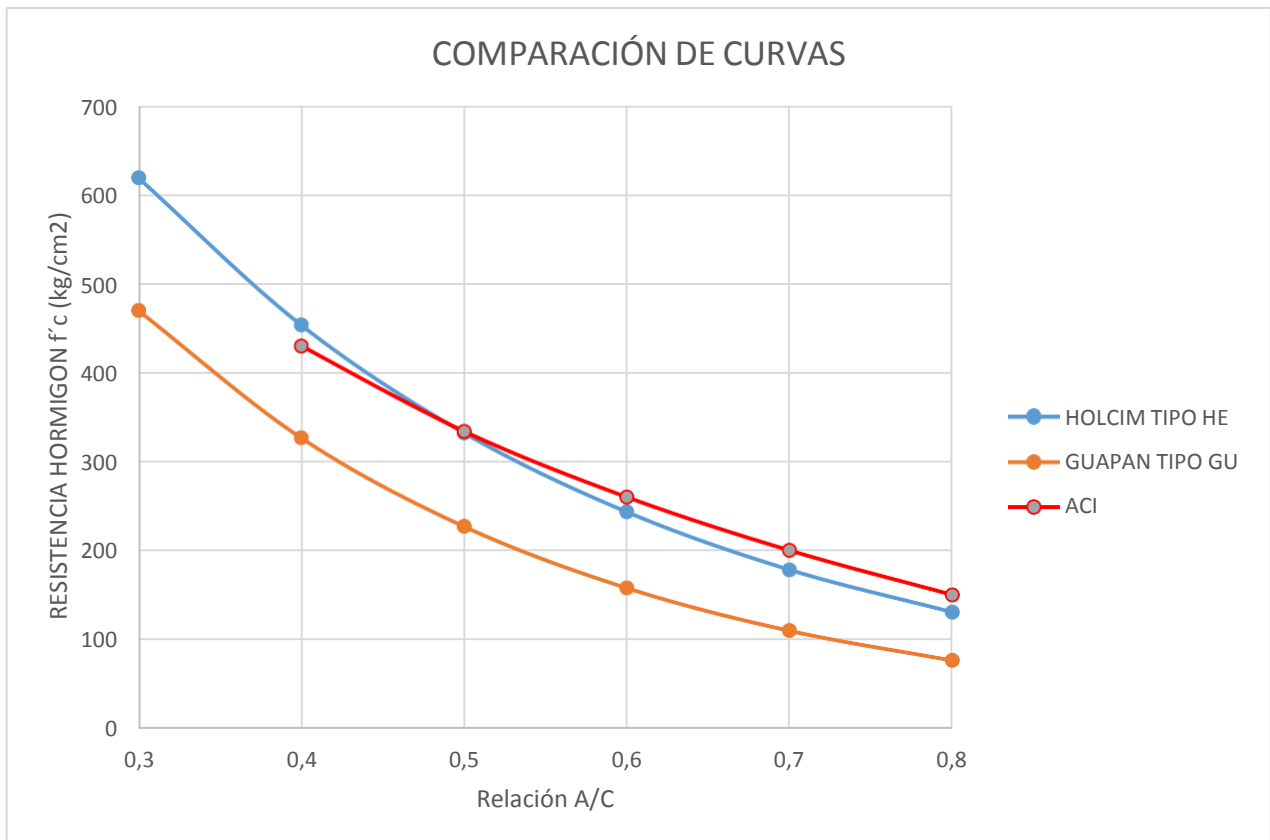
A su vez, ensayado la correlación con el cemento Holcim Tipo HE se evidencia un ajuste de valores de resistencia más cercanos a los propuestos por el A.C.I. En la relación A/C 0.4 existe un aumento del 5% respecto a la brindada por el A.C.I, mientras que, en las demás relaciones se presenta una diferencia menor de únicamente 8%, de manera que hay un ajuste de alta proximidad; sin embargo y a pesar de su alta coincidencia no se puede decir que la del A.C.I es igual a la obtenida, ya que en la práctica profesional puede provocar problemas serios al no alcanzar resistencias requeridas en miembros estructurales.

De acuerdo con la bibliografía dotada por Abrams la manera correcta para realizar el ajuste de curva es a través de regresión exponencial, mas no de una función polinómica. No obstante, existen estudios realizados con funciones polinómicas con el propósito de que la curva arroje el menor error ( $R^2$ ), lo cual no es correcto por lo anteriormente mencionado.

La comparativa de las curvas estudiadas arrojó resultados correspondientes a las materias primas usadas comúnmente en la zona de estudio, por lo que el aporte significativo de esta experimentación es evidenciar datos reales que podrán generar un ajuste óptimo que economice y mejore los procesos de dosificación de mezclas.

En síntesis, el resultado perteneciente a esta investigación se puede expresar de manera práctica en la siguiente gráfica.

x (A/C)	y (f'c HOLCIM)	y (f'c GUAPAN)	y (f'c ACI)
0.3	619	470	
0.4	453	327	430
0.5	332	227	334
0.6	243	158	260
0.7	178	110	200
0.8	131	76	150



## 5.2 Recomendaciones

Las conclusiones evidencian que los tipos de cemento son los recursos que determinan la resistencia del hormigón, por lo que desde la propuesta del autor para replicar estos resultados obtenidos en la práctica es conveniente usar las correlaciones alcanzadas en esta tesis. Por último, se demuestra que la complementariedad ideal de dicho proceso implica una conjunción de acuerdo con los tipos de cementos y áridos por lo que se recomienda realizar estudios con otros tipos de áridos y cementos que existen en el Ecuador.

La divulgación de dichas correlaciones servirá a productores de hormigón para optimizar consumo de cemento de manera racional mas no empírica y mejorar de esta manera costos de fabricación de hormigones.

## 6. Referencias Bibliográficas

- Abril Gavilanes, B. E. (2016). *Determinación de la resistencia a compresión de hormigón preparado con policarbonato, vidrio templado y hormigón reciclado*. Ambato, Tungurahua, Ecuador : Universidad Técnica de Ambato.
- ACI Committee 211. (2002). *Standard Practice for Selecting Proportions for*. American Concrete Institute.
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto. (2010). *Tecnología del Concreto Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*. Bogotá: Asociación Colombiana de Productores de Concreto.
- Bolívar, O. G. (2003). *Manual de Agregados para el Hormigón* (Segunda ed.). Medellín, Colombia.
- Duff, A. (1919). *Desing of Concrete Mixtures*. Chicago: Structural Materials Research Laboratory.
- Guevara Fallas , G., Hidalgo Madrigal, C., Pizarro García , M., Rodríguez Valenciano, I., Rojas Vega , L. D., & Segura Gúzman, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tegnología en Marcha*, 80-86.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción* (Segunda ed.). Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2010). *Cement Portland Requisitos* (Primera ed.). Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Técnico de Normalización.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2011). *Cemento Hidráulico Requisitos de Desempeño para Cementos Hidráulicos* (Primera ed.). Quito, Pichincha, Ecuador : Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *Áridos. Muestreo*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Áridos para hormigón. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Áridos. Análisis Granulométrico en los Áridos, fino y grueso*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Cementos Hidráulicos Compuestos Requisitos NTE INEN 490*. Quito, Pichincha, Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Skokie, Illinois: Cement Portland Association .

Mamlouk M. & Zaniewski, M. S. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. Pearson Prentice Hall.

Monter Espinosa, O. I. (2007). *Revisión y en su caso replanteamiento de la Curva de Abrams, para obtener la resistencia a compresión del concreto hidráulico, mediante la relación*

- A/C en algunos de los nuevos tipos de cemento establecidos en la norma mexicana NMX-C-414-ONNCCE-1999.* Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nawy, E. G. (1990). *Concreto reforzado un enfoque básico* (Primera ed.). California, Estados Unidos: Prentice Hall.
- Neville, A. (2013). *Tecnología del Concreto*. México D.F.: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.
- Nilson, A. (2001). *Diseño de Estructuras de Concreto*. Bogotá: Quebecor World Bogotá S.A.
- Palacios Heras, L. G., & Sosa Sandoval, R. A. (2017). *Evaluación de la calidad del concreto usando en construcciones informales en la ciudad de Eten, provincia de Chiclayo, región Lambayeque en el año 2017*. Eten, Perú.
- Puya García, G. (2004). *Control integral de la edificación. Tomo II Construcción- Interventoria de obra* (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Bhandar Editores.
- Quiroz , M., & Salamanca , L. (2006). *APOYO DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE EN LA ASIGNACIÓN DE "TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN"*. COCHABAMBA, BOLIVIA : UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON.
- Rivera, G. A. (2002). *Concreto Simple*. Cuaca, Perú: Universidd de Cauca.
- Romo Proaño, M. (2008). *Temas de Hormigón Armado*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército .

## Anexo A. Tablas Bibliográficas

**Tabla (1). Tipos de cementos portland.**

<i>Tipo</i>	<i>Características</i>
I	Se lo utiliza en hormigones normales que no estarán expuestos a sulfatos en el ambiente, en el suelo o en el agua del subsuelo.
II	El cemento genera menor calor de fraguado, a una velocidad menor que el tipo I. Presenta una resistencia moderada a los sulfatos.
III	Son los cementos de fraguado rápido. Requiere de especial cuidado debido a que el calor de fraguado se emite con mayor rapidez.
IV	Son cementos de fraguado lento, que producen poco calor de hidratación, durante mayor tiempo. El tiempo que requieren para alcanzar la resistencia especificada es mayor que en el cemento tipo I (56 días, 84 días).
V	Son cementos resistentes a los sulfatos que pueden estar presentes en los agregados del hormigón o en el propio medio ambiente.

**Tabla (2). Tipos de cementos compuestos.**

<i>Tipo</i>	<i>Características</i>
IS	Cemento portland de escoria de altos hornos.
IP	Cemento portland Puzolánico.
IT	Cemento compuesto ternario.

**Tabla (3). Tipos de cementos hidráulicos.**

<i>Tipo</i>	<i>Características</i>
GU	Para construcción en general.
HE	Alta resistencia inicial.
MS	Moderada resistencia a los sulfatos.
HS	Alta resistencia a los sulfatos.
MH	Moderado calor de hidratación.
LH	Bajo calor de hidratación.

**Tabla (4). Densidad de los agregados.**

<i>Tipo</i>	<i>Densidad (mg/m<sup>3</sup>)</i>
Pesado	2.9 – 6.0
Liviano	0.2 – 1.6
Normales	2.4 y 2.8

**Tabla (5). Clasificación general del agregado según su tamaño.**

<i>Tamaño de las partículas (mm)</i>	<i>Denominación</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Utilización del agregado en el hormigón</i>
Inferior a 0.002	Arcilla	Fracción muy fina.	No recomendable.
0.002 - 0.074	Limo	Fracción muy fina.	Recomendable hasta un porcentaje definido
0.074 - 4.76	Arenas	Agregado fino.	Material apto para hormigones y morteros
4.76 - 19.1	Grava ¾"	Agregado grueso.	Material apto para hormigón armado y pretensado
19.1 - 50.8	Grava 2"	Agregado grueso.	Material apto para hormigón armado para cimentaciones
Superior a 50.8	Piedra	Agregado grueso.	Material apto para hormigón sin refuerzo

**Tabla (6). Clasificación de los agregados según su forma.**

<i>Textura superficial</i>	<i>Características</i>
Vítrea	Fractura concoidal.
Lisa	Desgastada por el agua o lisa debido a fractura de roca laminada o de grano fino.
Granular	Fractura que muestra granos más o menos redondeados en forma uniforme.
Áspera	Fractura áspera de granos finos o medianos que contengan parte cristalinas difíciles de detectar.
Cristalina	Con partes cristalinas fáciles de detectar.
En forma de panal	Con cavidades y poros visibles

**Tabla (7). Clasificación del agregado fino de acuerdo al módulo de finura.**

<i>Módulo de finura</i>	<i>Agregado Fino</i>
Menor que 2.00	Muy fino o extrafino
2.00 – 2.30	Fino
2.30 – 2.60	Ligeramente fino
2.60 – 2.90	Mediano
2.90 – 3.20	Ligeramente grueso
3.20 – 3.50	Grueso
Mayor que 3.50	Muy grueso o extra grueso

**Tabla (8). Límites permisibles para agua de mezcla.**

<i>Descripción</i>	<i>Límite permitido</i>		
Sólidos en suspensión	ppm.	5000	máximo
Materia orgánica	ppm.	3	máximo
Alcalinidad	ppm.	1000	máximo
Sulfato	ppm.	600	máximo
Cloruros	ppm.	1000	máximo
PH	ppm.	5 a 8	

**Tabla (9). Valores de asentamiento recomendados.**

<b>Asentamiento (cm)</b>	<b>Consistencia</b>	<b>Grado de trabajabilidad</b>
0 – 2.0	Muy seca	Muy pequeña
2.0 – 3.5	Seca	Pequeño
3.5 – 5.0	Semi – seca	Pequeño
5.0 – 10.0	Media	Medio
10.0 – 15.0	Húmeda	Alto

**Tabla (10). Contenido aproximado de aire en el concreto para varios grados de exposición y tamaños del agregado.**

TAMAÑOS MAX. AGREGADO GRUESO		PORCENTAJE APROXIMADO DE AIRE ATRAPADO	PORCENTAJE TOTAL DE AIRE RECOMENDADO PARA VARIOS GRADOS DE EXPOSICIÓN		
Pulg	Mm		Suave	Moderado	Severo
3/8	9,5	3,0	4,5	6,0	7,5
1/2	12,5	2,5	4,0	5,5	7,0
3/4	19	2,0	3,5	5,0	6,0
1	25	1,5	3,0	4,5	6,0
1 1/2	38	1,0	2,5	4,5	5,5
2	50,8	0,5	2,0	4,0	4,0
3	76,1	0,2	1,5	3,5	4,5
6	152,4	0,2	1,0	3,0	4,0

**Tabla (11). Estimación de cantidad de agua.**

Condición del contenido de aire	Asentamiento (cm)	Agua en kg/m <sup>3</sup> de concreto para los TMN del agregado indicados							
		10	12.5	20	25	40	50	70	150
Concreto sin aire incluido	3 a 5	205	200	185	180	160	155	145	125
	8 a 10	225	215	200	195	175	170	160	140
	15 a 18	240	230	210	205	185	180	170	...
	Cantidad aproximada de aire atrapado en concreto sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido	3 a 5	180	175	165	160	145	140	135	120
	8 a 10	200	190	180	175	160	155	150	135
	15 a 18	215	205	190	185	170	165	160	...
	Promedio recomendable de contenido total de aire, por ciento	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

## Anexo B. Dosificación de mezclas para cada relación A/C.

### Dosificaciones Cemento Guapán Tipo GU.

#### Relación A/C 0.3

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab. 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	3.67 Kg
CEMENTO	630.33	630.33	210.11	22.06 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
<b>TOTAL</b>	<b>2696.55</b>	<b>2696.55</b>	<b>1107</b>	<b>94.0</b>
<b>Relación a/c</b>		<b>0.30</b>	<b>Peso unitario</b> 2697 Kg./cm <sup>3</sup>	

#### Relación A/C 0.4

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab. 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	3.86 Kg
CEMENTO	472.75	472.75	157.58	16.55 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
<b>TOTAL</b>	<b>2538.97</b>	<b>2538.97</b>	<b>1054</b>	<b>88.7</b>
<b>Relación a/c</b>		<b>0.40</b>	<b>Peso unitario</b> 2539 Kg./cm <sup>3</sup>	

#### Relación A/C 0.5

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab. 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	3.98 Kg
CEMENTO	378.20	378.20	126.07	13.24 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
<b>TOTAL</b>	<b>2444.42</b>	<b>2444.42</b>	<b>1023</b>	<b>85.5</b>
<b>Relación a/c</b>		<b>0.50</b>	<b>Peso unitario</b> 2444 Kg./cm <sup>3</sup>	

#### Relación A/C 0.6

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab. 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	4.06 Kg
CEMENTO	315.16	315.16	105.05	11.03 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
<b>TOTAL</b>	<b>2381.38</b>	<b>2381.38</b>	<b>1002</b>	<b>83.3</b>
<b>Relación a/c</b>		<b>0.60</b>	<b>Peso unitario</b> 2381 Kg./cm <sup>3</sup>	

Relación A/C 0.7

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	4.12 Kg
CEMENTO	270.22	270.22	90.07	9.46 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
TOTAL	2336.44	2336.44	987	81.8

Relación a/c	0.70	Peso unitario	2336	Kg./cm <sup>3</sup>
--------------	------	---------------	------	---------------------

Relación A/C 0.8

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	4.17 Kg
CEMENTO	236.45	236.45	78.82	8.28 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
TOTAL	2302.67	2302.67	975	80.7

Relación a/c	0.80	Peso unitario	2303	Kg./cm <sup>3</sup>
--------------	------	---------------	------	---------------------

## Dosificaciones Cemento Holcim Tipo HE.

### Relación A/C 0.3

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	3.67 Kg
CEMENTO	630.33	630.33	210.11	22.06 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
TOTAL	2696.55	2696.55	1107	94.0

Relación a/c **0.30**      Peso unitario 2697 Kg./cm<sup>3</sup>

### Relación A/C 0.4

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	3.86 Kg
CEMENTO	472.75	472.75	157.58	16.55 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
TOTAL	2538.97	2538.97	1054	88.7

Relación a/c **0.40**      Peso unitario 2539 Kg./cm<sup>3</sup>

### Relación A/C 0.5

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	3.98 Kg
CEMENTO	378.20	378.20	126.07	13.24 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
TOTAL	2444.42	2444.42	1023	85.5

Relación a/c **0.50**      Peso unitario 2444 Kg./cm<sup>3</sup>

### Relación A/C 0.6

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	4.06 Kg
CEMENTO	315.16	315.16	105.05	11.03 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
TOTAL	2381.38	2381.38	1002	83.3

Relación a/c **0.60**      Peso unitario 2381 Kg./cm<sup>3</sup>

### Relación A/C 0.7

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	4.12 Kg
CEMENTO	270.22	270.22	90.07	9.46 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
TOTAL	2336.44	2336.44	987	81.8

Relación a/c **0.70**      Peso unitario 2336 Kg./cm<sup>3</sup>

Relación A/C 0.8

MATERIAL	PESO SSS/m <sup>3</sup> Kg	PESO NATURAL/m <sup>3</sup> Kg	Volumen por lts	Peso Lab 35 lts
AGUA	189.10	116.15	189.10	4.17 Kg
CEMENTO	236.45	236.45	78.82	8.28 Kg
ARENA DE RIO	830.79	908.88	318.41	31.81 Kg
PIEDRA 3/4"	1046.33	1041.18	389.16	36.44 Kg
ADITIVO 1	0.00	0.00	0.00	0 g
ADITIVO 2	0.00	0.00	0.00	0 g
TOTAL	2302.67	2302.67	975	80.7

<b>Relación a/c</b>	<b>0.80</b>	<b>Peso unitario</b>	2303 Kg./cm <sup>3</sup>
---------------------	-------------	----------------------	--------------------------

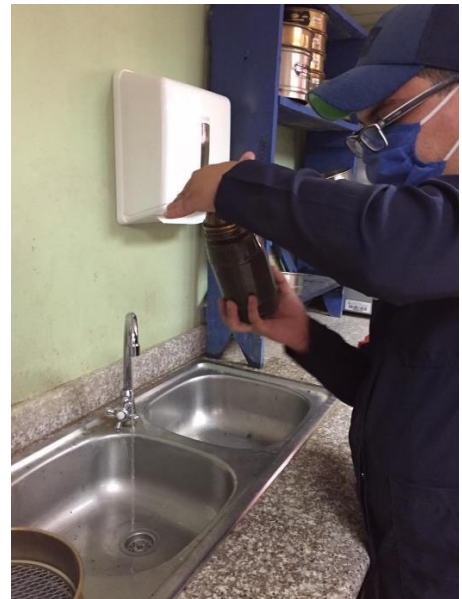
### Anexo C. Resistencia a compresión simple de muestras de hormigón.

RESISTENCIA DE HORMIGÓN CON CEMENTO GUAPAN A 28 DÍAS DE FABRICACIÓN												
AUTOR: JOHN MARCELO CANTOS MUÑOZ												
# MUESTRA	FECHA ELABOR.	FECHA ENSAYO	DÍAS	PESO (Kg)	D.1 (cm)	D.2 (cm)	D. PROMEDIO (cm)	AL. 1 (cm)	AL. 2 (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (Kg)	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )
CEMENTO GUAPAN TIPO GU A/C=0,3												
1	22/10/2020	19/11/2020	28	3.74	10.25	10.2	10.30	20	20	83.32	34360	412.37
2	22/10/2020	19/11/2020	28	3.7	10	10	10.00	20.05	20	78.54	32950	419.53
3	22/10/2020	19/11/2020	28	3.69	10	9.95	9.98	20	20.1	78.15	35180	450.17
4	22/10/2020	19/11/2020	28	3.7	10.05	10	10.03	20.05	20.05	78.93	34510	437.21
5	22/10/2020	19/11/2020	28	3.7	9.95	10	9.98	20	20	78.15	33450	428.04
6	22/10/2020	19/11/2020	28	3.7	10	10.1	10.05	20	20	79.33	34880	439.70
7	22/10/2020	19/11/2020	28	3.7	10	10	10.00	20	20	78.54	32950	419.53
8	22/10/2020	19/11/2020	28	3.7	10	10.1	10.05	20	20	79.33	35040	441.71
9	22/10/2020	19/11/2020	28	3.68	9.95	10	9.98	20	20	78.15	35120	449.41
10	22/10/2020	19/11/2020	28	3.7	9.9	10.05	9.98	20.1	20.1	78.15	33220	425.09
CEMENTO GUAPAN TIPO GU A/C=0,4												
1	22/10/2020	19/11/2020	28	4	10.25	10.3	10.28	20.3	20.3	82.92	27980	337.44
2	22/10/2020	19/11/2020	28	63.91	10.3	10.4	10.35	20	20	84.13	28380	337.32
3	22/10/2020	19/11/2020	28	3.9	10.15	10.3	10.23	20	19.9	82.11	28830	351.10
4	22/10/2020	19/11/2020	28	3.83	10.25	10.21	10.23	20	20	82.19	28910	351.73
5	22/10/2020	19/11/2020	28	3.86	10.2	10.25	10.23	20	20	82.11	28850	351.34
6	22/10/2020	19/11/2020	28	3.91	10.3	10.25	10.28	20	20	82.92	29650	357.58
7	22/10/2020	19/11/2020	28	3.71	10	10.05	10.03	20	20	78.93	26600	336.99
8	22/10/2020	19/11/2020	28	3.71	10	10	10.00	20	20	78.54	28340	360.84
9	22/10/2020	19/11/2020	28	3.91	10.25	10.25	10.25	20	20	82.52	29400	356.29
10	22/10/2020	19/11/2020	28	3.71	10	9.95	9.98	20	20	78.15	27570	352.79
CEMENTO GUAPAN TIPO GU A/C=0,5												
1	26/10/2020	23/11/2020	28	3.72	10	10	10.00	20.1	20	78.54	18030	229.57
2	26/10/2020	23/11/2020	28	3.74	10	10	10.00	20	20.05	78.54	17190	218.87
3	26/10/2020	23/11/2020	28	3.74	10.05	10	10.03	20.1	20	78.93	17260	218.67
4	26/10/2020	23/11/2020	28	3.72	9.9	10	9.95	20	20	77.76	18090	232.65
5	26/10/2020	23/11/2020	28	3.72	10.05	10	10.03	20	20	78.93	18200	230.58
6	26/10/2020	23/11/2020	28	3.73	10.05	10	10.03	20	20	78.93	18360	232.60
7	26/10/2020	23/11/2020	28	3.74	10	10	10.00	20	20	78.54	18450	234.91
8	26/10/2020	23/11/2020	28	3.72	10	10	10.00	19.9	20	78.54	18560	236.31
9	26/10/2020	23/11/2020	28	3.7	10	10	10.00	19.9	20	78.54	18370	233.89
10	26/10/2020	23/11/2020	28	3.73	10	10.05	10.03	19.9	19.9	78.93	18393	233.02
CEMENTO GUAPAN TIPO GU A/C=0,6												
1	26/10/2020	23/11/2020	28	3.9	10.25	10.15	10.20	23	23	81.71	14180	173.53
2	26/10/2020	23/11/2020	28	3.9	10.25	10.25	10.25	20	20	82.52	14150	171.48
3	26/10/2020	23/11/2020	28	3.89	10.2	10.2	10.20	23	23	81.71	13860	169.62
4	26/10/2020	23/11/2020	28	3.86	410.15	10.2	10.20	19.9	20	81.71	14420	176.47
5	26/10/2020	23/11/2020	28	3.87	10.25	10.2	10.23	20	20	82.11	14700	179.02
6	26/10/2020	23/11/2020	28	3.89	10.25	10.25	10.25	19.9	19.9	82.52	13380	162.15
7	26/10/2020	23/11/2020	28	3.88	10.25	10.3	10.28	19.9	19.9	82.92	15010	181.02
8	26/10/2020	23/11/2020	28	3.9	10.3	10.3	10.30	20	20	83.32	14860	178.34
9	26/10/2020	23/11/2020	28	3.97	10.2	10.25	10.23	23	23	82.11	14890	181.33
10	26/10/2020	23/11/2020	28	3.89	10.3	10.15	10.23	23	23	82.11	14856	180.92
CEMENTO GUAPAN TIPO GU A/C=0,7												
1	26/10/2020	23/11/2020	28	3.71	10	10	10.00	19.9	20	78.54	7660	97.53
2	26/10/2020	23/11/2020	28	3.68	10	10	10.00	20	20	78.54	6850	87.22
3	26/10/2020	23/11/2020	28	3.69	10	10	10.00	20	20	78.54	8060	102.62
4	26/10/2020	23/11/2020	28	3.7	10	10.05	10.20	20	20	81.71	7400	90.56
5	26/10/2020	23/11/2020	28	3.67	10	10	10.00	20	20	78.54	8120	103.39
6	26/10/2020	23/11/2020	28	3.7	10	10.05	10.03	20	20	78.93	8250	104.52
7	26/10/2020	23/11/2020	28	3.69	10.05	9.95	10.00	20	20	78.54	8000	101.86
8	26/10/2020	23/11/2020	28	3.69	10	10	10.00	20	20	78.54	8140	103.64
9	26/10/2020	23/11/2020	28	4	10.2	10.2	10.20	22	22	81.71	8690	106.35
10	26/10/2020	23/11/2020	28	3.88	10.15	10.2	10.18	22	22	81.31	8230	101.21
CEMENTO GUAPAN TIPO GU A/C=0,8												
1	29/10/2020	26/11/2020	28	3.68	10.05	9.95	10.00	20	20	78.54	5760	73.34
2	29/10/2020	26/11/2020	28	3.67	10	10	10.00	20	20	78.54	5600	71.30
3	29/10/2020	26/11/2020	28	3.68	10.05	9.95	10.00	20	20	78.54	6360	80.98
4	29/10/2020	26/11/2020	28	3.7	10	9.95	10.20	20	20	81.71	6360	77.83
5	29/10/2020	26/11/2020	28	3.68	10	10	10.00	20	20	78.54	6090	77.54
6	29/10/2020	26/11/2020	28	3.67	10	10	10.00	20	20	78.54	5610	71.43
7	29/10/2020	26/11/2020	28	3.68	10	9.95	9.98	20	20	78.15	5920	75.75
8	29/10/2020	26/11/2020	28	3.68	10	10	10.00	20	20	78.54	6170	78.56
9	29/10/2020	26/11/2020	28	3.66	10	9.95	9.98	20	20	78.15	6020	77.03
10	29/10/2020	26/11/2020	28	3.69	10	10.05	10.03	20	20	78.93	6090	77.15

RESISTENCIA DE HORMIGON CON CEMENTO HOLCIM A 28 DIAS DE FABRICACION												
AUTOR: JOHN MARCELO CANTOS MUÑOZ												
# MUESTRA	FECHA ELABOR.	FECHA ENSAYO	DÍAS	PESO (Kg)	D.1 (cm)	D.2 (cm)	D. PROMEDIO (cm)	AL. 1 (cm)	AL. 2 (cm)	AREA (cm2)	CARGA (Kgf)	f'c (Kg/cm2)
CEMENTO HOLCIM TIPO HE A/C= 0,3												
1	27/10/2020	24/11/2020	28	3.97	10.15	10.15	10.15	23	23	80.91	46310	572.34
2	27/10/2020	24/11/2020	28	3.95	10.15	10.15	10.15	23	23	80.91	45040	556.64
3	27/10/2020	24/11/2020	28	4.05	10.3	10.3	10.30	23	23	83.32	46800	561.67
4	27/10/2020	24/11/2020	28	3.93	10.2	10.2	10.20	23	23	81.71	44990	550.59
5	27/10/2020	24/11/2020	28	3.89	10.25	10.2	10.23	20	20	82.11	46230	563.00
6	27/10/2020	24/11/2020	28	3.97	10.25	10.25	10.25	20	20	82.52	46480	563.29
7	27/10/2020	24/11/2020	28	4.01	10.25	10.2	10.23	23	23	82.11	46730	569.09
8	27/10/2020	24/11/2020	28	3.97	10.3	10.3	10.30	20	20	83.32	48380	580.63
9	27/10/2020	24/11/2020	28	3.96	10.2	10.25	10.23	20	20	82.11	48380	589.18
10	27/10/2020	24/11/2020	28	3.97	10.25	10.25	10.25	20	20	82.52	47350	573.83
CEMENTO HOLCIM TIPO HE A/C= 0,4												
1	27/10/2020	24/11/2020	28	3.76	10.05	10	10.03	20	20.3	78.93	36940	467.99
2	27/10/2020	24/11/2020	28	3.76	9.95	10	9.98	20	20	78.15	36790	470.78
3	27/10/2020	24/11/2020	28	3.77	10.1	9.95	10.03	20	19.9	78.93	36960	468.25
4	27/10/2020	24/11/2020	28	3.76	10	10.05	10.03	20	20	78.93	36400	461.15
5	27/10/2020	24/11/2020	28	3.76	9.95	10.05	10.00	20	20	78.54	36980	470.84
6	27/10/2020	24/11/2020	28	3.77	10	10.05	10.03	20	20	78.93	36710	465.08
7	27/10/2020	24/11/2020	28	3.74	10	10	10.00	20	20	78.54	37780	481.03
8	27/10/2020	24/11/2020	28	3.75	9.95	10.05	10.00	20	20	78.54	36410	463.59
9	27/10/2020	24/11/2020	28	3.76	10	10	10.00	20	20	78.54	35990	458.24
10	27/10/2020	24/11/2020	28	3.76	10.05	9.95	10.00	20	20	78.54	36960	470.59
CEMENTO HOLCIM TIPO HE A/C= 0,5												
1	28/10/2020	25/11/2020	28	3.98	10.3	10.25	10.28	20	21	82.92	31680	382.06
2	28/10/2020	25/11/2020	28	3.91	10.25	10.2	10.23	20	20	82.11	31090	378.62
3	28/10/2020	25/11/2020	28	3.96	10.15	10.2	10.18	23	23	81.31	31240	384.20
4	28/10/2020	25/11/2020	28	3.96	10.2	10.25	10.23	21	20	82.11	31410	382.52
5	28/10/2020	25/11/2020	28	4.02	10.15	10.25	10.20	23	23	81.71	31090	380.48
6	28/10/2020	25/11/2020	28	3.97	10.2	10.15	10.18	21	23	81.31	30660	377.06
7	28/10/2020	25/11/2020	28	4.05	10.3	10.25	10.28	23	23	82.92	31860	384.23
8	28/10/2020	25/11/2020	28	3.99	10.15	10.2	10.18	23	23	81.31	30990	381.12
9	28/10/2020	25/11/2020	28	3.96	10.25	10.3	10.28	20	20	82.92	31630	381.46
10	28/10/2020	25/11/2020	28	4	10.3	10.3	10.30	20	20	83.32	31810	381.77
CEMENTO HOLCIM TIPO HE A/C= 0,6												
1	28/10/2020	25/11/2020	28	3.72	10	10	10.00	20	20	78.54	20360	259.23
2	28/10/2020	25/11/2020	28	3.72	9.95	10	9.98	20	20	78.15	19930	255.03
3	28/10/2020	25/11/2020	28	3.72	10	9.95	9.98	20	20	78.15	20340	260.28
4	28/10/2020	25/11/2020	28	3.73	10	9.95	10.20	20	21	81.71	20070	245.62
5	28/10/2020	25/11/2020	28	3.73	10	10	10.00	19	20	78.54	20680	263.31
6	28/10/2020	25/11/2020	28	3.73	10.05	10	10.03	19	20	78.93	20570	260.60
7	28/10/2020	25/11/2020	28	3.73	10.05	9.95	10.00	20	20	78.54	20250	257.83
8	28/10/2020	25/11/2020	28	3.74	10	10	10.00	20	20	78.54	20220	257.45
9	28/10/2020	25/11/2020	28	3.72	9.95	10	9.98	20	20	78.15	20810	266.29
10	28/10/2020	25/11/2020	28	3.73	10	10	10.00	20	20	78.54	20350	259.10
CEMENTO HOLCIM TIPO HE A/C= 0,7												
1	28/10/2020	25/11/2020	28	3.69	10.05	9.9	9.98	20	20	78.15	11490	147.03
2	28/10/2020	25/11/2020	28	3.72	10	10	10.00	20	20	78.54	10220	130.13
3	28/10/2020	25/11/2020	28	3.71	10.05	9.95	10.00	20	20	78.54	11140	141.84
4	28/10/2020	25/11/2020	28	3.71	10.1	9.95	10.20	20	20	81.71	11190	136.94
5	28/10/2020	25/11/2020	28	3.68	10	10	10.00	20	20	78.54	10800	137.51
6	28/10/2020	25/11/2020	28	3.7	10.05	10	10.03	20	20	78.93	11310	143.29
7	28/10/2020	25/11/2020	28	3.85	10.25	10.05	10.15	20	20	80.91	11710	144.72
8	28/10/2020	25/11/2020	28	3.69	10.05	9.95	10.00	20	20	78.54	11490	146.30
9	28/10/2020	25/11/2020	28	3.9	10.15	10.2	10.18	23	23	81.31	11530	141.80
10	28/10/2020	25/11/2020	28	3.68	10	10	10.00	20	20	78.54	12040	153.30
CEMENTO HOLCIM TIPO HE A/C= 0,8												
1	29/10/2020	26/11/2020	28	3.7	10	10	10.00	20	20	78.54	11430	145.53
2	29/10/2020	26/11/2020	28	3.72	10	10	10.00	20	20	78.54	11040	140.57
3	29/10/2020	26/11/2020	28	3.72	10	10.05	10.03	20	20	78.93	11490	145.57
4	29/10/2020	26/11/2020	28	3.72	10.05	10	10.20	20	20	81.71	10720	131.19
5	29/10/2020	26/11/2020	28	3.7	10	10.05	10.03	20	20	78.93	11850	150.13
6	29/10/2020	26/11/2020	28	3.72	9.9	10	9.95	19	19	77.76	11330	145.71
7	29/10/2020	26/11/2020	28	3.74	10	10	10.00	20	20	78.54	10420	132.67
8	29/10/2020	26/11/2020	28	3.73	10	10	10.00	20	20	78.54	10550	134.33
9	29/10/2020	26/11/2020	28	3.98	10.25	10.25	10.25	23	23	82.52	12570	152.33
10	29/10/2020	26/11/2020	28	3.93	10.1	10.15	10.13	24	24	80.52	11560	143.57

Anexo D. fotografías









## Anexo E. Certificado de laboratorio.



### CERTIFICADO

Azogues, 15 de enero de 2021

Por medio de la presente certifico que, la estudiante **JOHN MARCELO CANTOS MUÑOZ**, con cedula de identidad **0302302419**, elaboró los ensayos correspondientes al trabajo de titulación "**PLANTEAMIENTO DE LA CURVA DE ABRAMS PARA OBTENER LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN A TRAVÉS DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)**" dentro de las instalaciones del Laboratorio de Materiales de Construcción y Mecánica de Suelos de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción, obteniendo resultados fiables.

A petición del solicitante,



Ing. Paúl Illescas C.  
DIRECTOR DEL L.M.C.M.S

## Anexo F. Certificado Antiplagio.



UCACUE-CAVU-UT-2021-006-AP  
Azogues, 20 de enero de 2021

Señor Ingeniero  
Ricardo Romero González  
DIRECTOR DE CARRERA

Señor Ingeniero  
Jorge Crespo Crespo  
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES  
Ciudad

**ASUNTO:** Informe de similitud del trabajo de titulación de la estudiante *Cantos Muñoz John Marcelo*

**REFERENCIA:** OFICIO N° UCCSA-JC-003 -21  
UCACUE-CAVU-UT-2021-003-AP  
OFICIO N° UCCSA-JC-005-21  
UCACUE-CAVU-UT-2021-004-AP  
OFICIO N° UCCSA-JC-006-21

Reciban un cordial y atento saludo; en atención a la solicitud en referencia adjunto al presente el **RESULTADO DE SIMILITUD TURNITIN** del trabajo de titulación: "*Planteamiento de la curva de Abrams para obtener la resistencia a compresión del hormigón, a través de la relación Agua/Cemento (A/C)*", elaborado por la estudiante **CANTOS MUÑOZ JOHN MARCELO**. El resultado presenta un índice de similitud del **SEIS PORCIENTO (6%)**, siendo inferior al límite establecido en el *Reglamento de la Unidad de Titulación*, y en consecuencia **APTO** para continuar con el proceso de titulación. Adjunto el documento completo revisado por el sistema.

CantosMunozE3			
INFORME DE ORIGINALIDAD			
<b>6%</b>	<b>6%</b>	<b>1%</b>	<b>%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
<b>1</b>	<b>bibdigital.epn.edu.ec</b> Fuente de Internet		<b>1%</b>
<b>2</b>	Vivián Andrea Ulloa Mayorga. "Durabilidad de hormigones armados, con árido reciclado: Una evaluación de la corrosión en un ambiente marino", <i>Universitat Politècnica de Valencia, 2012</i> Publicación		<b>1%</b>

Particular que pongo a su conocimiento para fines pertinentes.

Atentamente;  
DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

  
Ing. Cristian Arturo Vintimilla  
RESPONSABLE DE UNIDAD DE TITULACIÓN  
INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES

 Firmado electrónicamente por:  
**CRISTIAN ARTURO VINTIMILLA ULLOA**

[www.ucacue.edu.ec](http://www.ucacue.edu.ec)

## Anexo G. Permiso de autor.



---

### PERMISO DE AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, John Marcelo Cantos Muñoz, portador de la cédula de identidad N.º 0302302419 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Planteamiento de la curva de Abrams para obtener la resistencia a compresión del hormigón, a través de la relación Agua/Cemento (A/C), de conformidad a lo establecido en el artículo del Código de Economía Social de los Componentes, Creatividad e Innovación reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 114 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, 15 de enero de 2021



---

John Marcelo Cantos Muñoz

C.I. 0302302419.

## Anexo H. Certificado de Biblioteca.



### EL BIBLIOTECARIO DE LA SEDE AZOGUES

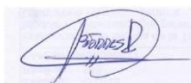
#### CERTIFICA:

Que, **CANTOS MUÑOZ JOHN MARCELO**. Con cédula de ciudadanía **Nro.**

**0302302419** de la carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

No adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, 04 de enero del 2021.



Byron Alonso Torres Romo  
**BIBLIOTECARIO**

Biblioteca Universitaria  
MONS. "FROILAN POZO QUEVEDO"

[www.ucacue.edu.ec](http://www.ucacue.edu.ec)

Cuenca: Av. de las Américas y Tarqui. ☎ Telf: 2830751, 2824365, 2826563 Azogues: Campus Universitario "Luis Cordero El Grande", (Frente al Terminal Terrestre).  
☎ Telf: 593 (7) 2241 - 613, 2243-444, 2245-205, 2241-587 Cañar: Calle Antonio Ávila Clavijo. ☎ Telf: 072235268, 072235870 San Pablo de la Troncal: Cda. Universitaria  
km.72 Quinceava Este y Primera Sur ☎ Telf: 2424110 Macas: Av. Cap. José Villanueva s/n ☎ Telf: 2700393, 2700392