



# **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

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

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

**ANÁLISIS DE LA MANEJABILIDAD DEL HORMIGÓN CON  
MATERIALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE AZOGUES,  
CONSIDERANDO SU CONTENIDO DE AGUA Y ASENTAMIENTO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR: SEBASTIAN PATRICIO TANDAZO PARRA.**

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

**AZOGUES - ECUADOR**

**2021**

*Yo me gradúe 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.**

**ANÁLISIS DE LA MANEJABILIDAD DEL HORMIGÓN CON  
MATERIALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE AZOGUES,  
CONSIDERANDO SU CONTENIDO DE AGUA Y ASENTAMIENTO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR: SEBASTIÁN PATRICIO TANDAZO PARRA.**

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

**AZOGUES - ECUADOR**

**2021**

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

**Declaratoria de Autoría y Responsabilidad**

**Sebastian Patricio Tandazo Parra** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0302197793. Declaro ser el autor de la obra: “**Análisis de la manejabilidad del hormigón con materiales empleados en la ciudad de Azogues, considerando su contenido de Agua y asentamiento**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

**Azogues, 13 de agosto de 2021**



F: .....

**Sebastian Patricio Tandazo Parra**

**C.I. 0302197793**

---

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

Azogues, 13 de agosto de 2021.

ASUNTO: Informe calificación trabajo de titulación.

Ingeniero.

Ricardo Romero G. Mgs.

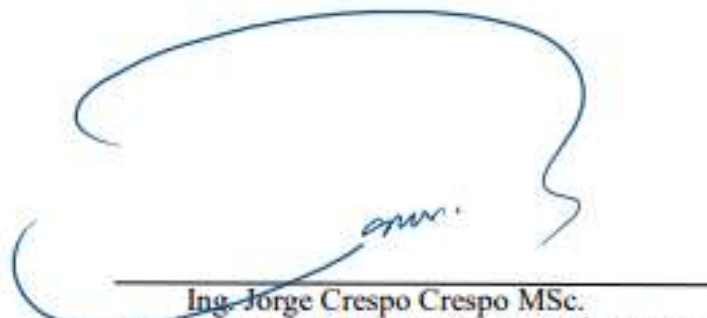
**DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL – SEDE AZOGUES. UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.**

De mi consideración.

Adjunto al presente, sirvase encontrar la rúbrica de evaluación del proceso de trabajo de titulación del estudiante TANDAZO PARRA SEBASTIAN PATRICIO, que fue desarrollado bajo mi tutoría y que se denomina: “ANÁLISIS DE LA MANEJABILIDAD DEL HORMIGÓN CON MATERIALES EMPLEADOS EN LA CIUDAD DE AZOGUES, CONSIDERANDO SU CONTENIDO DE AGUA Y ASENTAMIENTO”. Me permito informar además que, el trabajo ha sido completado en su totalidad bajo mi supervisión y considero que es apto para continuar con los trámites correspondientes para su titulación. La nota final del trabajo escrito obtenida es de 50/50.

Sin otro particular.

Atentamente,



Ing. Jorge Crespo Crespo MSc.  
**DOCENTE FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL.  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA – SEDE AZOGUES**

## **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.*

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

## 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 MIS PADRES:** *Patricio y Rosario; 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 HERMANAS:** *Anghelee y Patricia, 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.*

## RESUMEN

En el diseño de hormigón ha existido una gran controversia por varios años, al momento de elaborar mezclas no se ha podido controlar su asentamiento de manera rigurosa, debido a que dentro de los códigos de diseño solo se mencionan cantidades de agua aproximadas para un rango de asentamientos; además dichos estudios fueron realizados con materiales que se distribuyen en su localidad.

La investigación se orienta a establecer la correlación que existe entre la plasticidad del hormigón y la cantidad de agua que se incorpora, con la finalidad de obtener datos que permita a los diseñadores, contratistas y productores de hormigón, mejorar la caracterización de las mezclas, tomando en cuenta las propiedades de los áridos y cementos que se comercializan en la ciudad de Azogues.

Los ensayos fueron elaborados en laboratorio, en un ambiente controlado y con materiales de excelente calidad, que cumplen con los requisitos que establece el Servicio Ecuatoriano de Normalización, pudiendo plasmar dichos resultados en diversas gráficas en donde se podrá observar los distintos asentamientos que tiene una mezcla en estado fresco en función de la cantidad de agua que se emplea, del tipo de cemento, tamaño y forma del agregado, relación agua cemento (A/C).

Al final del trabajo se mostrará mediante una gráfica que contempla en manera general las curvas de cantidad de agua y asentamiento que se puede obtener de una mezcla, empleando cualesquiera de los dos tipos de cemento y agregados que se usaron en esta investigación.

*Palabras clave:* Agua, agregados, cemento, hormigón, trabajabilidad.

## **ABSTRACT**

Within the design of concrete, there has been a great controversy for a long time, at the moment of elaborating concrete mixtures it has not been possible to control its workability rigorously. Many factors can affect the flowability of concrete mixtures, one of the most important being the amount of water added to the mixture; however, this factor is also related to the physical properties of the aggregates, as well as the cementitious agent used. The immense variety of aggregates and types of cement in the world makes it impractical to standardize a procedure for all existing combinations. Therefore, it is necessary to carry out laboratory tests to determine the behavior of fresh concrete made with locally available materials and under different humidity conditions.

The research is focused on establishing the correlation between the plasticity of the concrete and the amount of water added, to obtain data that will allow designers, contractors, and concrete producers to improve the characterization of the mixtures, considering the properties of the aggregates and types of cement that are marketed in Azogues city. The tests were conducted in a laboratory, in a controlled environment, and with materials of excellent quality, which comply with the requirements established by the Ecuadorian Standardization Service. The results are shown in several graphs and tables where the different settlements of a fresh mix can be observed, depending on the amount of water used, the type of cement, size and shape of the aggregate, as well as the water-cement ratio (A/C).

*Keywords:* Aggregates, water, cement, concrete, workability.

# Tabla de Contenido

I.	Introducción.....	1
A.	Problemática.....	2
B.	Objetivos de la investigación. ....	3
1)	Objetivo general.....	3
2)	Objetivos específicos. ....	3
C.	Justificación.....	4
D.	Delimitación de la investigación.....	5
II.	MARCO TEÓRICO.....	6
E.	Definición de Hormigón.....	6
F.	Componentes del Hormigón. ....	6
3)	Cemento.....	7
a)	Componentes del cemento.....	7
b)	Composición química del cemento.....	7
c)	Clasificación del cemento. ....	8
4)	Agregados. ....	9
d)	Agregado grueso. ....	9
e)	Agregado fino.....	10
f)	Ensayos de agregados.....	10
5)	Agua. ....	11
g)	Requisitos permisibles de agua para hormigón.....	12
h)	Agua evaporable y no evaporable. ....	12
G.	Propiedades del concreto fresco.....	12
6)	Trabajabilidad o manejabilidad.....	13
i)	Factores que afectan la manejabilidad. ....	14
7)	Ensayos para determinar la trabajabilidad.....	17
j)	Ensayo de asentamiento.....	17
k)	Ensayo de remoldeo. ....	18
l)	Ensayo con la bola de Kelly. ....	19

m) Factor de compactación.....	19
8) Segregación.....	20
9) Exudación o sangrado.....	20
III. METODOLOGÍA.....	21
H. Tipo y diseño de investigación.....	21
10) Tipo de investigación.....	21
11) Diseño de investigación.....	21
I. Cantidad de muestras.....	21
J. Técnicas de recolección de datos.....	22
12) Técnicas de recolección.....	22
n) Ensayos de agregados.....	23
o) Ensayo de asentamiento.....	27
13) Instrumento de recolección de datos.....	28
p) Instrumentos en laboratorio.....	28
K. Desarrollo de la investigación.....	29
L. Procesamiento de datos.....	29
IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	30
4.1. Granulometría.....	30
4.1.1. Agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ".....	30
4.1.2. Agregado grueso de $1\frac{1}{2}$ ".....	31
4.1.3. Agregado fino.....	32
4.2. Análisis del asentamiento del hormigón en estado fresco según la relación A/C y el tipo de cemento.	
32	
4.2.1. Cemento Guapán.....	32
4.2.2. Cemento Holcim.....	35
4.3. Análisis del asentamiento del hormigón en estado fresco según el tipo de cemento.....	37
4.3.1. Cemento Guapán.....	37
4.3.2. Cemento Holcim.....	40
4.4. Curva general de asentamiento y requerimiento de agua.....	43

V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
5.1	Conclusiones .....	47
5.2	Recomendaciones.....	48
5.3	Referencias bibliográficas .....	49

## **Lista de Ilustraciones**

Ilustración 1	Componentes del hormigón.....	6
Ilustración 2	Ensayo de asentamiento.....	17
Ilustración 3	Dispositivo de remoldeo de Powers.....	18
Ilustración 4	Ensayo con la bola de Kelly. ....	19
Ilustración 5	Factor de compactación. ....	19
Ilustración 6	Segregación.....	20
Ilustración 7	Exudación. ....	20

## **Lista de Figuras**

Figura 1	Compuestos químicos del cemento. ....	8
Figura 2	Tipos de cementos hidráulicos. ....	9
Figura 3	Ensayo de agregados. ....	11
Figura 4	Propiedades del hormigón en estado fresco. ....	13
Figura 5	Características de los agregados que afectan al hormigón. ....	16
Figura 6	Condiciones climáticas que afectan al hormigón. ....	16
Figura 7	Análisis granulométrico.....	23
Figura 8	Determinación del material más fino que pasa el tamiz con abertura de 75mm(N°200). .....	24
Figura 9	Determinación de la densidad, densidad relativa del agregado grueso.....	25
Figura 10	Determinación de la densidad, densidad relativa del agregado fino. ....	26
Figura 11	Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. ....	27
Figura 12	Ensayo de asentamiento. ....	28
Figura 13	Desarrollo de investigación. ....	29

## Lista de Tablas

Tabla I Límite de composición aproximada para el cemento Pórtland .....	7
Tabla II Límites permisibles de agua para hormigón. ....	12
Tabla III Consistencia del hormigón.....	18

## Lista de Gráficas

Gráfica 1 Delimitación de la zona donde se aplicará el estudio. ....	5
Gráfica 2 Requerimiento de agua en mezcla. ....	15
Gráfica 5 Análisis granulométrico de agregado grueso triturado 3/4" .....	30
Gráfica 6 Análisis granulométrico de agregado grueso de canto rodado 3/4" .....	30
Gráfica 7 Análisis granulométrico de agregado grueso triturado 1 ½ ” .....	31
Gráfica 8 Análisis granulométrico de agregado grueso de canto rodado 1 ½ ”.....	31
Gráfica 9 Análisis granulométrico de agregado fino. ....	32
Gráfica 10 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.40 y con uso de cemento Guapán. ....	33
Gráfica 11 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.55 y con uso de cemento Guapán. ....	33
Gráfica 12 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.70 y con uso de cemento Guapán. ....	34
Gráfica 13 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.40 y con uso de cemento Holcim.....	35
Gráfica 14 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.55 y con uso de cemento Holcim.....	35
Gráfica 15 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.70 y con uso de cemento Holcim.....	36
Gráfica 16 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado triturado de ¾” con cemento Guapán .....	38
Gráfica 17 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado triturado de 1½” con cemento Guapán .....	38

Gráfica 18 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado redondeado de $\frac{3}{4}$ " con cemento Guapán .....	39
Gráfica 19 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado redondeado de $1\frac{1}{2}$ " con cemento Guapán .....	39
Gráfica 20 Requerimientos de agua con cemento Guapán .....	40
Gráfica 21 Ajuste de requerimientos para un agregado triturado de $\frac{3}{4}$ " con cemento Holcim ....	41
Gráfica 22 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado triturado de $1\frac{1}{2}$ " con cemento Holcim.....	41
Gráfica 23 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado redondeado de $\frac{3}{4}$ " con cemento Holcim.....	42
Gráfica 24 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado redondeado de $1\frac{1}{2}$ " con cemento Holcim.....	42
Gráfica 25 Requerimientos de agua con cemento Holcim.....	43
Gráfica 26 Curva general de requerimientos de agua con agregado triturado de $\frac{3}{4}$ " .....	44
Gráfica 27 Curva general de requerimientos de agua con agregado triturado de $1\frac{1}{2}$ " .....	44
Gráfica 28 Curva general de requerimientos de agua con agregado redondeado de $\frac{3}{4}$ " .....	45
Gráfica 29 Curva general de requerimientos de agua con agregado redondeado de $1\frac{1}{2}$ " .....	45
Gráfica 30 Requerimientos de agua para elaboración de mezcla .....	46

## Lista de Ecuaciones

Ecuación 1 Muestra infinita .....	22
-----------------------------------	----

## Lista de Anexos

<b>Anexo A.</b> Volumen unitario de agua .....	52
<b>Anexo B.</b> Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura. ....	53
<b>Anexo C.</b> Ensayos en Laboratorio.....	54
<b>Anexo D.</b> Asentamientos. ....	55
<b>Anexo E.</b> Certificado de no adeudar libros en Biblioteca .....	56
<b>Anexo F.</b> Certificado de Anti Plagio .....	58
<b>Anexo G.</b> Autorización en Repositorio .....	58

## I. INTRODUCCIÓN

El proporcionamiento de las mezclas de hormigón es una de las tareas más difíciles de establecer cuando no se conocen los parámetros que afectan su comportamiento. El agua es uno de los componentes de mayor influencia en el hormigón. Para el hormigón en estado fresco, siempre será una incógnita la cantidad de agua requerida para lograr que la mezcla tenga la trabajabilidad adecuada, con la finalidad de no tener problemas en su vertido y compactado, tratando de conseguir que el hormigón se densifique correctamente.

Un hormigón mal densificado trae como consecuencias bajas resistencias y se vuelve vulnerable a la acción de agentes patógenos, ocasionando deterioro prematuro, agrietamiento y daño severo en algunos casos; este tipo de patología es uno de los grandes problemas que afectan las estructuras.

Por tal razón, el estudio de la manejabilidad de acuerdo a los agregados y tipos de cementos que existen en nuestro medio, es indispensable en las mezclas de hormigón, con la finalidad de identificar con precisión, la cantidad justa de agua para la plasticidad requerida.

Muchas investigaciones se han elaborado para determinar la influencia de la cuantía de agua en la trabajabilidad; sin embargo, ha sido imposible establecer una ley general para todos los tipos de áridos y cementos existentes en el mundo, ya que la textura, tamaño y forma de los agregados, así como el tipo de cemento, influyen considerablemente en la manejabilidad de las mezclas. La presente investigación trata de establecer una función que correlacione el contenido de agua de una mezcla, el asentamiento obtenido a través de ensayos de laboratorio, según el tipo de cemento y agregados.

Los resultados serán obtenidos a través de pruebas de asentamiento en el Cono de Abrams para diferentes cuantías de agua agregada a la mezcla, aplicando a distintos tipos áridos y cementos de común uso en la ciudad de Azogues. Con ello se tratará de establecer una función de correlación que permita estimar, con la mayor certeza posible, la trabajabilidad de la mezcla en función de la cuantía de agua empelada.

### ***A. Problemática.***

Los distintos elementos que conforman una mezcla de hormigón en estado plástico, influyen de manera directa en la trabajabilidad que tiene la misma, generando en muchas ocasiones inconvenientes en el proceso de vertido, colocación y terminado de la mezcla, por tal razón, se considera que el grado de manejabilidad o también conocida como la trabajabilidad que debería tener la mezcla de hormigón depende de la forma y tamaño del elemento que se quiera construir.

La cuantía de agua dentro de la mezcla, influye directamente en la resistencia del hormigón endurecido, así como también en su plasticidad en estado fresco, es por eso que, para el calculo de la misma, depende de las características de los agregados y del tipo de cemento que se emplea.

Los productores de hormigón, dentro del diseño de mezclas, usan las tablas proporcionadas por el ACI u otros investigadores que han desarrollado experimentos para relacionar el revenimiento versus la cuantía de agua añadida. Sin embargo, esta información sirve como guía, pero no se puede generalizar a todos los tipos de áridos y cementos existentes en el mundo, ya que pueden producir efectos distintos en la fluidez de la mezcla.

El tamaño, la forma y la porosidad del árido, así como la finura del cemento, inciden sustancialmente en el comportamiento del hormigón fresco, resultando difícil para los productores, saber el proporcionamiento adecuado de agua para una mezcla con una trabajabilidad específica. Jugarse con el empirismo, la experiencia del operador de la planta o pruebas en mezclas de gran volumen, es un riesgo que puede conducir hacia hormigones muy secos o muy fluidos, produciendo en la mayoría de los casos sobrecostos innecesarios para corregir la mezcla, y en otros más críticos, el rechazo del producto por parte del ente fiscalizador.

## ***B. Objetivos de la investigación.***

### ***1) Objetivo general.***

Establecer la correlación que existe entre la plasticidad del hormigón y la cuantía de agua que se le emplea, con la finalidad de obtener datos que permita a los diseñadores, contratistas y productores de hormigón, mejorar la caracterización de las mezclas, tomando en cuenta las propiedades y características de los áridos y cementos disponibles en la ciudad de Azogues.

### ***2) Objetivos específicos.***

- Determinar cada una de las tipologías de los agregados a emplearse en el estudio para la elaboración de mezclas.
- Elaborar mezclas estableciendo las siguientes condiciones: relación A/C de 0.40, 0.55 y 0.70, empleando agregados gruesos de forma angular y redondeado, con la finalidad de determinar la consistencia de cada una de ellas, cuando la mezcla se encuentra en estado plástico.
- Efectuar un análisis estadístico de los resultados, de acuerdo a los tipos de materiales empleados.

### *C. Justificación.*

Hoy en día el hormigón es el material más empelado en el ámbito constructivo, por ello, es de suma importancia conocer cada una de las características que permiten que este material trabaje de la forma deseada, cumpliendo los requerimientos planteados en el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), por ende, el análisis de la manejabilidad que tiene la mezcla de concreto es uno de los puntos primordiales que se lo debe tomar en cuenta en su diseño, puesto que una mezcla de concreto puede ser fácilmente considerada muy placentera en ciertas condiciones y no serlo en otras.

Para determinar la trabajabilidad del hormigón existen diversos ensayos, sin embargo, en la norma NTE INEN 1 578:2010 , se refiere a la aplicación del ensayo de Cono de Abrams, uno de los métodos más aplicados en nuestra localidad para determinar el asentamiento de un hormigón; por lo cual, se pretende ajustar la relación que existe entre la cuantía de agua y el asentamiento de una mezcla, en función de agregados y cementos de nuestra localidad, con la finalidad de obtener una mejor idea e información de apoyo el momento de realizar una mezcla trabajable para cualquier tipo de elemento estructural, según el caso que se lo requiera.

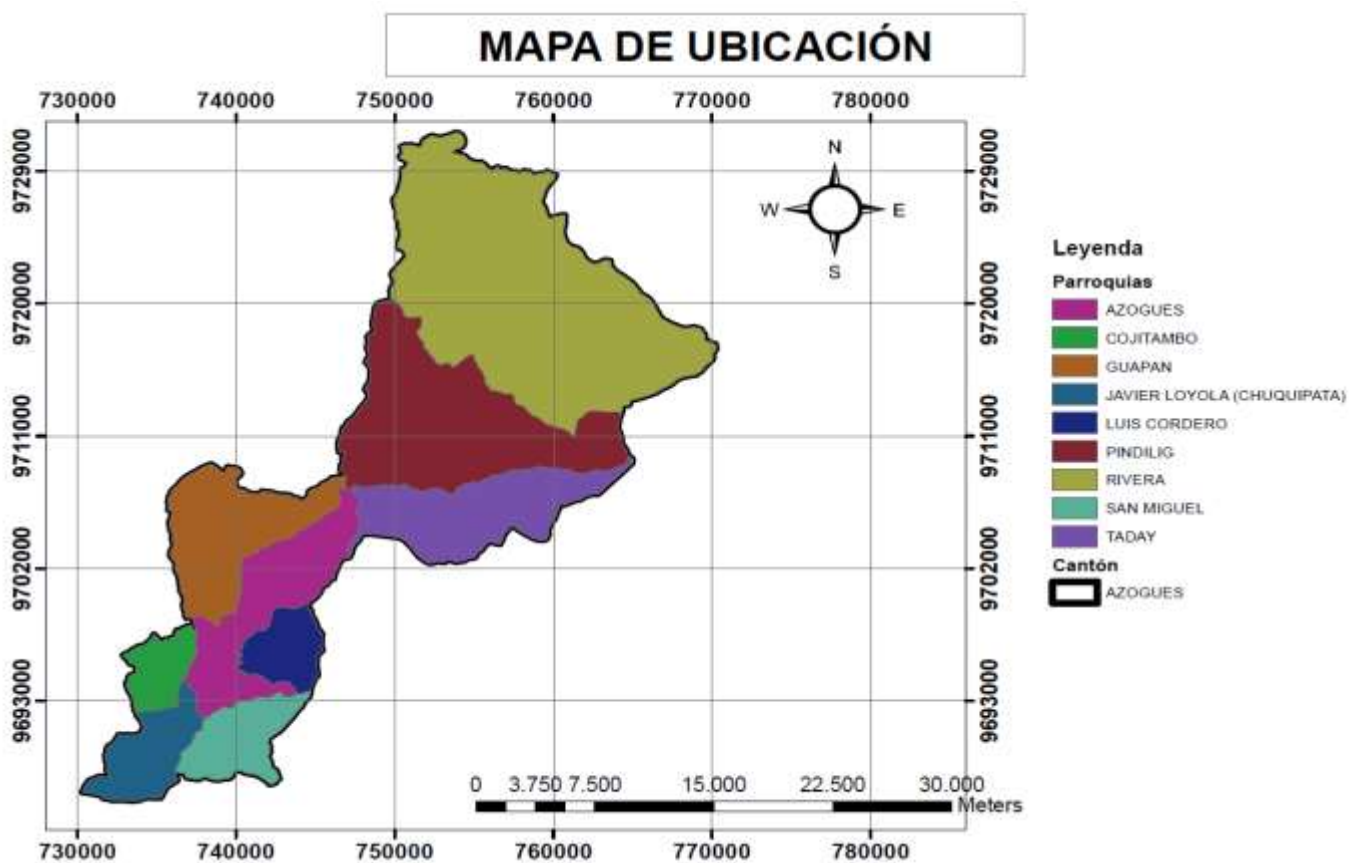
Encontrar una función que relacione la manejabilidad del hormigón fresco y la cuantía de agua añadida a la mezcla con materiales específicos, permitirá que diseñadores, contratistas y productores de hormigón puedan tener datos certeros que influyan positivamente en los resultados obtenidos. Esto logrará que los diseñadores ajusten de forma correcta las proporciones de agua añadida a la mezcla en los procesos de fabricación, disminuyendo sobrecostos y tiempos muertos ocasionados por ajustes en las mezclas, pero sobre todo no incurrir al rechazo del hormigón al no cumplir las especificaciones requeridas por el contratante.

Por lo dicho anteriormente abarcar con todos los materiales y cementos comercializados en la zona sería una investigación extensa por lo que únicamente se ensayarán los descritos.

La manejabilidad de la mezcla de hormigón será la óptima considerando el tipo de elemento estructural a realizarse en función a su asentamiento requerido para su correcta construcción.

### D. Delimitación de la investigación.

El siguiente estudio se realizará en el cantón Azogues, provincia del Cañar; considerando los materiales disponibles para el área de estudio.



Gráfica 1 Delimitación de la zona donde se aplicará el estudio.

## II. MARCO TEÓRICO

### E. Definición de Hormigón.

El hormigón es la unión de cemento, agua, agregados y aire en porciones adecuadas, teniendo como resultado un material con excelente resistencia a la compresión y durabilidad [1].

### F. Componentes del Hormigón.

La cuantía de materiales a utilizarse para la producción de hormigón debe ser la adecuada para que cumpla con los requisitos resistencia, durabilidad [2].

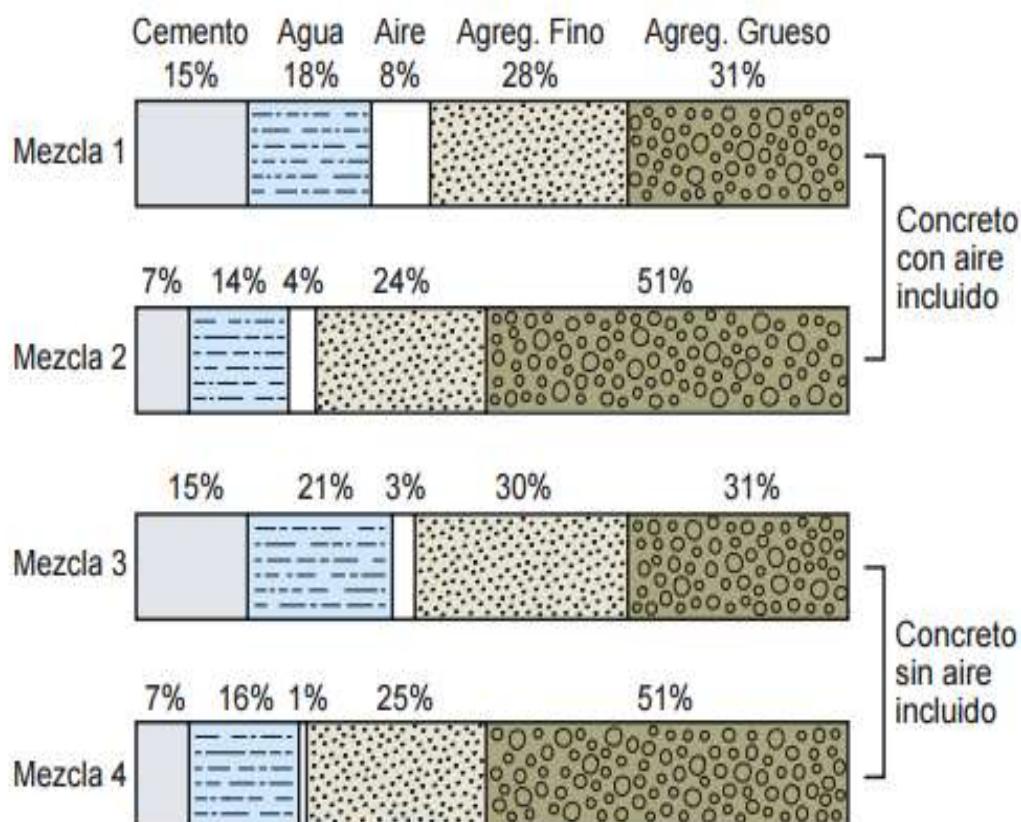


Ilustración 1 Componentes del hormigón.

**Fuente:** Tecnología del concreto: teoría y problemas [3, p. 1].

### 3) *Cemento.*

El cemento es considerado un material conglomerante hidráulico, elaborado de Clinker pórtland, materiales calcáreos y ciertas puzolanas. Esta al contacto con el agua permite la unión de los agregados obteniendo un material compacto y resistente [4].

#### a) *Componentes del cemento.*

El cemento está conformado por dos materiales básicas: calizas y arcillas y adicional un porcentaje de compuestos [5] en la Tabla I.

Tabla I Límite de composición aproximada para el cemento Pórtland

<b>Compuesto</b>	<b>Límites aproximados (%)</b>
Cal	60 - 67
Sílice	17 - 25
Alúmina	3 - 8
Óxido de hierro	0.5 - 6
Óxido de magnesio	0.5 - 4
Álcalis	0.3 - 1.2
Anhidrido sulfúrico	2 - 3.5

**Fuente:** El Concreto Fundamentos y Nuevas Tecnologías [5, p. 32].

#### b) *Composición química del cemento.*

Luego de ser mezclados los materiales y haber pasado por el horno, se obtiene como producto final cemento, la cual tiene cuatro compuestos químicos principales.

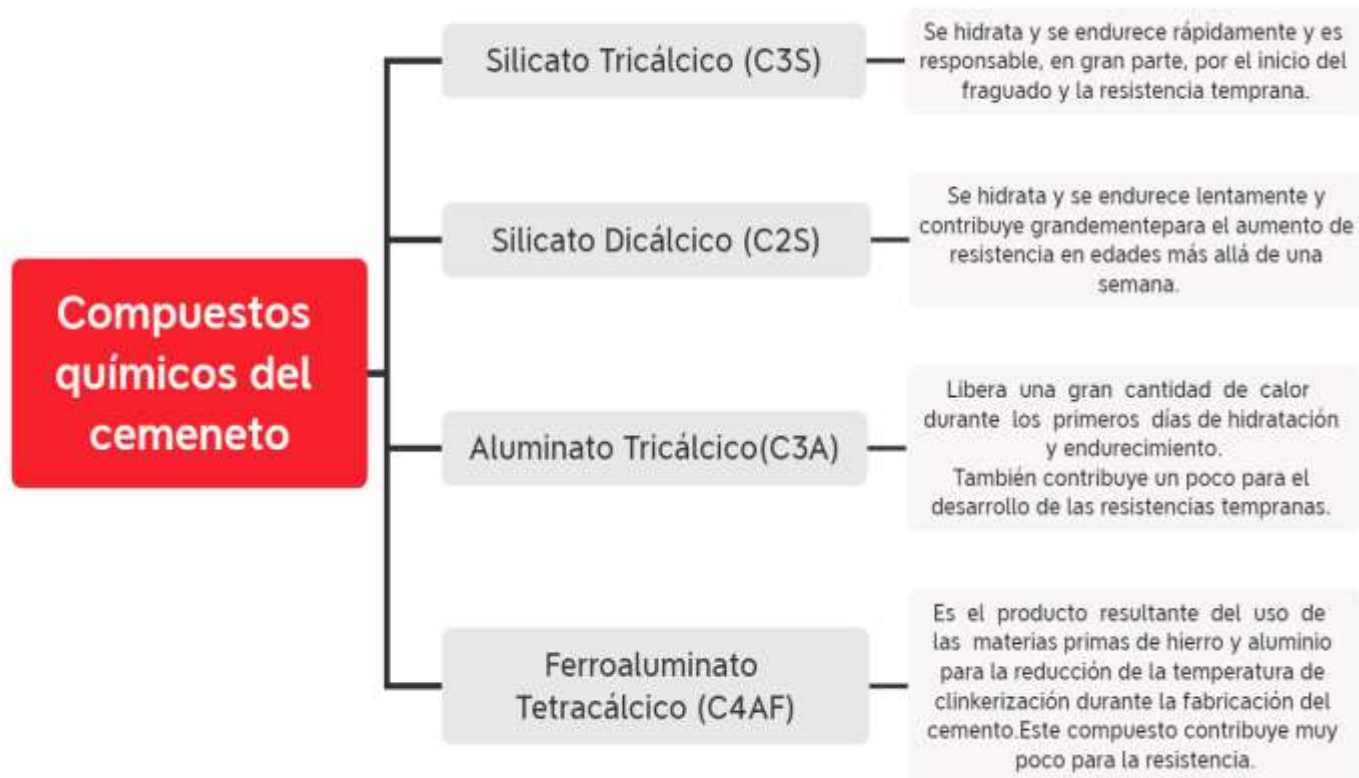


Figura 1 Compuestos químicos del cemento.

**Fuente:** Diseño y control de mezclas de concreto [3].

### *c) Clasificación del cemento.*

Para la clasificación cementos se lo realiza a través de la norma NTE INEN 2380[6] ; en la Figura 2 se puede observar dicha clasificación.



Figura 2 Tipos de cementos hidráulicos.

**Fuente:** Cemento hidráulico. Definición de términos [6].

#### **4) Agregados.**

Los agregados son de suma importancia, debido a que su volumen ocupa más o menos tres cuartas de la totalidad del hormigón; por lo que sus propiedades físicas, químicas y térmicas influyen en gran medida la durabilidad y el comportamiento estructural del hormigón [7].

Según el tamaño los agregados se pueden clasificar en:

##### **d) Agregado grueso.**

El agregado grueso es el material que más volumen ocupa dentro del hormigón, por lo que estos deben tener excelentes características físicas como mecánicas y de igual manera deben cumplir con los requisitos de colocación y resistencia [8].

*e) Agregado fino.*

El agregado fino se emplea como llenante dentro del hormigón, el uso de este material permite tener mayor manejabilidad al momento de elaborar la mezcla. Estos agregados deben estar siempre libre de impurezas, arcilla o material dañino que no afecten la durabilidad y resistencia final del hormigón [9].

*f) Ensayos de agregados.*

En la Figura 3 se indica cada uno de los ensayos que se van a realizar en este trabajo, con su respectiva descripción.

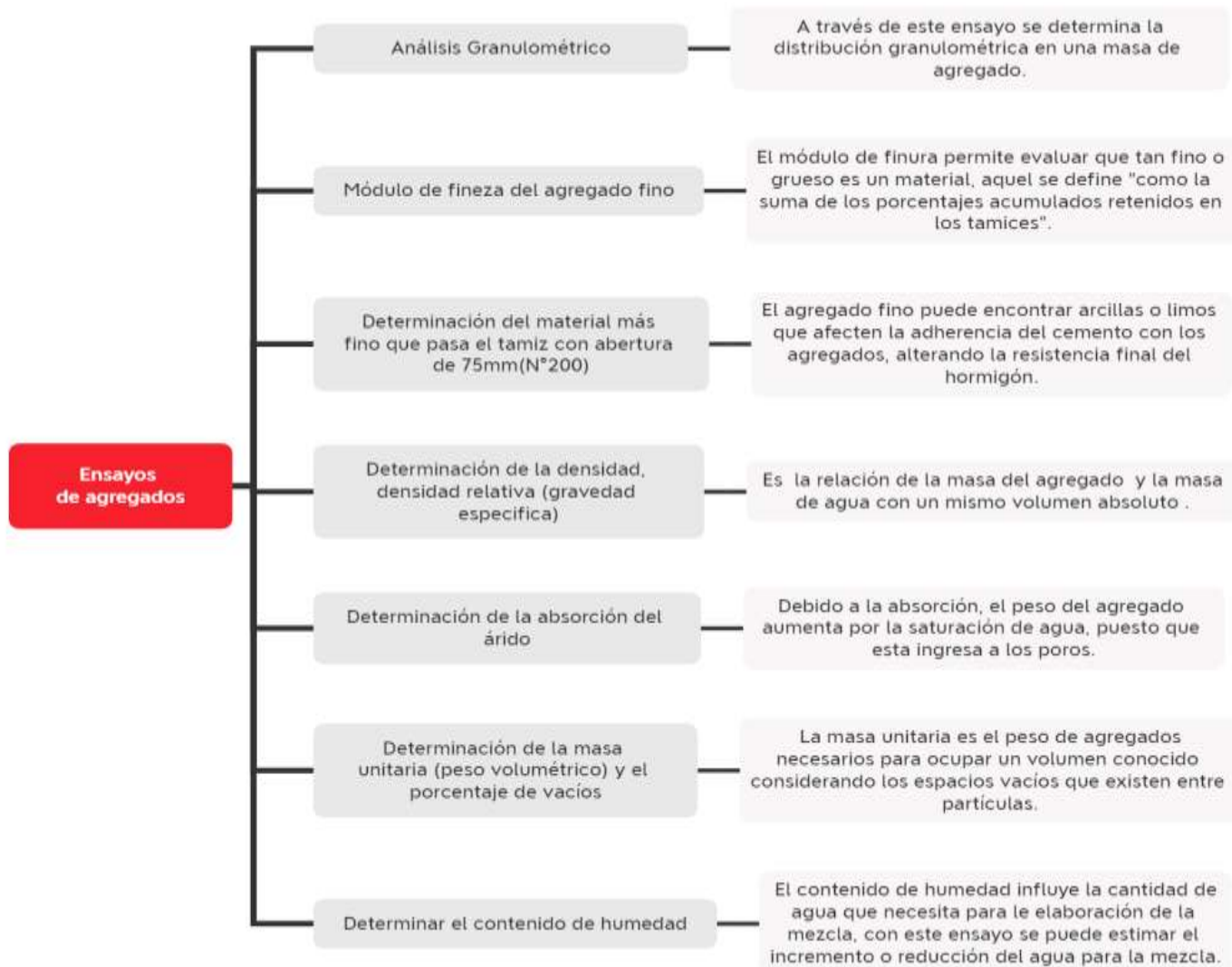


Figura 3 Ensayo de agregados.

**Fuente:** El Concreto Fundamentos y Nuevas Tecnologías [5].

### 5) Agua.

El agua es un material imprescindible dentro de las diversas etapas que se tiene en la producción del hormigón (del 15% al 20% del volumen de la mezcla fresca) como: el mezclado, el fraguado y el curado [10].

***g) Requisitos permisibles de agua para hormigón.***

El agua a emplearse debe ser potable, en la Tabla II se puede observar algunos límites permisibles de sustancias que se pueden encontrar disueltas sin que estas alteren las características físico-mecánicas del hormigón [11].

Tabla II Límites permisibles de agua para hormigón.

<b><i>Descripción</i></b>	<b><i>Límite permitido máximo ppm.</i></b>
Sólidos en suspensión	50000
Materia orgánica	3
Alcalinidad	1000
Sulfato	600
Cloruros	1000
PH	5 a 8

**Fuente:** Evaluación de la calidad del concreto usado en construcciones informales en la ciudad de Eten, provincia de Chiclayo, región Lambayeque en el año 2017 [12, p. 37]

***h) Agua evaporable y no evaporable.***

Steven H. Kosmatka en su libro menciona que se puede distinguir que existe agua no evaporable y evaporable. El primero caso toda el agua que se encuentra retenida dentro del hormigón luego de haber pasado por el proceso de secado. El segundo caso, es el agua que se evapora dentro del proceso de fraguado y secado del hormigón [3].

***G. Propiedades del concreto fresco.***

La mezcla de hormigón debe tener las propiedades adecuadas que permitan ser transportado y vertido sin que esta no pierda su homogeneidad, evitando la acumulación de grandes burbujas de aire dispersas dentro de la mezcla o agua atrapada en ella [13].

Montejo en su libro tecnología y patología del concreto armado mencionan que “las propiedades del concreto en estado fresco, que pueden ser determinadas mediante métodos de ensayo son” [13]:



Figura 4 Propiedades del hormigón en estado fresco.

**Fuente:** Tecnología y patología del concreto armado [13]

#### 6) *Trabajabilidad o manejabilidad.*

La manejabilidad es la capacidad que tienen la mezcla para ser vertida y compactada adecuadamente sobre un molde sin que este se segregue [14].

Jairo Niño en su libro menciona que la trabajabilidad está representado por las siguientes características [14]:

- **Compacidad:** Es la sencillez que tiene el hormigón de ser compactada [13].

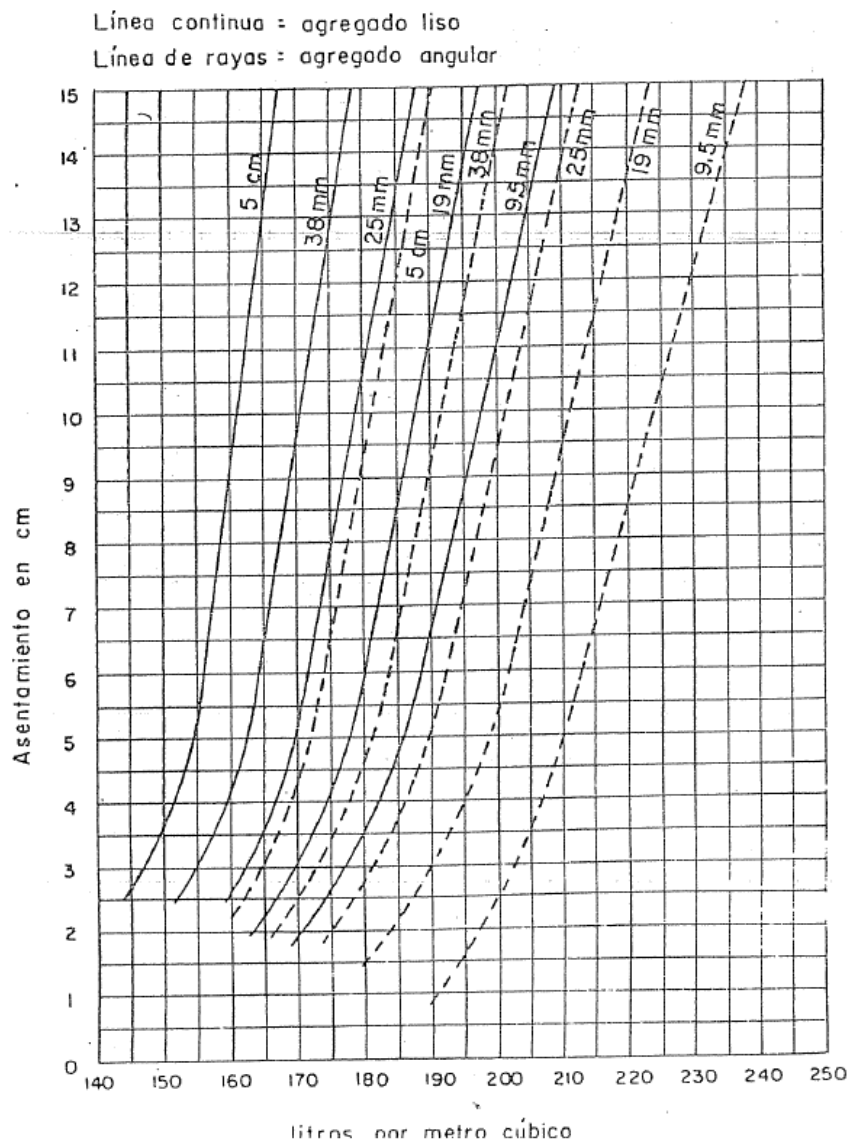
- **Cohesividad:** Es la característica que tiene el hormigón para mantenerse estable y sin segregación [13].
- **Plasticidad:** Propiedad del hormigón en estado fresco para deformarse sin quebrarse [13].
- **Consistencia:** Es la habilidad que tiene para adquirir la forma del encontrado [13].

*i) Factores que afectan la manejabilidad.*

Los principales elementos que afectan la manejabilidad de las mezclas es la cuantía de agua que se emplea durante el mezclado, de igual manera existen otras causas para afectar la trabajabilidad como son los agregados, condiciones climáticas, entre otras [14].

- **Contenido de aire:** El aire atrapado dentro de la mezcla permite la reducción de agua con una misma manejabilidad, de igual manera existe un aumento de las condiciones de cohesión [13]. Dentro de la mezcla se puede observar dos tipos de contenidos de aire, el primero es aire atrapado que ocupa del 1% al 2% del volumen; mientras que el segundo es aire incorporado, este proceso se realiza de manera intencional a través de aditivos, ocupa del 4% al 8% del volumen [13].
- **Relación pasta/cemento:** La cantidad de pasta está relacionada con el área de superficie de los agregados, ya que actúa como lubricante y produce cementos trabajables; a mayor relación aumenta la cohesividad; pero esta no puede ser muy alta debido que puede presentar segregación [13].
- **Contenido de agua:** El volumen de agua que se emplea para la elaboración de hormigón ocupa un 15% del volumen total, del cual, el 5% se utiliza para hidratar los agregados y reaccionar con el cemento, mientras que, el otro 10% se evapora. Esta última es la que afecta la manejabilidad, debido a que mayor cantidad de agua aumenta su fluidez y permite mayor lubricación de los agregados [14]. En el diseño de hormigón el American Concrete Institute en el Anexo A establece la cuantía de agua en una mezcla, considerando un revenimiento tentativo según las necesidades que se tenga dentro de la obra.

Existe otra manera de deducir el volumen de agua para la elaboración de mezcla, es a través de la Gráfica 2 en donde se puede observar cómo varía la cuantía de agua en función del asentamiento, el tamaño y forma del agregado.



Gráfica 2 Requerimiento de agua en mezcla.

Fuente: Materiales para estructuras [16].

- **Propiedades de los agregados:** Los agregados aparte de dar la resistencia al hormigón endurecido, dentro del estado fresco influye en gran medida, puesto que, este a través de sus características físicas puede afectar dentro de la trabajabilidad.

Niño indica que las características de los agregados afectan al hormigón en estado fresco como [14], :



Figura 5 Características de los agregados que afectan al hormigón.

- **Condiciones climáticas** : Los cambios de clima, el viento afecta la manejabilidad ocasionando [14]:



Figura 6 Condiciones climáticas que afectan al hormigón.

### 7) *Ensayos para determinar la trabajabilidad.*

Se ha desarrollado una serie de ensayos para evaluar las propiedades del hormigón recién mezclado, a través de las propiedades de cohesión y adhesión [13].

#### *j) Ensayo de asentamiento.*

Este ensayo determina la consistencia del hormigón en estado fresco y ayuda a detectar variaciones de uniformidad en mezclas de producciones definidas [17].



Ilustración 2 Ensayo de asentamiento

**Fuente:** Asentamiento o Revenimiento del Concreto - Consistencia, Slump [18].

En la Tabla III se puede observar la consistencia y el rango de asentamiento que tiene el hormigón en estado fresco.

Tabla III Consistencia del hormigón

<i>Consistencia del hormigón</i>	<i>Revenimiento (cm)</i>
Muy seca	0 a 2
Seca	2.5 a 3.5
Semiseca	3.5 a 5
Media	5 a 10
Húmeda	10 a 15
Muy húmeda	>15

**Fuente:** Tecnología del concreto: materiales, propiedades y diseño de mezclas [14, p. 105].

*k) Ensayo de remoldeo.*

Este ensayo determina la trabajabilidad basándose en el esfuerzo que se realiza el aparato de remoldeo para cambiar la forma del hormigón en estado fresco [13].

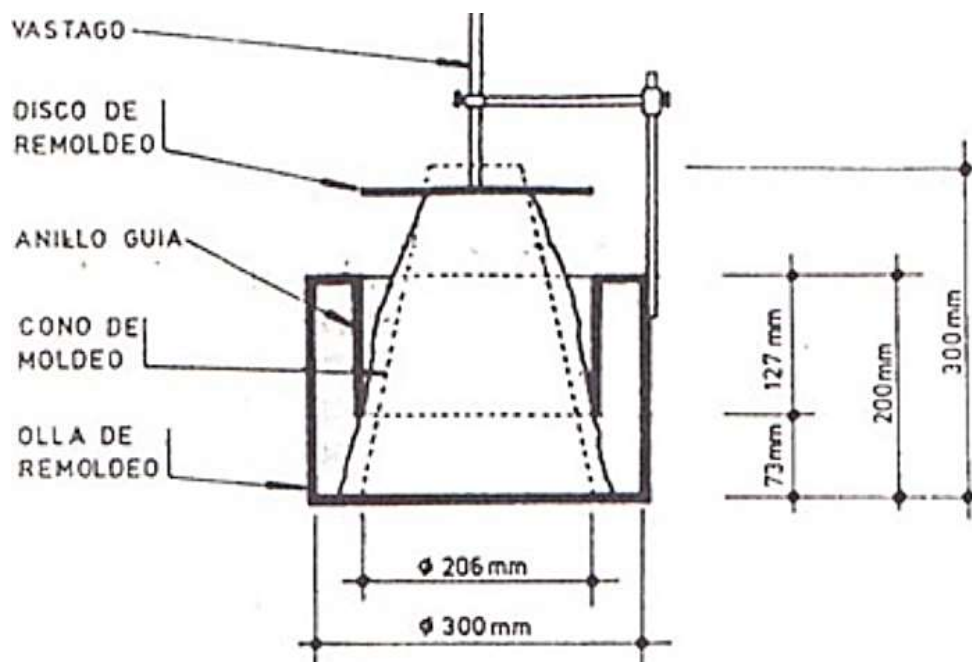


Ilustración 3 Dispositivo de remoldeo de Powers.

**Fuente:** Hormigón fresco trabajabilidad segregación exudación Dosificación [19].

*l) Ensayo con la bola de Kelly.*

Este ensayo determina la profundidad de penetración de un peso de metal en el hormigón en estado fresco [20].



Ilustración 4 Ensayo con la bola de Kelly.

**Fuente:** Determinación de la manejabilidad de mezclas de concreto de bajo asentamiento utilizando el método de ensayo del consistómetro Vebe [21].

*m) Factor de compactación.*

Este factor determina la relación de densidad del hormigón antes del ensayo, para luego compararla con la densidad del material compactado [13].



Ilustración 5 Factor de compactación.

**Fuente:** : Determinación de la manejabilidad de mezclas de concreto de bajo asentamiento utilizando el método de ensayo del consistómetro Vebe [21].

### 8) *Segregación.*

Esto se origina cuando existe la separación del agregado grueso de la pasta de cemento [1].



Ilustración 6 Segregación.

**Fuente:** Recomendaciones para realizar un vaciado de concreto [22].

### 9) *Exudación o sangrado.*

La exudación es el movimiento del agua de una mezcla hacia la superficie del hormigón vertido, esto se origina por la falta de retención por parte de los agregados [7].

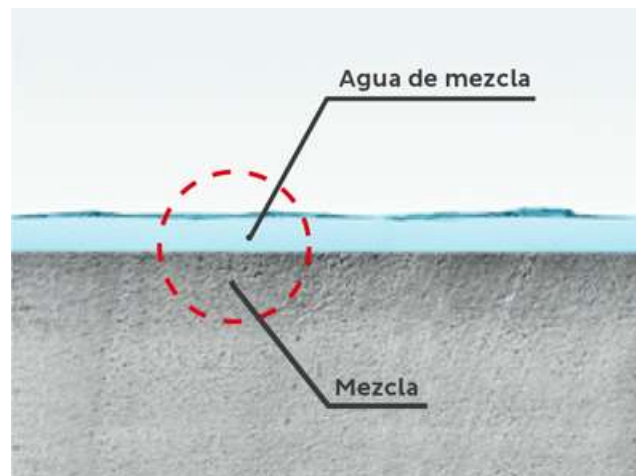


Ilustración 7 Exudación.

**Fuente:** Construyendo con Juan Seguro [23].

### III. METODOLOGÍA

#### *H. Tipo y diseño de investigación.*

##### *10) Tipo de investigación.*

El presente trabajo se empleó una investigación aplicada, puesto que el “objetivo primordial es generar nuevas ideas y mejores respuestas a las interrogantes de sobre el objeto de investigación” [24, p. 5]. Para el siguiente proyecto, la problemática planteada es determinar la trabajabilidad del hormigón en estado fresco con los agregados y cemento que se distribuye en la ciudad de Azogues, a través del ensayo de asentamiento con el cono de Abrams estipulado en la norma NTE INEN 1578:201 y ASTM C143.

##### *11) Diseño de investigación.*

Se realiza una investigación experimental debido a que se manipulan de manera deliberada las variables para analizar los posibles resultados [25]. Por eso se desarrollan múltiples ensayos que nos permitan determinar la trabajabilidad del hormigón.

#### *I. Cantidad de muestras.*

Para este estudio se considerarán 3 distintas relaciones agua/cemento de 0.40 que dan hormigones de alta resistencia, 0.55 de media resistencia y 0.70 de baja resistencia tomando en cuenta que existen 6 tipos de consistencias del hormigón en estado fresco y que varían su asentamiento de 0 cm a 15 centímetros. Los agregados disponibles en la zona de estudio son muchos, considerando que cada uno tiene propiedades físicas y mecánicas particulares, así, únicamente se evaluará: 1) áridos de 3/4” y 1 1/2” que son los tamaños más empleados dentro de la construcción, y 2) áridos de forma angular y redondeada, estos dos factores se consideran debido a que dentro de la zona de estudio se los distribuyen.

Se trabajará con cemento Guapán tipo GU y cemento Holcim tipo HE para determinar y comprar la trabajabilidad que cada uno de ellos dentro del hormigón en estado fresco.

Debido a que no existe ningún trabajo guía en nuestra localidad, para referenciar el número total de ensayos en función de las variables establecidas, se estimó la cantidad de muestras a realizar a través de un método estadístico denominado muestreo infinito, en el cual se considera los siguientes parámetros, para establecer el número adecuado de ensayos: confiabilidad del 95%, margen de error de 6.1%, éxito del 50% y fracaso del 50%; a través de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

n = número de muestras.

$Z_{\alpha}$  = Puntuación z que se espera un área de  $\alpha/2$  en la cola derecha de la distribución normal estándar.

p = Probabilidad de éxito.

q = Probabilidad de fracaso.

e = Margen de error.

$$n = \frac{1.88^2 \times 0.50 \times 0.50}{0.061^2} = 237$$

Por lo tanto, se debe realizar una cantidad mínima de 237 ensayos, dentro de nuestro estudio se elaboraron 336 muestras para las tres relaciones A/C a utilizarse, de las cuales se subdividirán según el tipo de agregado y cemento.

## ***J. Técnicas de recolección de datos.***

### ***12) Técnicas de recolección.***

La recolección de información se lo realiza en laboratorio en ambiente controlado para garantizar la fidelidad de los resultados.

n) *Ensayos de agregados.*

- **Análisis Granulométrico:** Este ensayo se lo realiza para los diferentes agregados, según lo establece la NTE INEN 696:2011 en la figura que se presenta se sintetiza el procedimiento.

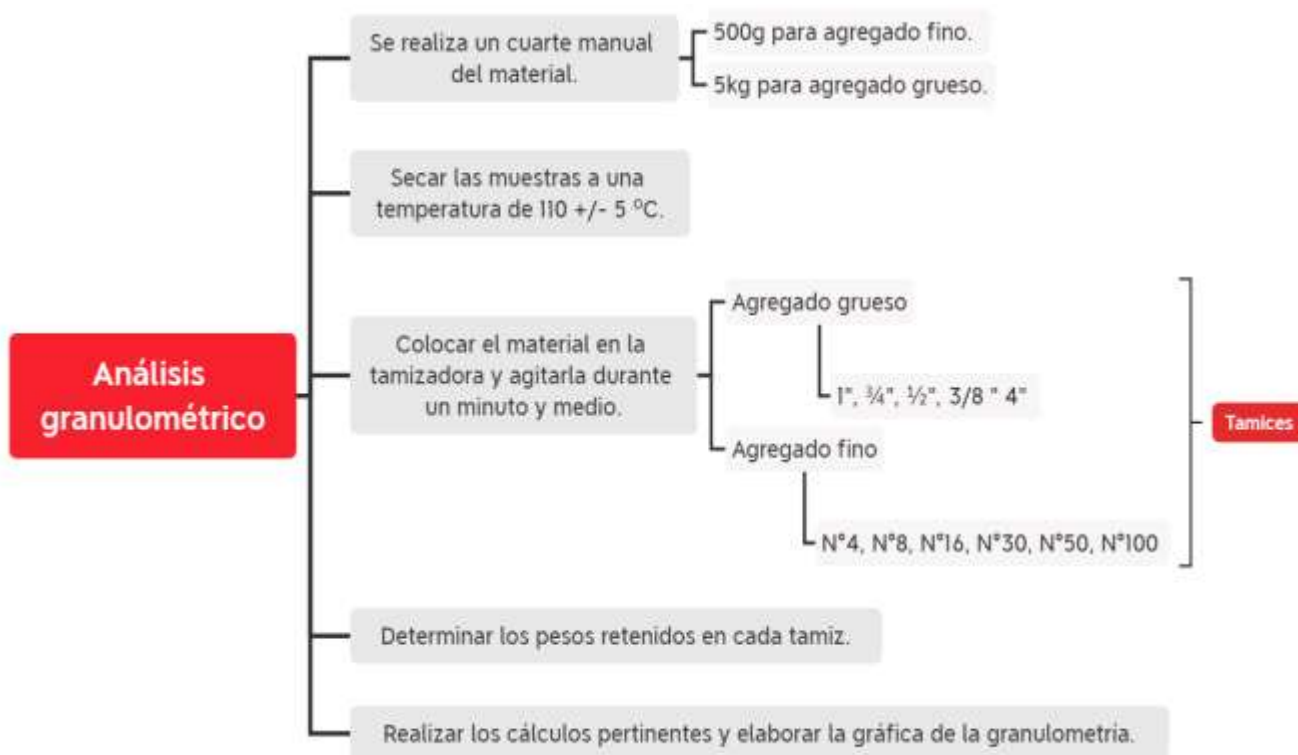


Figura 7 Análisis granulométrico.

- **Determinación del material más fino que pasa el tamiz con abertura de 75mm(N°200):** Este ensayo se lo realiza en los agregados fino, según la NTE INEN 697:2010, en la Figura 8 se sintetiza el procedimiento de este ensayo.



Figura 8 Determinación del material más fino que pasa el tamiz con abertura de 75mm(Nº200).

Luego de haber realizado el ensayo y cálculos pertinentes podemos determinar a través de Anexo B el tipo de agregado fino que se tiene.

- **Determinación de la densidad, densidad relativa:** Este se lo realiza para agregado grueso la norma NTE INEN 857:2010, en la Figura 9 se describe el procedimiento para realizar este ensayo.



Figura 9 Determinación de la densidad, densidad relativa del agregado grueso.

Según la norma NTE INEN 856:2010, en la Figura 10 se describe el procedimiento para realizar este ensayo.

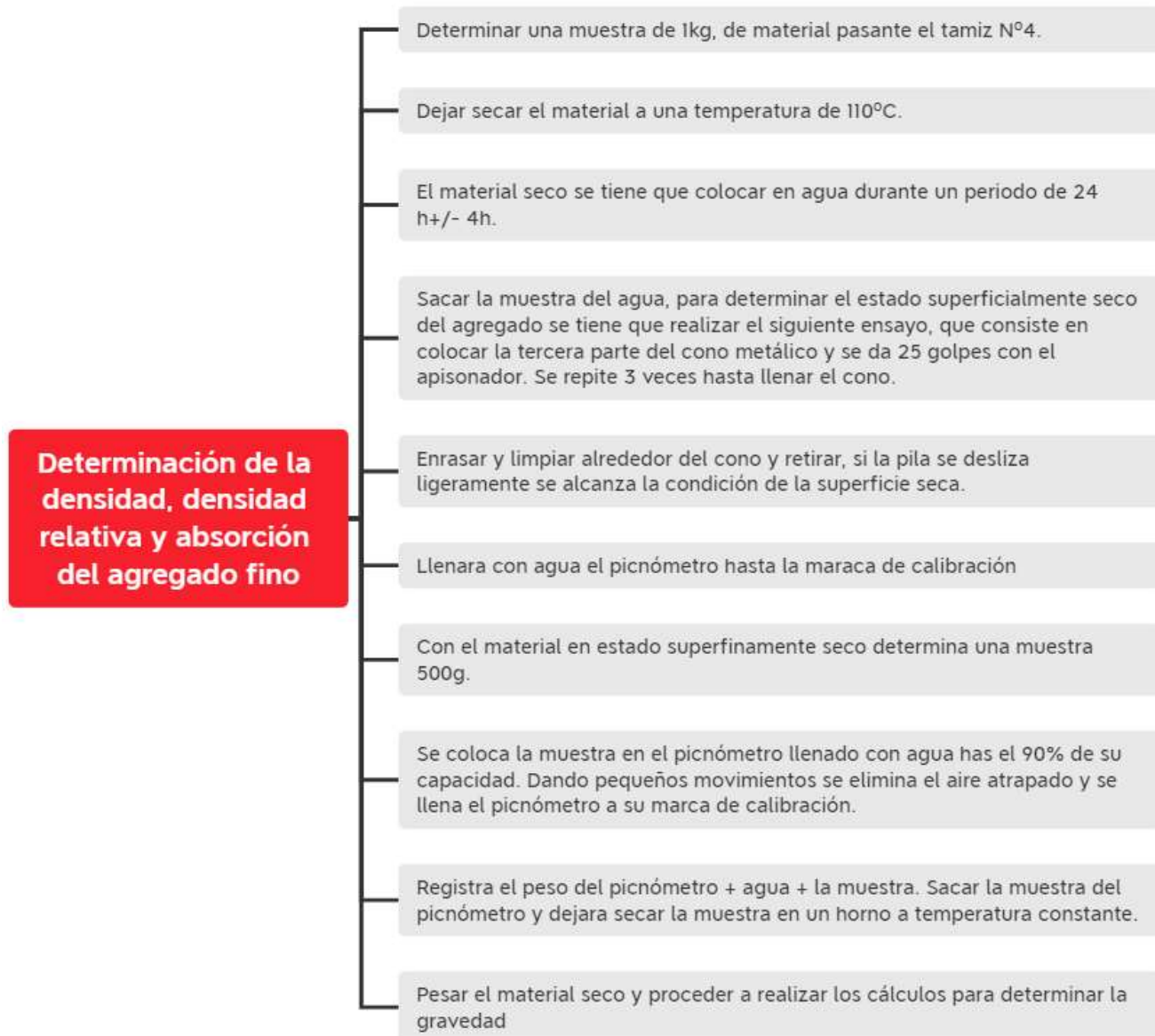


Figura 10 Determinación de la densidad, densidad relativa del agregado fino.

- **Absorción del árido:** Para determinar la absorción de los áridos (grueso y fino) se tiene que seguir el procedimiento que se detalla en la norma NTE INEN 857:2010 y NTE INEN 856:2010 respectivamente.

**Masa unitaria y porcentaje de vacíos:** Este se lo realiza para agregado grueso la norma NTE INEN 858:2010, en la Figura 11 se sintetiza el procedimiento para realizar este ensayo.

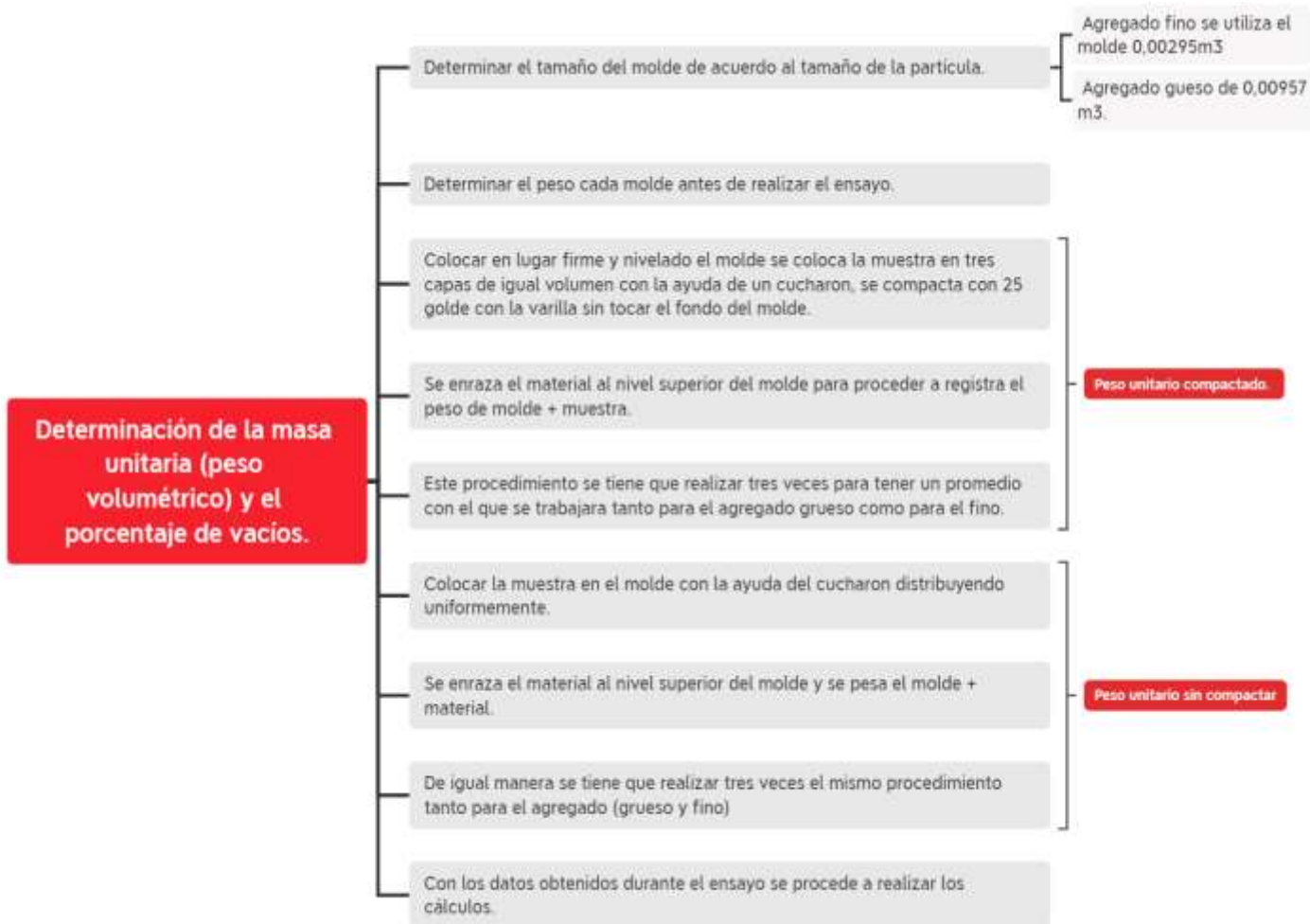


Figura 11 Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.

- **Determinar el contenido de humedad:** Este se lo realiza tanto para agregado grueso como para fino, según lo establece la NTE INEN 862:2011.

*o) Ensayo de asentamiento.*

- **Cono de Abrams:** De acuerdo a la norma ASTM C143, en la Figura 12 se describe el procedimiento para realizar este ensayo.

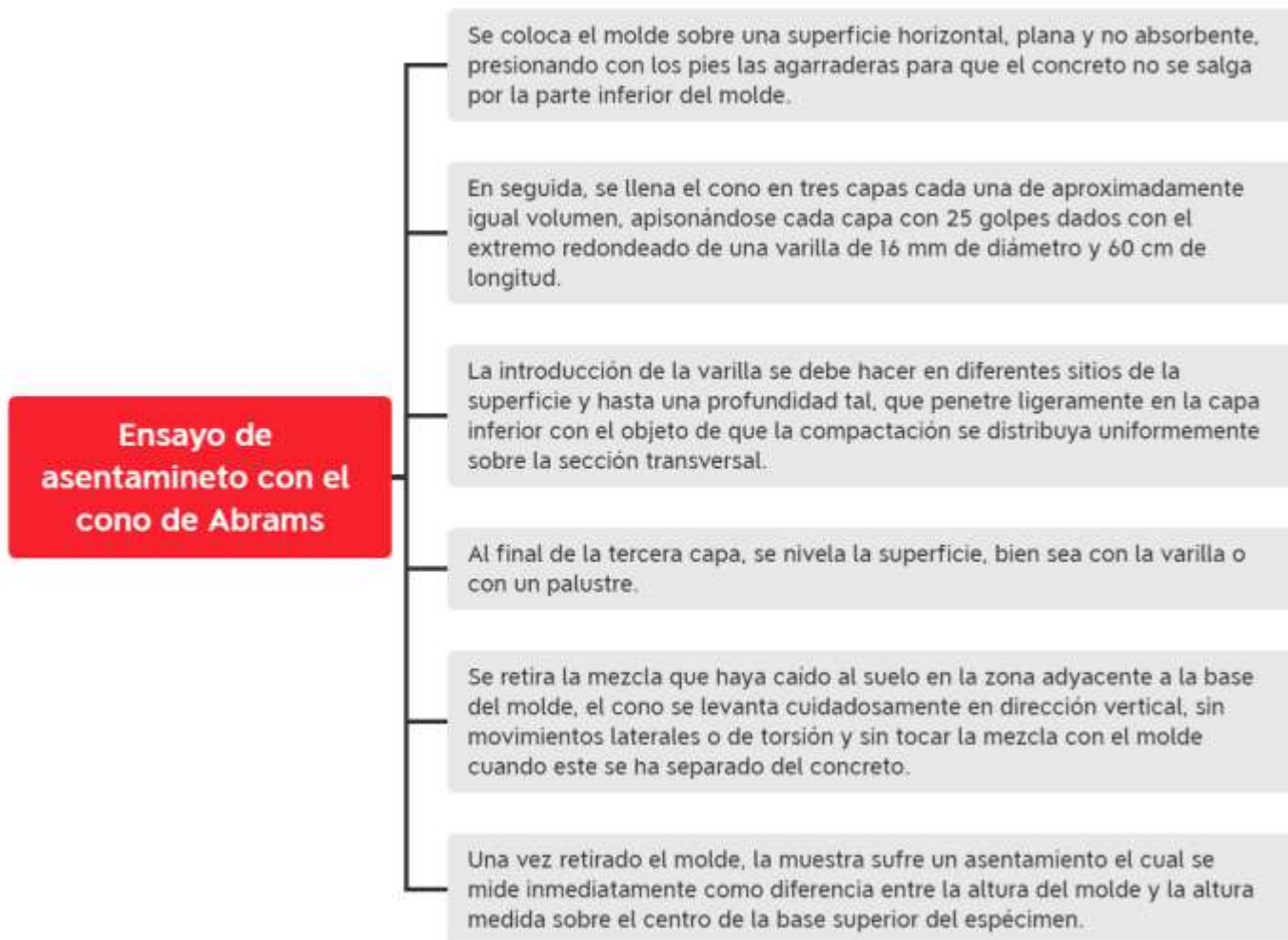


Figura 12 Ensayo de asentamiento.

### 13) *Instrumento de recolección de datos.*

#### *p) Instrumentos en laboratorio.*

- Tamizador.
- Balanzas.
- Horno.
- Cono de Abrams.
- Varilla de compactación de caza redonda.
- Concretera.

### ***K. Desarrollo de la investigación.***

Luego de haber determinado todas las características físicas de los agregados según estipulan sus ensayos, se procede a realizar los siguientes pasos para determinar la trabajabilidad del hormigón.

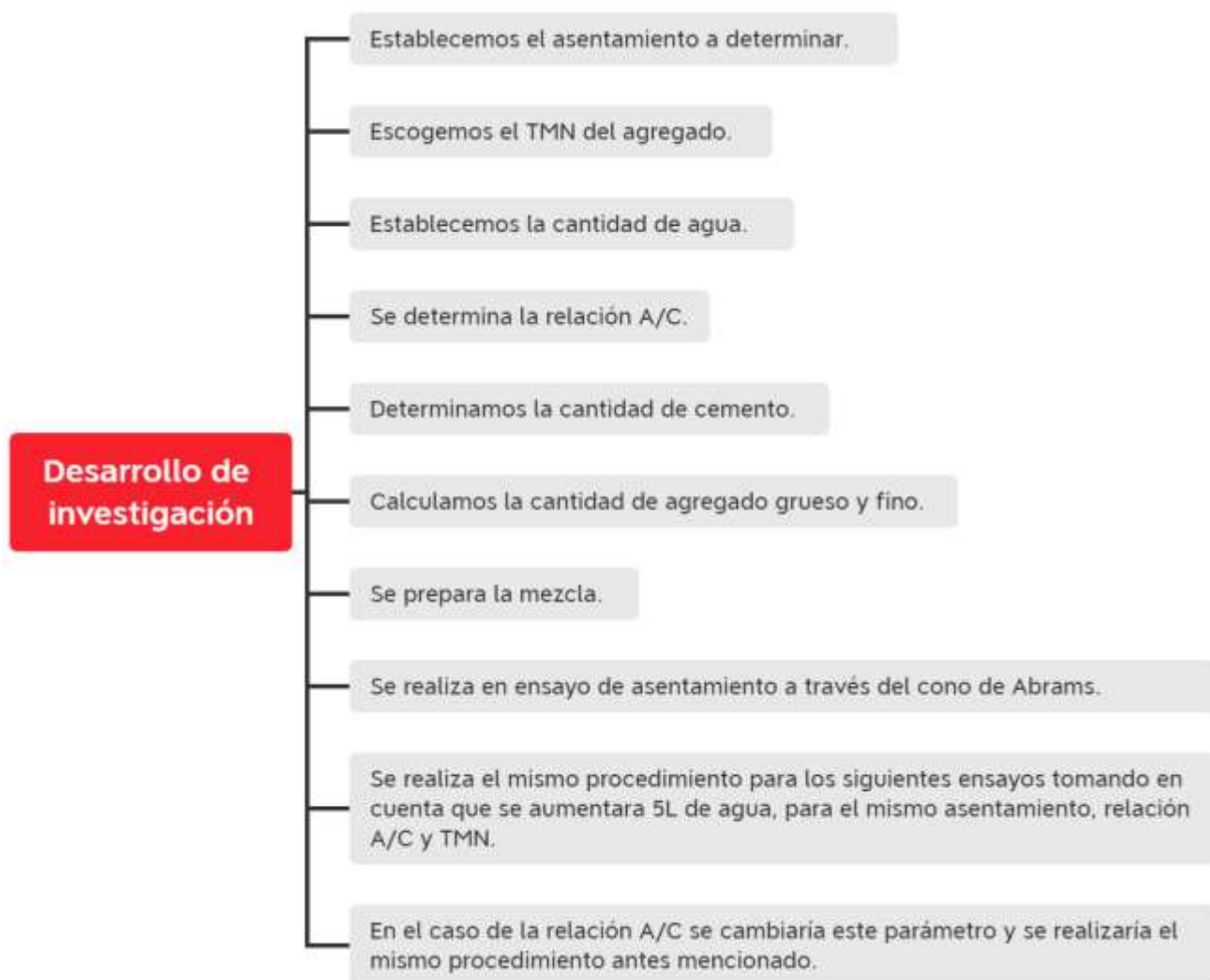


Figura 13 Desarrollo de investigación.

### ***L. Procesamiento de datos.***

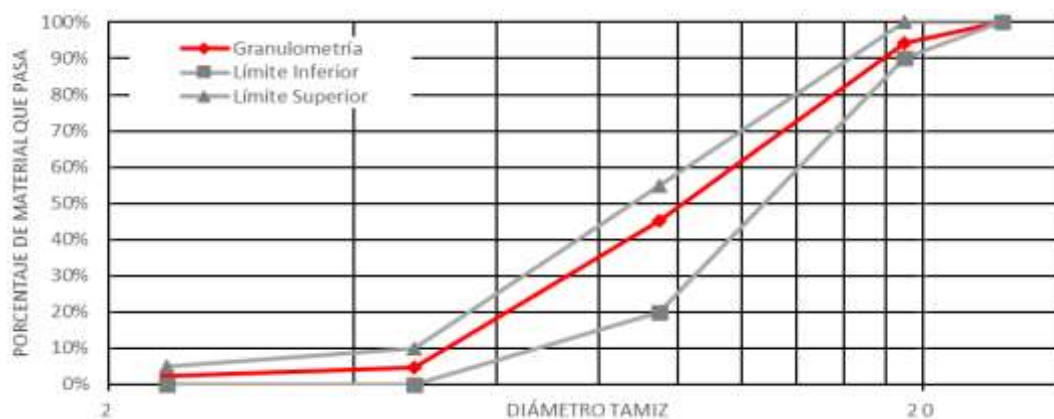
Para plasmar los datos obtenidos se empleó una estadística descriptiva con el uso de hojas de cálculo para lograr tabular y plasmar a través de graficas.

## IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

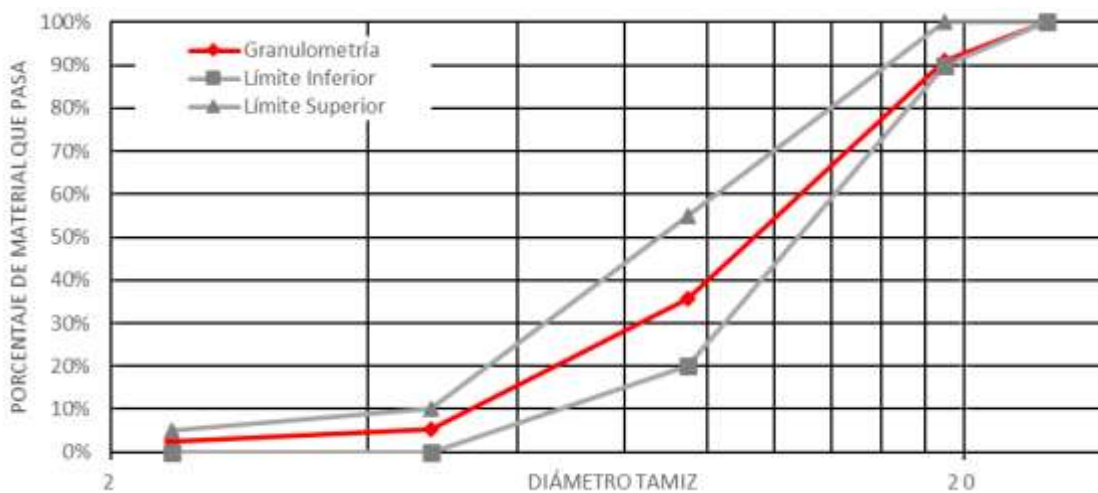
### 4.1. Granulometría.

En este punto se muestra las distintas granulometrías que se realizando, considerando el tamaño del agregado y su forma.

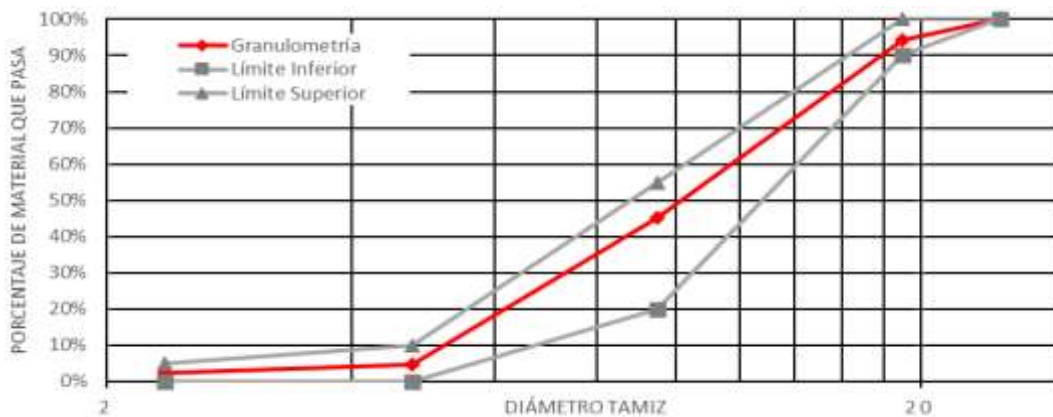
#### 4.1.1. Agregado grueso de 3/4"



Gráfica 3 Análisis granulométrico de agregado grueso triturado 3/4"

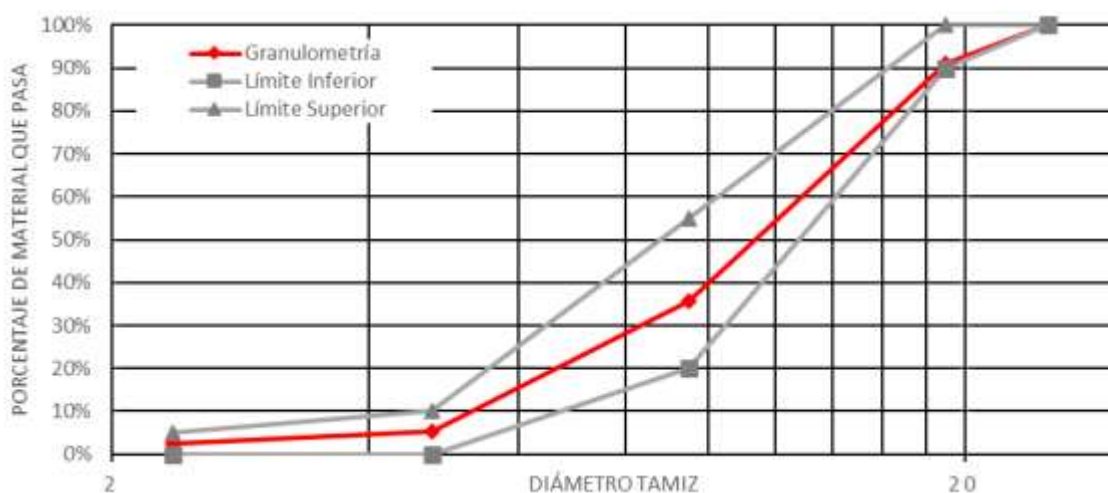


Gráfica 4 Análisis granulométrico de agregado grueso de canto rodado 3/4"



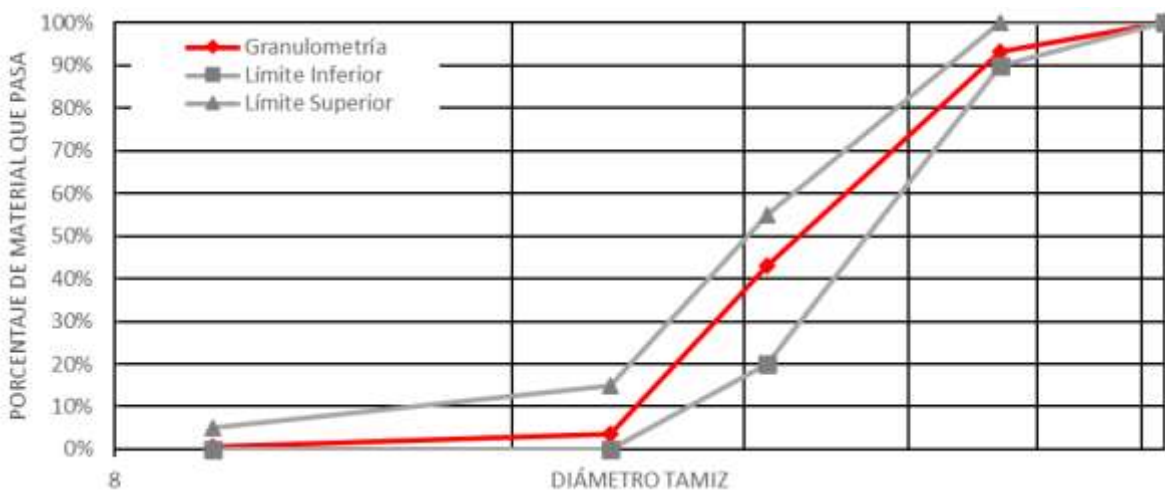
Gráfica

3

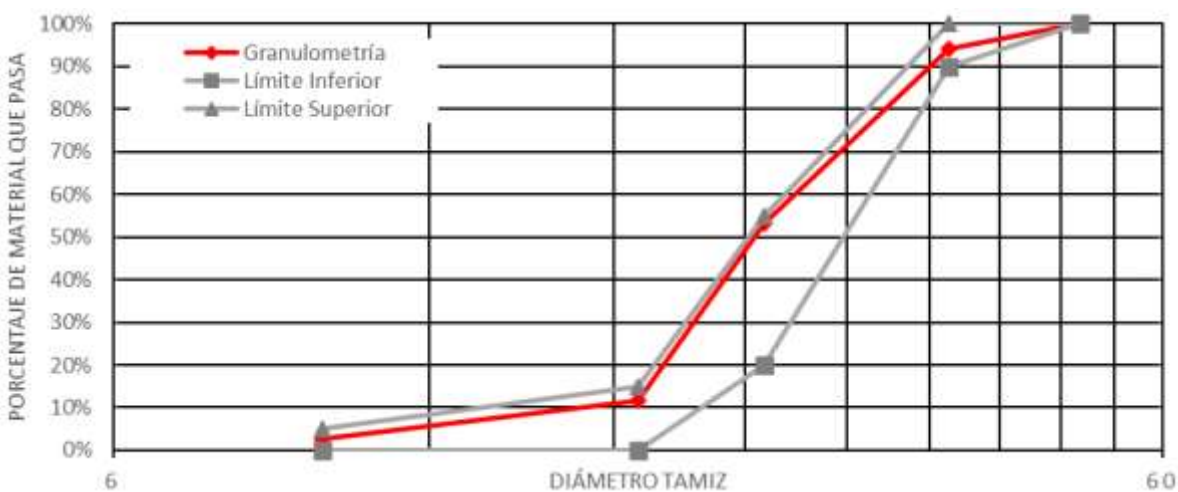


Gráfica 4 se observa la granulometría gruesa del material triturado como el de canto rodado cumple con los límites que establece la NTE INEN 696:2011, lo cual garantiza que el reparto de partículas dentro de la mezcla es la adecuada. De igual manera se pudo identificar los siguientes resultados: Tamaño Máx. de 1" y el Tamaño Máx. Nominal de ¾".

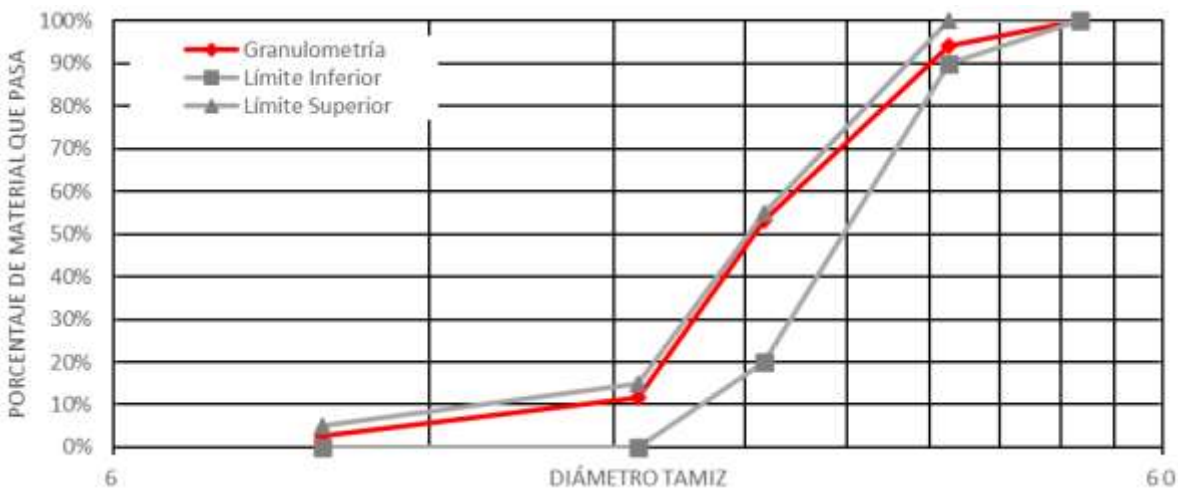
#### 4.1.2. Agregado grueso de 1 ½ ”



Gráfica 5 Análisis granulométrico de agregado grueso triturado 1 ½ ”

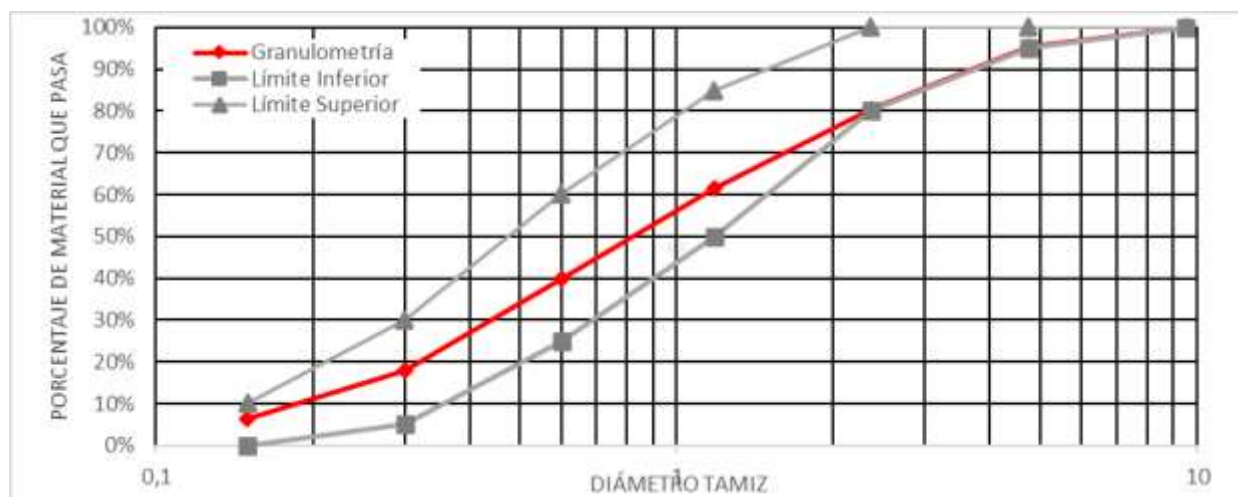


Gráfica 6 Análisis granulométrico de agregado grueso de canto rodado 1 ½ ”



Gráfica 6 la granulometría gruesa del material triturado como el de canto rodado cumple con lo establecido en la norma, lo cual garantiza la adecuada distribución de material dentro de la mezcla. De igual manera se pudo identificar los siguientes resultados: Tamaño Máx. de 2" y el Tamaño Máx. Nominal de 1 ½".

#### 4.1.3. Agregado fino.



Gráfica 7 Análisis granulométrico de agregado fino.

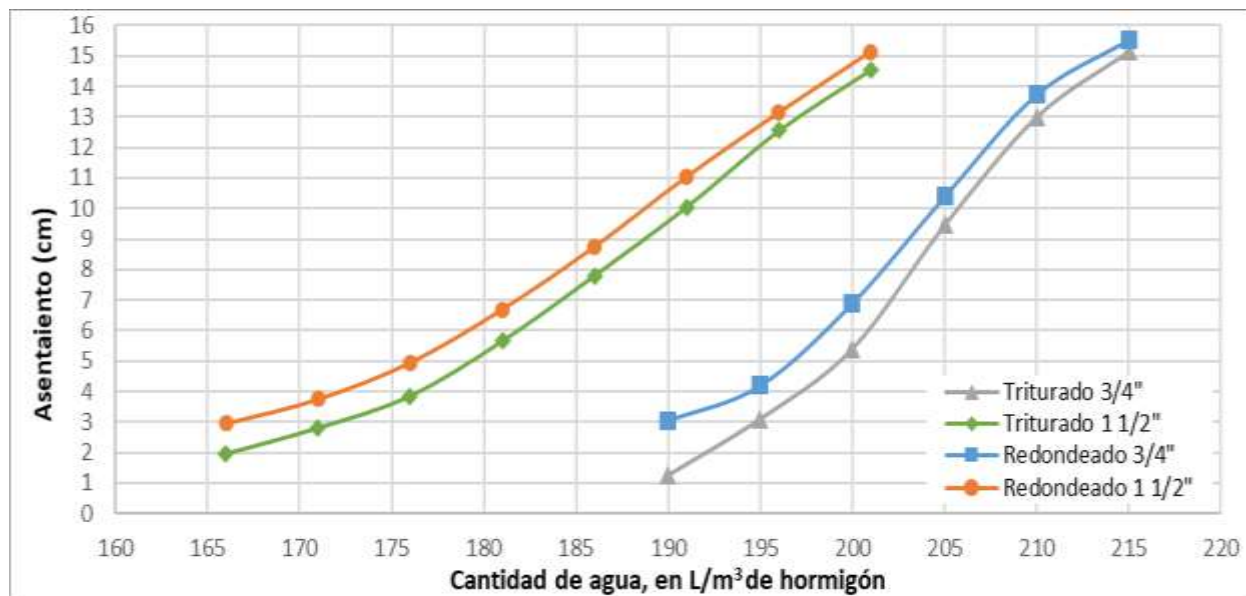
Como se puede apreciar en la gráfica la distribución granulométrica del material fino cumple con las especificaciones NTE INEN 696:2011. De igual manera se pudo identificar que el módulo de finura correspondiente es de 2.99 (ligeramente grueso), cumpliendo con otro requisito para el empleo de este en el hormigón.

#### 4.2. Análisis del asentamiento del hormigón en estado fresco según la relación A/C y el tipo de cemento.

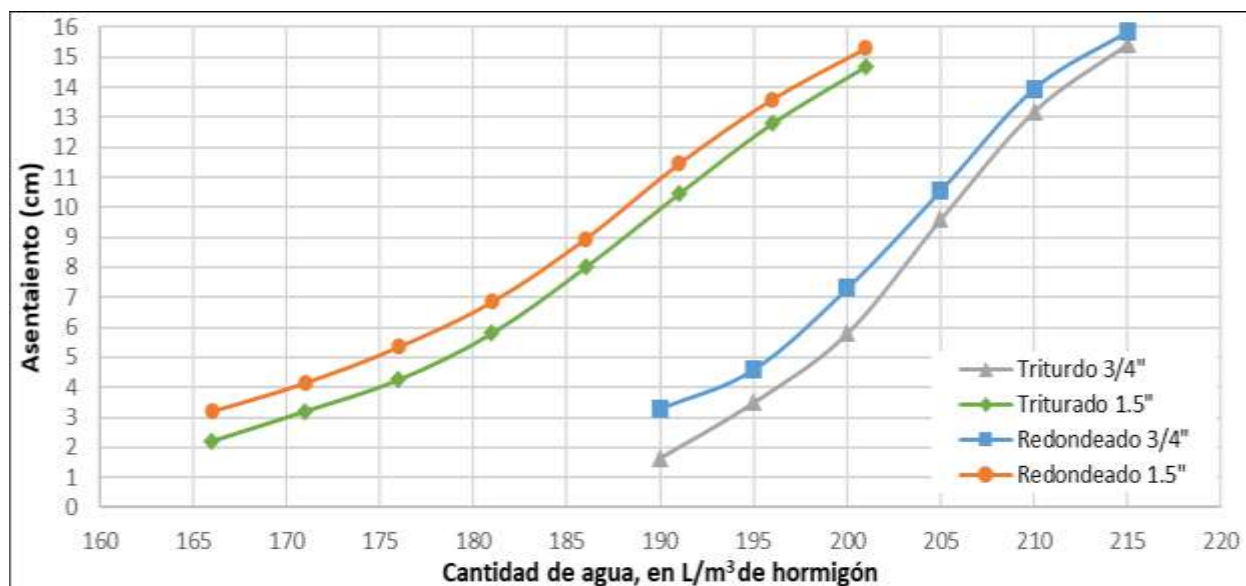
En este punto se analizarán el asentamiento que tiene las mezclas en función de la cuantía de agua, el tipo de cemento, agregado y la relación A/C de 0.40, 0.55 y 0.70, obteniendo los siguientes resultados.

##### 4.2.1. Cemento Guapán.

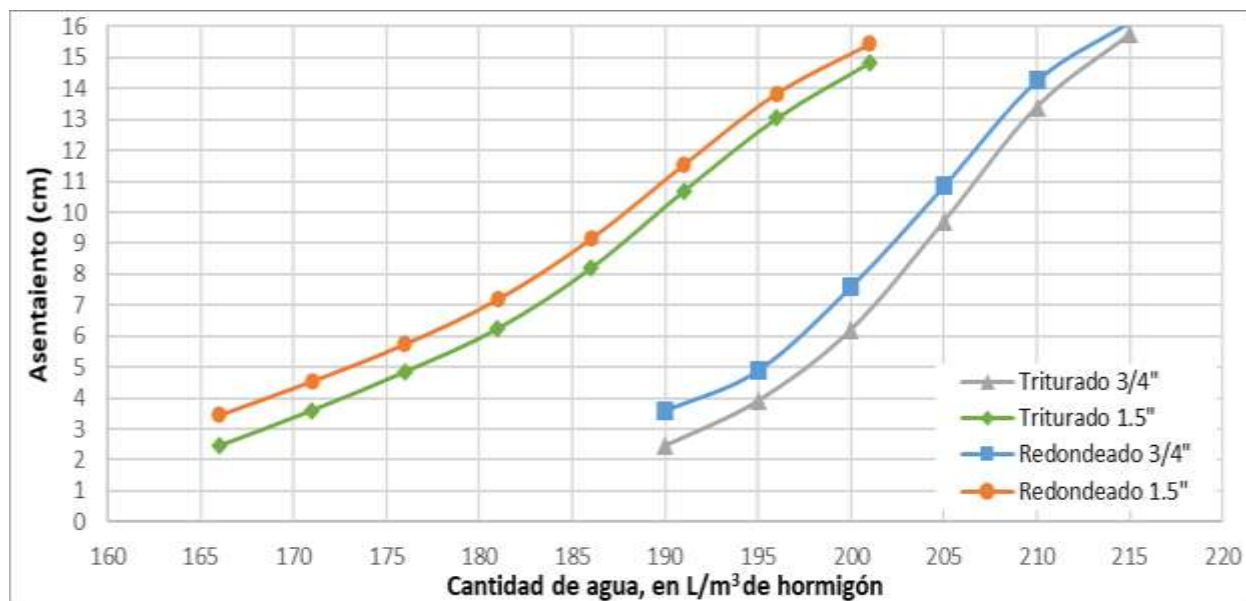
Se procedieron a graficar las curvas cantidad de agua versus asentamiento con cemento Guapán de los resultados obtenidos en laboratorio, se presentan de 12 curvas donde se puede observar la variación del asentamiento de acuerdo a las distintas mezclas.



Gráfica 8 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.40 y con uso de cemento Guapán.



Gráfica 9 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.55 y con uso de cemento Guapán.



Gráfica 10 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.70 y con uso de cemento Guapán.

En la

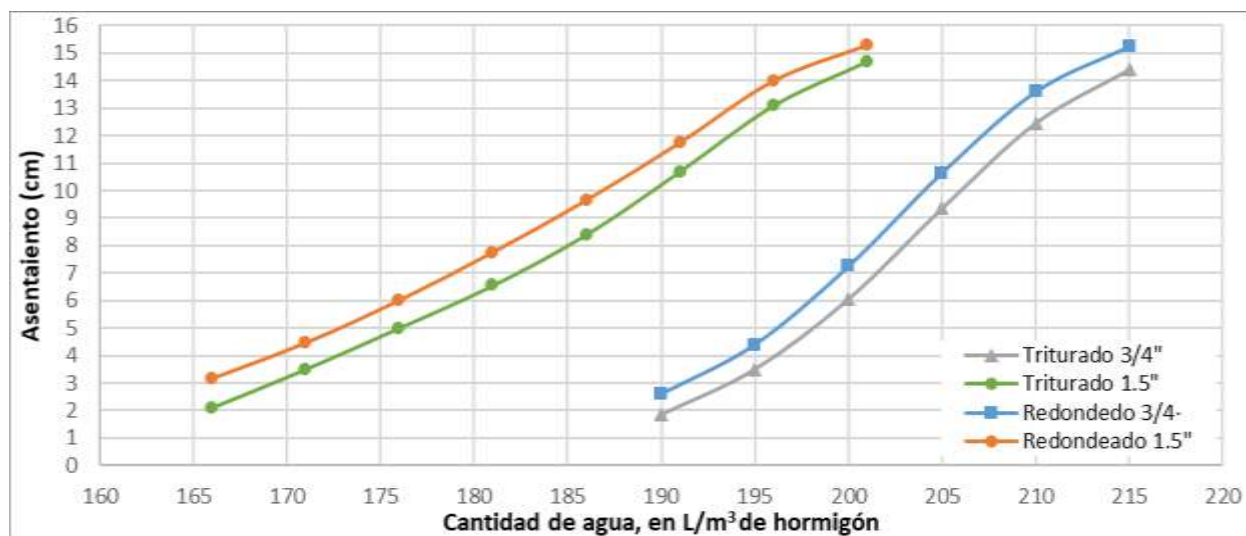
Gráfica 8, Gráfica 9 y Gráfica 10 se puede observar la variación del asentamiento según la cuantía de agua que se utiliza para la elaboración del hormigón con cemento Guapán y una relación A/C 0.40, 0.55, 0.70 respectivamente, en donde tenemos los siguientes resultados.

Para agregados triturados de  $\frac{3}{4}$ " tenemos un asentamiento mínimo entre 1.25 cm a 2.50 cm con una cantidad de agua 190 litros y su asentamiento máximo se encuentra entre 15.15 cm a 15.75 cm con una cantidad de 215 litros; para el caso de material redondeado tenemos un asentamiento mínimo entre 3.05 cm a 3.6 cm con una cantidad de 190 litros de agua y su asentamiento máximo es de 15.55 cm con una cantidad de 215 litros.

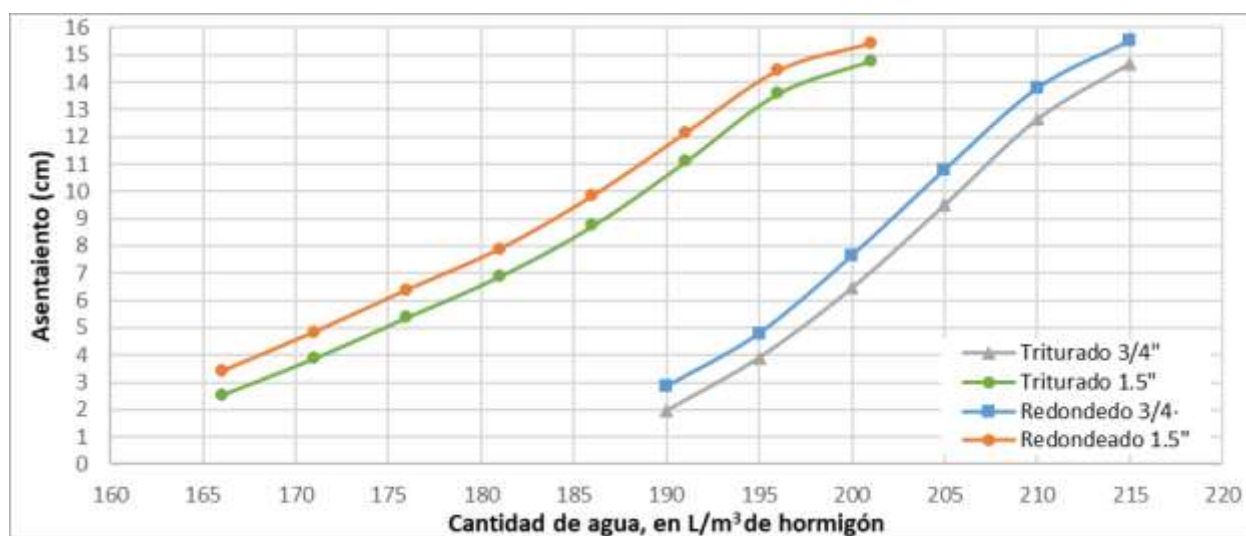
Para los agregados triturados de  $1\frac{1}{2}$ " tenemos un asentamiento mínimo entre 1.95 cm a 2.45 cm con una cantidad de 166 litros de agua y su asentamiento máximo se encuentra entre 14.55 cm a 14.85 con una cantidad de 201 litros; para el caso de material redondeado tenemos un asentamiento mínimo entre 2.95 cm a 3.45 cm con una cantidad de 166 litros de agua y su asentamiento máximo se encuentra entre 15.15 cm a 15.45 cm con una cantidad de 201 litros.

#### 4.2.2. Cemento Holcim.

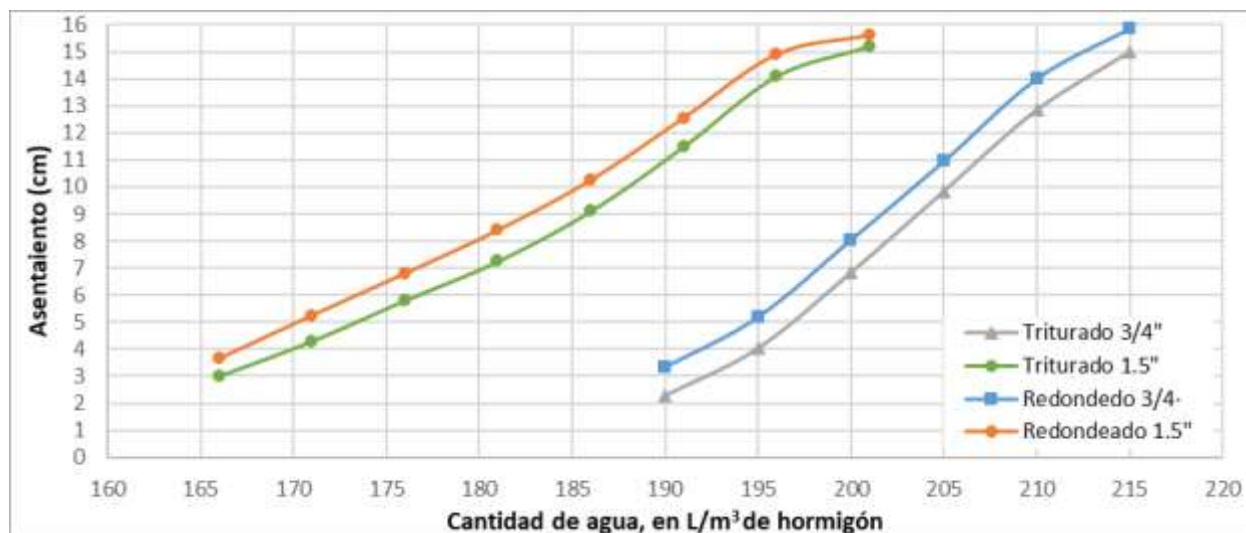
Se procedieron a graficar las curvas cantidad de agua versus asentamiento con cemento Holcim de los resultados obtenidos en laboratorio, se presentan de 12 curvas donde se puede observar la variación del asentamiento de acuerdo a las distintas mezclas.



Gráfica 11 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.40 y con uso de cemento Holcim.



Gráfica 12 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.55 y con uso de cemento Holcim.



Gráfica 13 Requerimientos de agua de mezclado para una relación A/C 0.70 y con uso de cemento Holcim.

En la Gráfica 11, Gráfica 12 y Gráfica 13 se puede observar la variación del asentamiento según la cuantía de agua que se utiliza dentro de la elaboración del hormigón con cemento Holcim y una relación A/C 0.40, 0.55, 0.70 respectivamente, en donde tenemos los siguientes resultados.

Para agregados triturados de  $\frac{3}{4}$ " tenemos un asentamiento mínimo entre 1.85 cm a 2.30 cm con una cantidad de agua 190 litros y su asentamiento máximo se encuentra entre 14.4 cm a 15 cm con una cantidad de 215 litros; para el caso de material redondeado tenemos un asentamiento mínimo entre 2.6 cm a 3.35 cm con una cantidad de 190 litros de agua y su asentamiento máximo entre 15.25 cm a 15.85 cm con una cantidad de 215 litros.

Para los agregados triturados de  $1\frac{1}{2}$ " tenemos un asentamiento mínimo entre 2.1 cm a 3 cm con una cantidad de 166 litros de agua y su asentamiento máximo se encuentra entre 14.7 cm a 15.2 con una cantidad de 201 litros; para el caso de material redondeado tenemos un asentamiento mínimo entre 3.15 cm a 3.65 cm con una cantidad de 166 litros de agua y su asentamiento máximo se encuentra entre 15.3 cm a 15.6 cm con una cantidad de 201 litros.

Luego de haber analizado todos los resultados plasmados anteriormente tanto para el caso de las distintas relaciones A/C, como para el tipo de cemento, se pudo extraer la siguiente información sobre los agregados, la cantidad de agua y asentamiento.

La forma de los agregados y de igual manera la textura, afecta netamente el asentamiento debido a que los “materiales redondeados provienen de fuentes aluviales, por el arrastre toma una forma redondeada y una textura lisa; mientras que, los agregados triturados tienen una forma rugosa y angulosa” [5]. Debido a la trabajabilidad que le ofrece cada uno de los materiales, la cantidad de agua a emplearse varía para ello los agregados de forma redondeada tienen mayor asentamiento que uno triturado empleando la misma cantidad de agua.

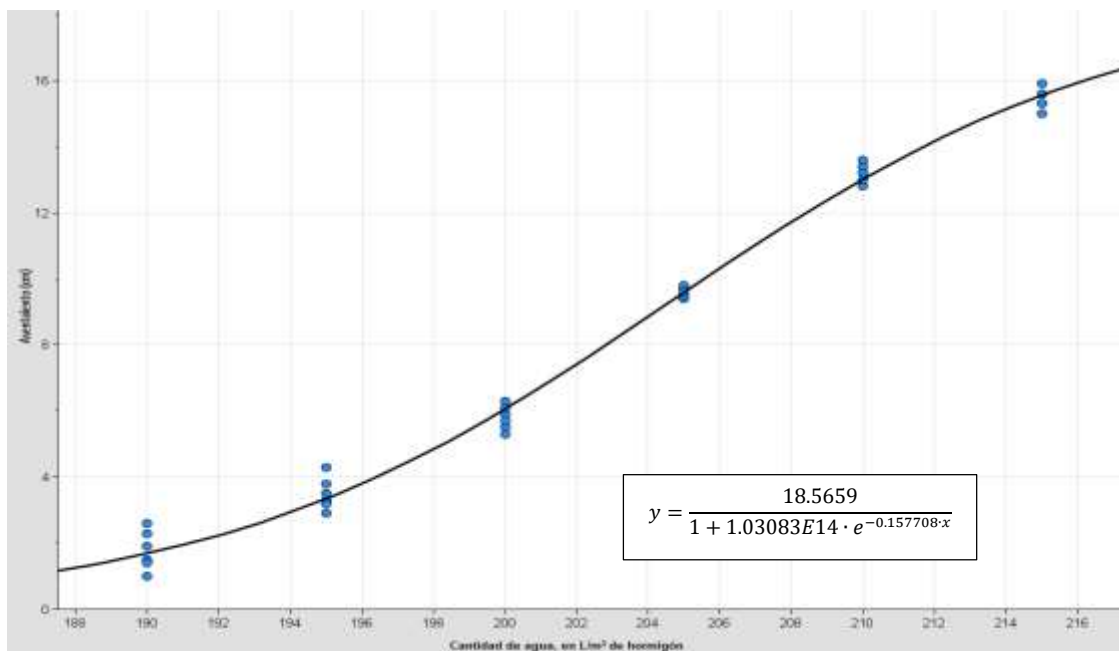
El tamaño de las partículas afecta de manera considerable la cuantía de agua que se utiliza para la elaboración de hormigón, pudiéndose observar que entre un agregado de  $\frac{3}{4}$ ” con uno de  $1\frac{1}{2}$ ” tienen una variación aproximada de 25 litros, pero obteniendo un asentamiento similar al de  $\frac{3}{4}$ ”. Según se vaya aumentando la cantidad de agua en una mezcla, entre dos tipos de agregados del mismo tamaño, pero de diferente textura, van disminuyendo su asentamiento notablemente llegando a variar hasta milímetros entre ellos.

#### ***4.3. Análisis del asentamiento del hormigón en estado fresco según el tipo de cemento.***

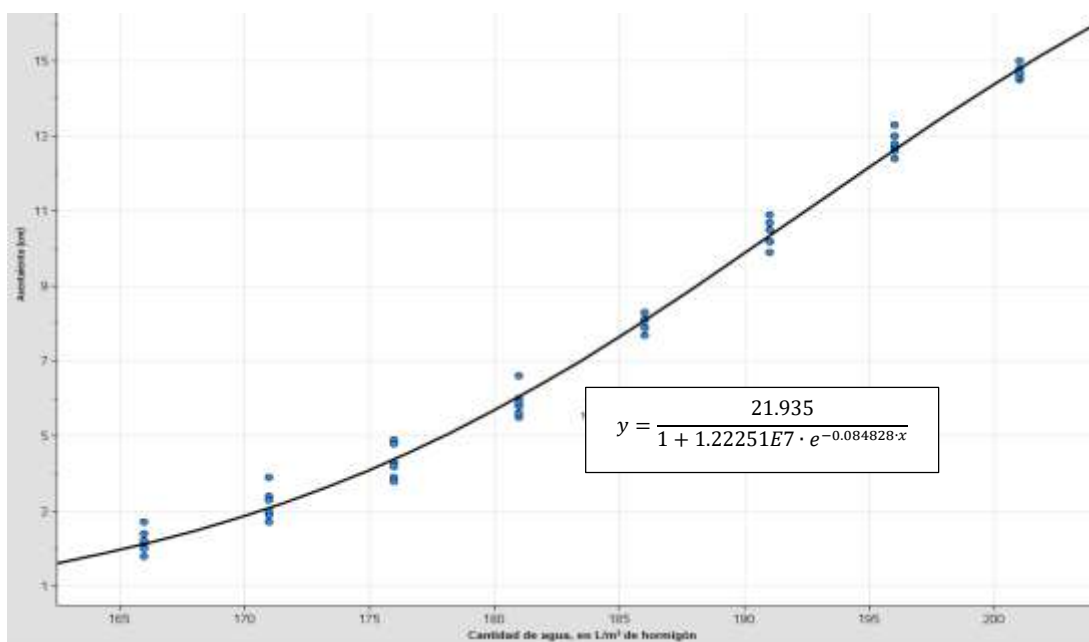
En este punto se realizará un ajuste del requerimiento de agua para obtener un asentamiento adecuado de la mezcla en estado fresco respecto a la cantidad de agua, el tipo de cemento de cada uno de los agregados que se utilizaron para el presente estudio.

##### ***4.3.1. Cemento Guapán.***

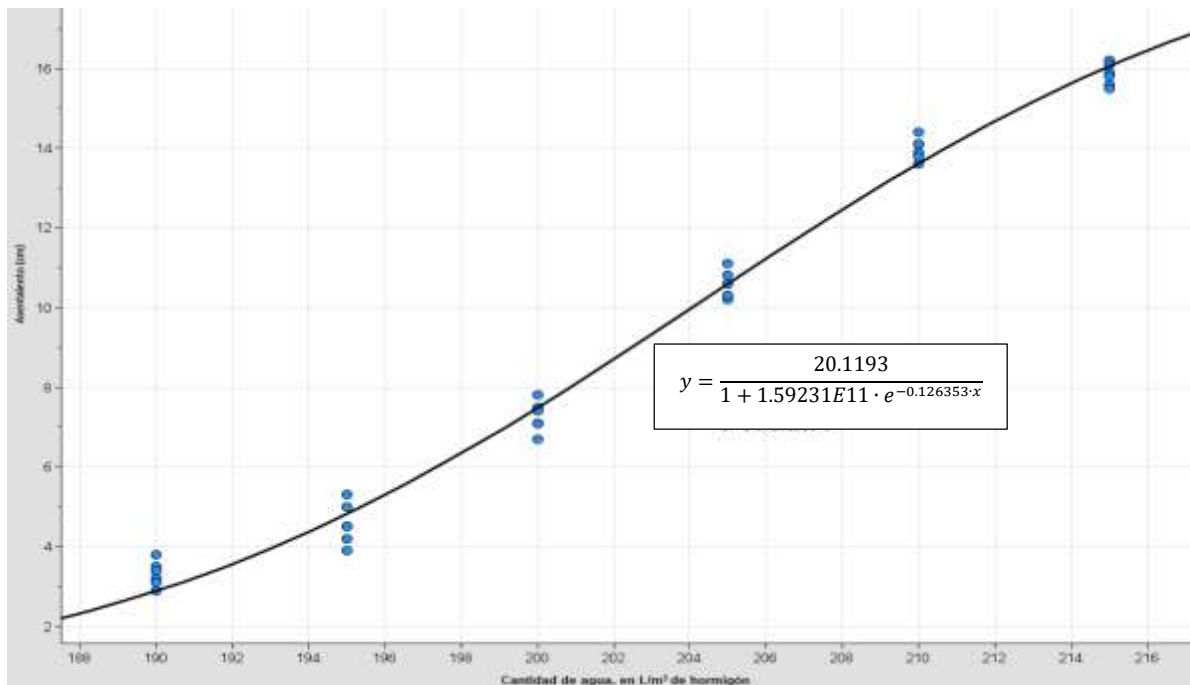
Para todos los agregados que se emplearon dentro de los ensayos con el uso de cemento Guapán se procede a realizar un ajuste de cada una de las curvas de cantidad de agua vs asentamiento pudiendo obtener los siguientes gráficos y ecuaciones que se presentan a continuación.



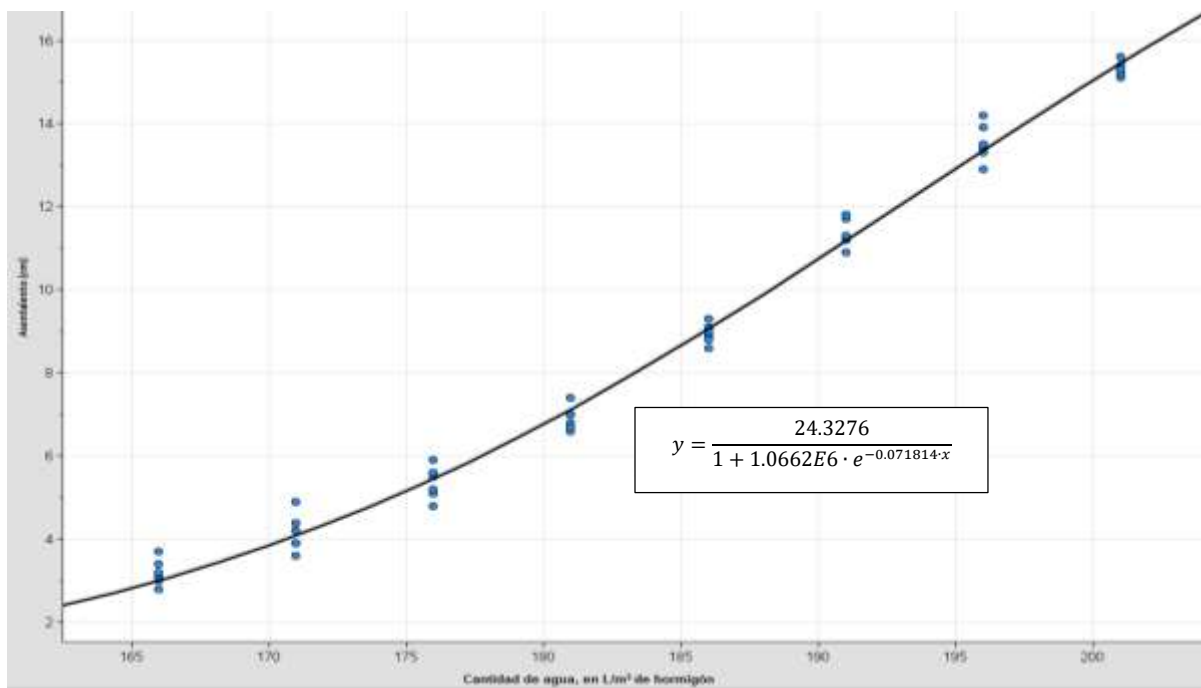
Gráfica 14 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado triturado de 3/4" con cemento Guapán



Gráfica 15 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado triturado de 1/2" con cemento Guapán

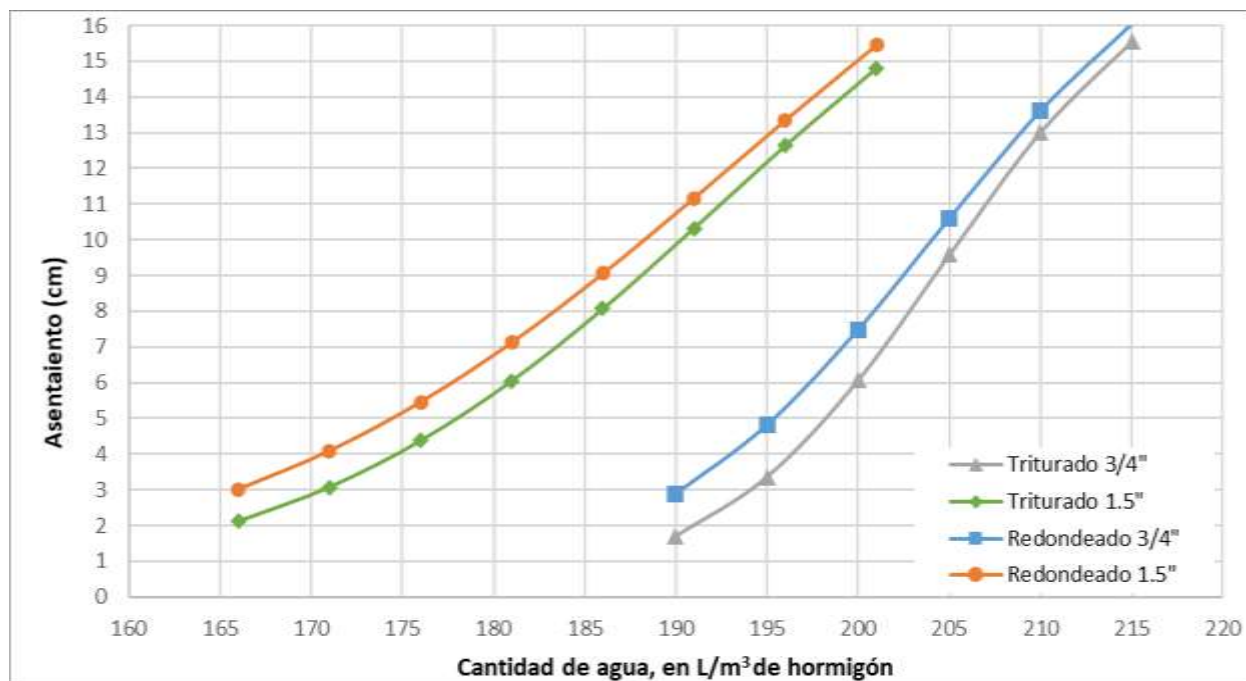


Gráfica 16 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado redondeado de 3/4\" con cemento Guapán



Gráfica 17 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado redondeado de 1 1/2\" con cemento Guapán

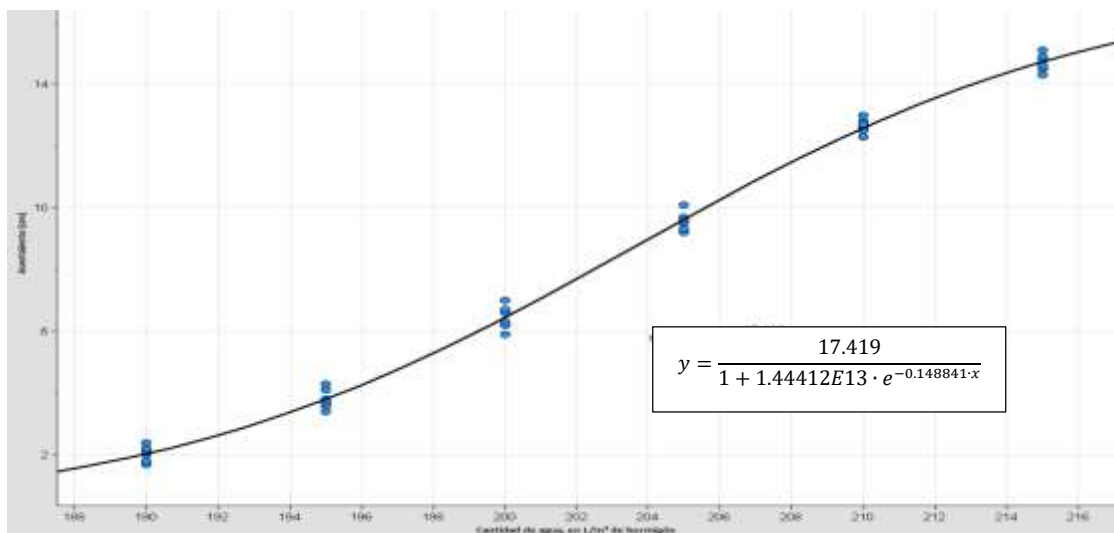
De acuerdo a las gráficas expuestas se ha realizado un ajuste de los requerimientos de agua para la elaboración de mezclas con cemento Guapán en el cual contempla cada una de las relaciones A/C y tamaño de agregado obteniendo las ecuaciones de cada una de estas, por lo tanto, el requerimientos de agua de mezclado con cemento Guapán se representa en la Gráfica 18.



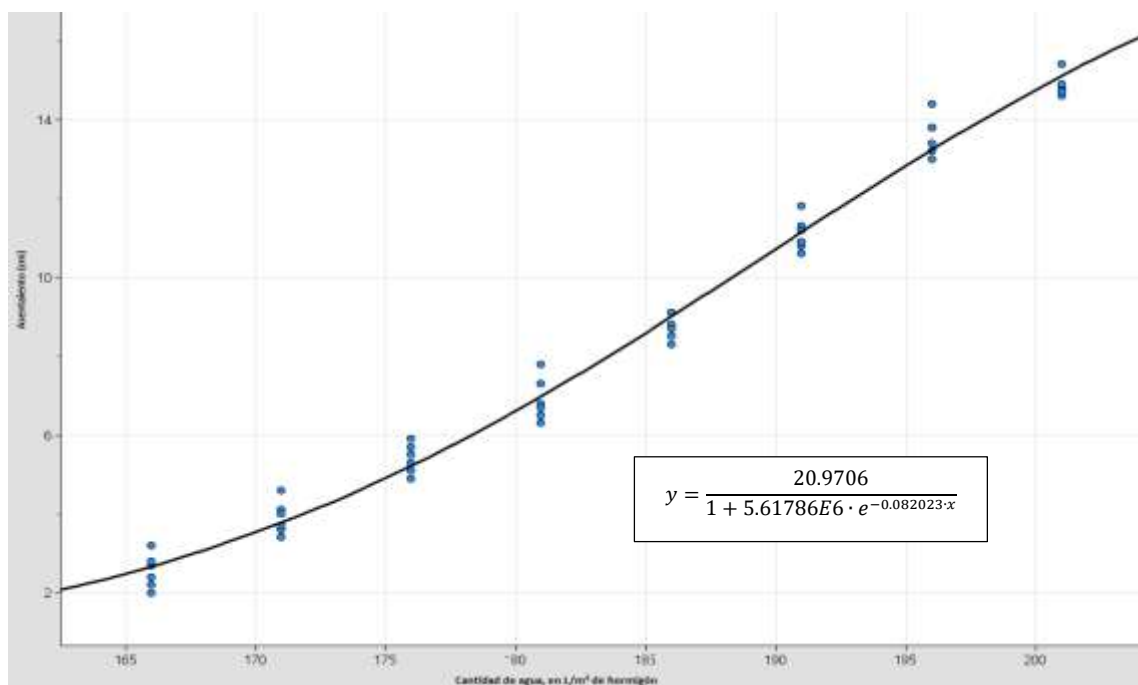
Gráfica 18 Requerimientos de agua con cemento Guapán

#### 4.3.2. *Cemento Holcim*

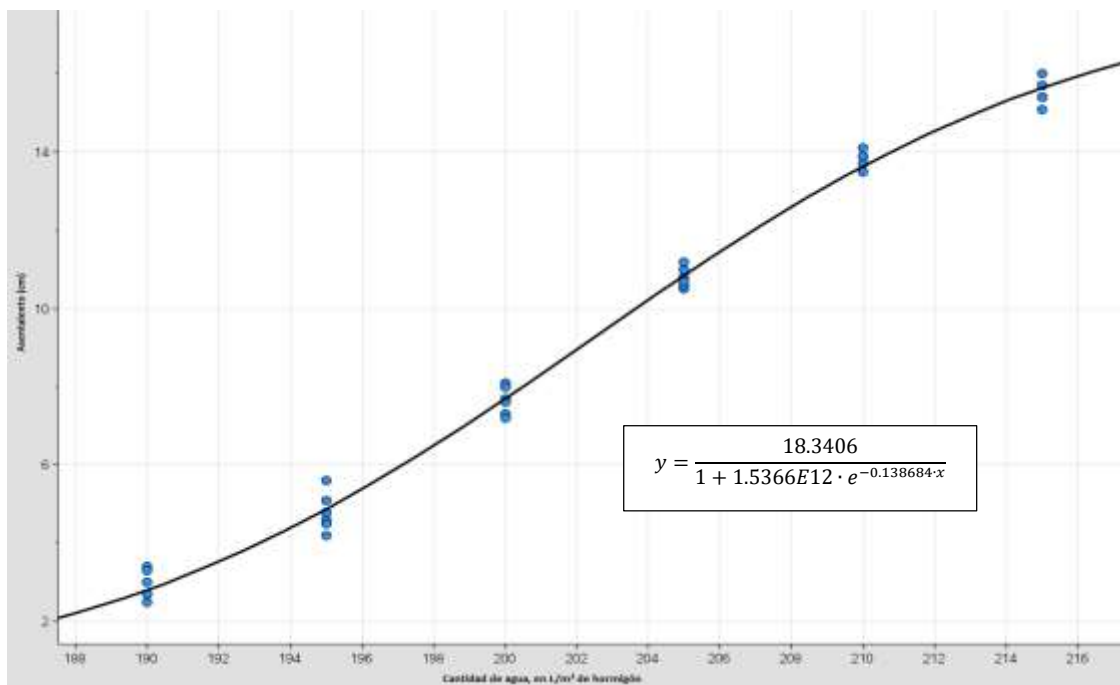
Para todos los agregados que se emplearon dentro de los ensayos con el uso de cemento Holcim se procede a realizar un ajuste de cada una de las curvas de cantidad de agua vs asentamiento pudiendo obtener los siguientes gráficos y ecuaciones que se presentan a continuación.



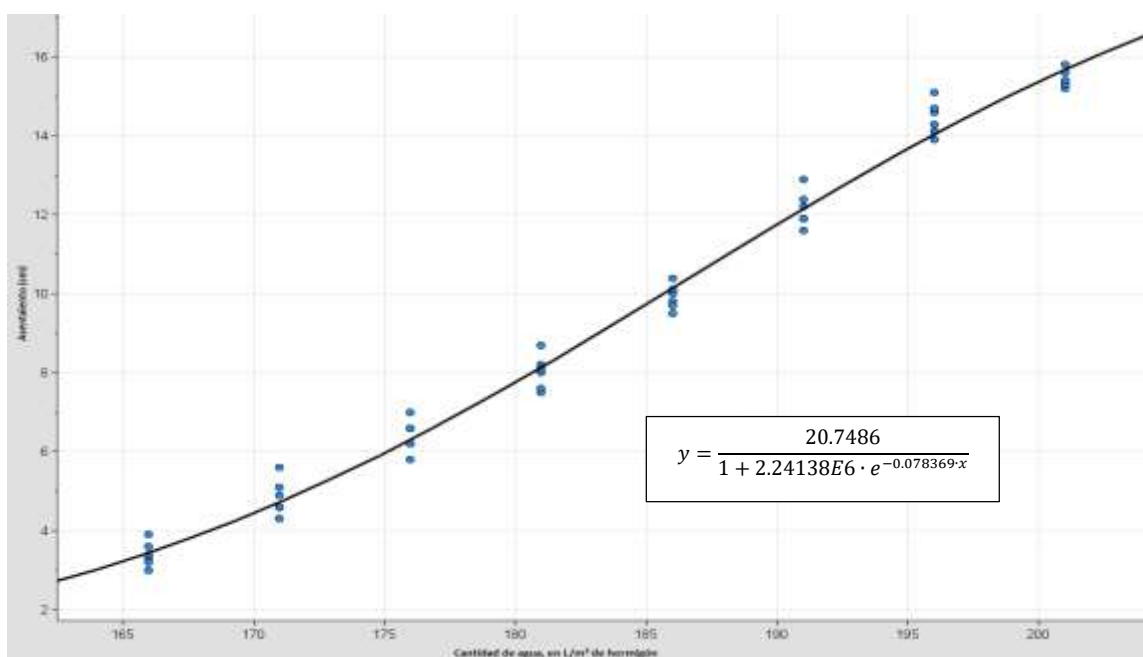
Gráfica 19 Ajuste de requerimientos para un agregado triturado de 3/4" con cemento Holcim



Gráfica 20 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado triturado de 1 1/2" con cemento Holcim

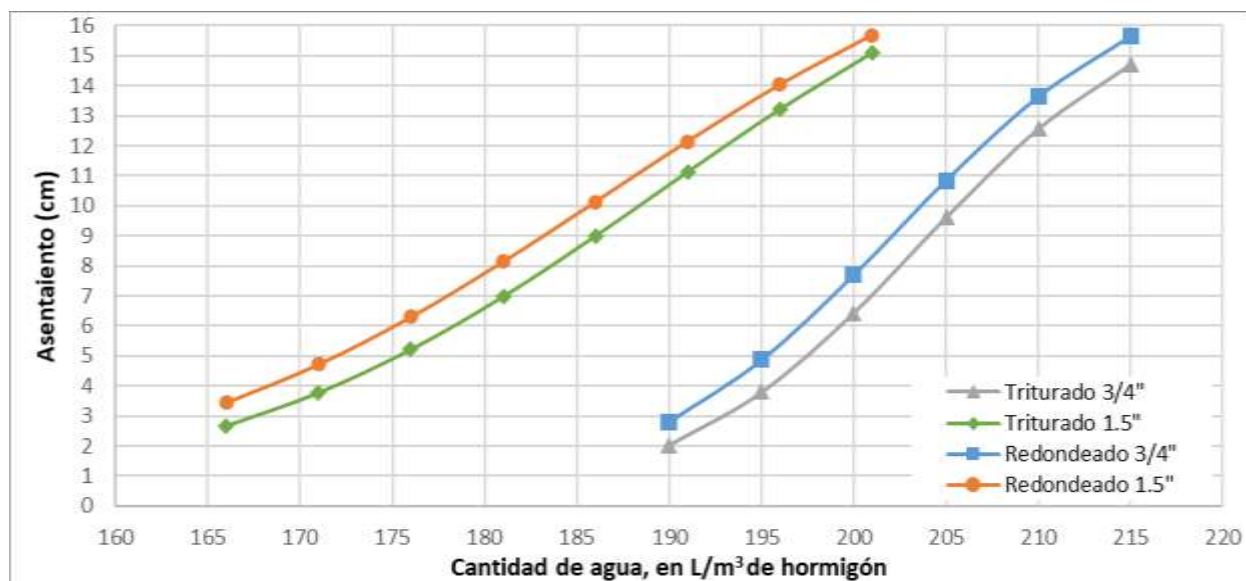


Gráfica 21 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado redondeado de 3/4\" con cemento Holcim



Gráfica 22 Ajuste de requerimientos de agua para un agregado redondeado de 1 1/2\" con cemento Holcim

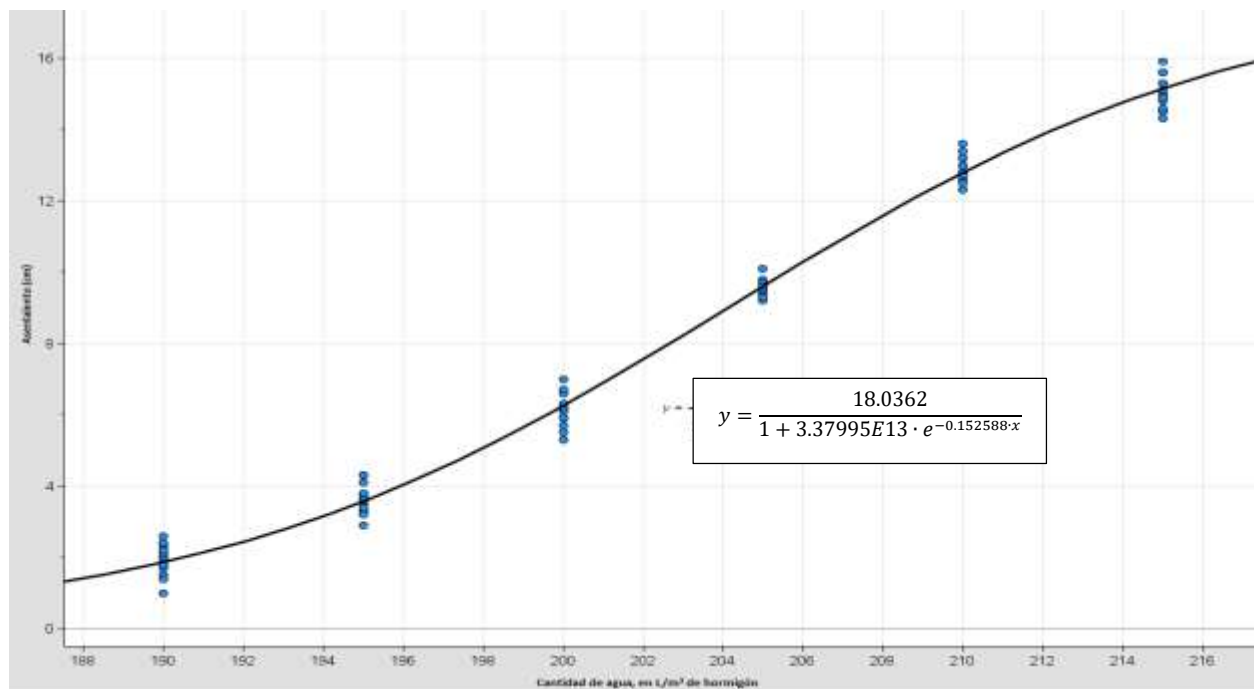
De acuerdo a las gráficas expuestas se ha realizado un ajuste de los requerimientos de agua para la elaboración de mezclas con cemento Holcim en el cual contempla cada una de las relaciones A/C y tamaño de agregado obteniendo las ecuaciones de cada una de estas, por lo tanto, el requerimiento de agua de mezclado con cemento Holcim se representa en la Gráfica 23.

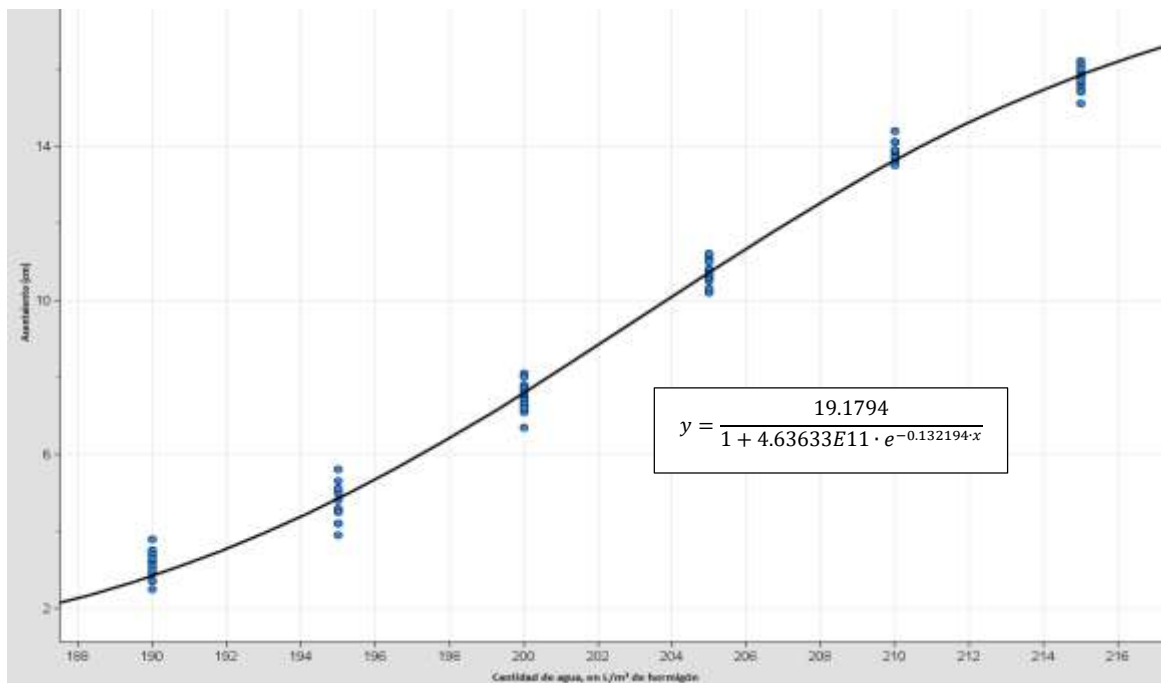


Gráfica 23 Requerimientos de agua con cemento Holcim

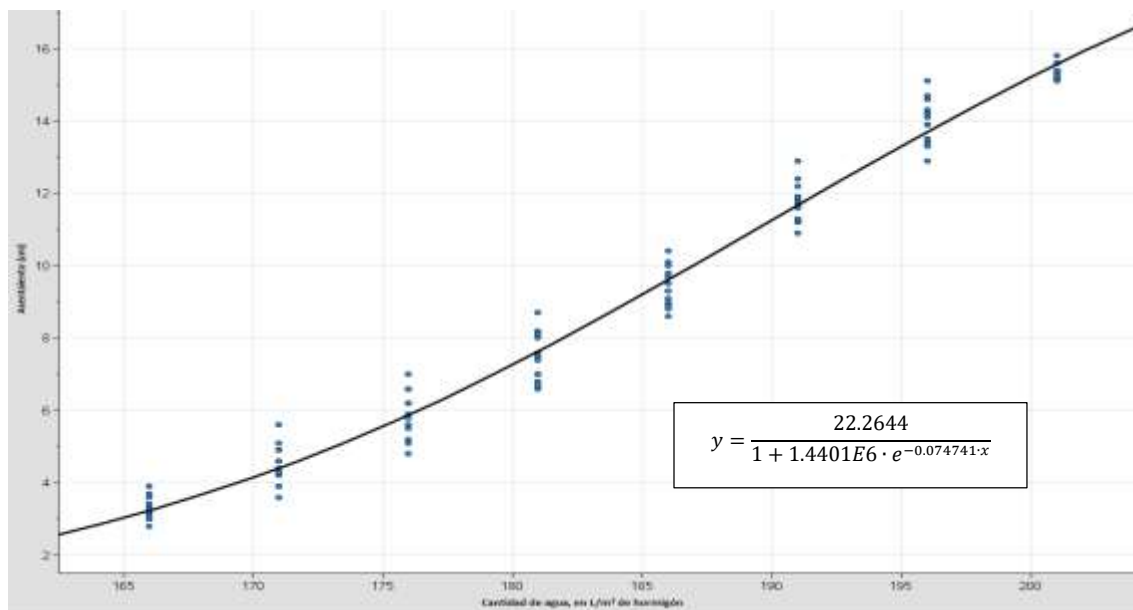
#### 4.4. Curva general de asentamiento y requerimiento de agua.

Para todos los agregados que se emplearon dentro de los ensayos con el uso de cemento Guapán y Holcim se procede a realizar un ajuste de cada una de las curvas de cantidad de agua vs asentamiento pudiendo obtener los siguientes gráficos y ecuaciones que se presentan a continuación.





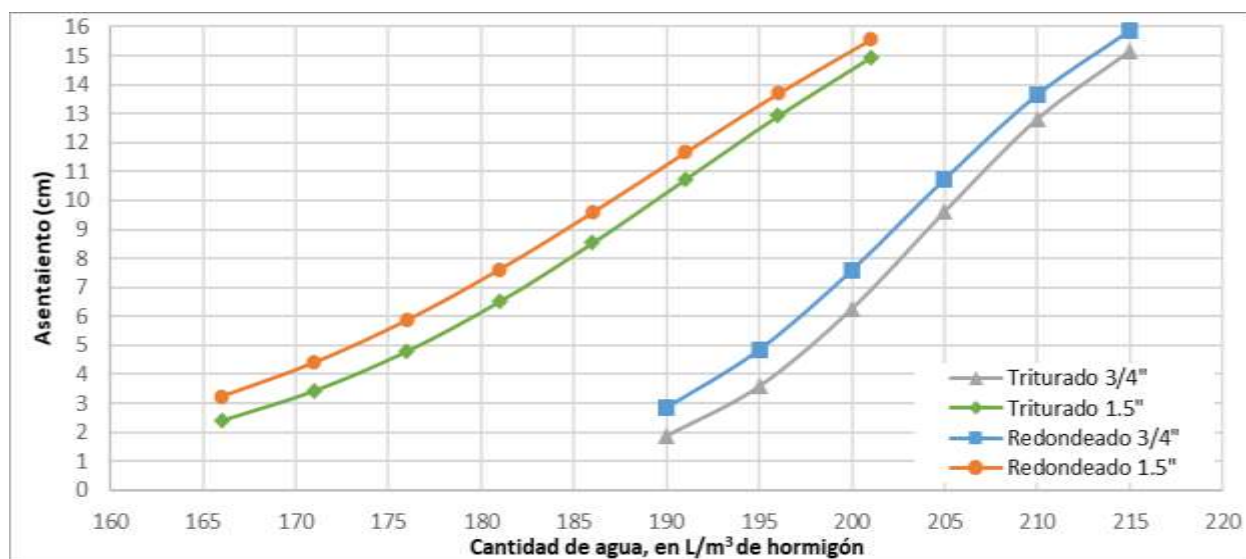
Gráfica 26 Curva general de requerimientos de agua con agregado redondeado de 3/4"



Gráfica 27 Curva general de requerimientos de agua con agregado redondeado de 1 1/2"

En las expuestas anteriormente se ha realizado un ajuste de los requerimientos de agua para la elaboración de mezclas con el cemento Guapán y Holcim en el cual contempla cada una de las relaciones A/C y tamaño de agregado obteniendo las ecuaciones de cada una de estas, por lo tanto

en la Gráfica 28 se presenta las curvas generales para la estimación de cantidad de agua que se puede emplear para el diseño de mezclas dentro de nuestra localidad.



Gráfica 28 Requerimientos de agua para elaboración de mezcla

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Luego de haber realizado las pruebas correspondientes y un adecuado análisis se pudo concluir que la elaboración de las curvas de cantidad de agua versus asentamiento ayuda en gran medida a un adecuado diseño de hormigón, puesto que esto plasman de correcta manera la cantidad de agua adecuada a emplearse dentro de una mezcla utilizando materiales que se distribuyen dentro del cantón Azogues.

Uno de los primeros resultados obtenidos, fue el análisis granulométrico, en donde se pudo determinar la adecuada distribución del material empleado para la elaboración de mezcla, cumpliendo con la normativa. De igual modo se procedió a determinar las densidades, pesos específicos, absorción de los materiales para la adecuada estimación de la cantidad de material a utilizarse para la elaboración de los ensayos.

Dentro del análisis de las curvas cantidad de agua versus el asentamiento se determinó los siguientes resultados.

- Las gráficas de las curvas de cantidad de agua versus asentamiento según la relación A/C, contemplado el uso de los mismas cantidades y tipos de materiales, existente una variación muy pequeña entre cada relación el que no excede más 1.5 cm entre cada curva.
- Las curvas de cantidad de agua versus asentamiento que se graficaron según el tipo de cemento se lo determinaron a través de una regresión logística, con lo cual se pudo comprar entre ellas y obteniendo una variación muy pequeña entre cada cemento que no excede más 1.0 cm de diferencia entre cada curva.
- Las curvas de cantidad de agua versus asentamiento general que se plantea el presente estudio se elaboraron con el uso de todos los ensayos realizados, considerando la relación A/C y el tipo de cemento; el cual se pudo determinar a través de una regresión logística el cual plasma las curvas idóneas para el adecuado diseño de hormigón dentro de la localidad.

- Debido a la trabajabilidad que le ofrece los materiales con forma redondeada y textura lisa tienen mayor asentamiento que los de forma rugosa y angulosa con una diferencia de asentamiento no mayor a 1.5 cm.
- El tamaño de las partículas afecta en gran medida la cuantía de agua que se debe emplear, como es en el caso de los agregados de  $\frac{3}{4}$ " con uno de  $1\frac{1}{2}$ " tiene una variación aproximada de 25 litros de agua uno del otro; a pesar de esta diferencia, dichas mezclas alcanzan un asentamiento similar entre ellas con la misma cantidad de agua.
- A mayor cantidad de agua que se emplee dentro de una mezcla la diferencia de asentamiento que existe entre dos tipos de agregados del mismo tamaño, pero de diferente textura, van disminuyendo su asentamiento notablemente llegando a variar hasta milímetros entre ellos.

## ***5.2 Recomendaciones***

- Elaborar un estudio similar empleando otras granulometrías que no se presentaron en esta investigación.
- Estudiar el efecto que casusa los aditivos plastificantes dentro de la curva cantidad de agua y asentamiento.
- Realizar un levantamiento de información de las diferentes mezclas de hormigón de acuerdo al asentamiento obtenido en campo.
- Analizar la resistencia del hormigón partiendo del tipo de asentamiento, tamaño de agregado, cantidad de agua y la cantidad de cemento.

### 5.3 Referencias bibliográficas

- [1] F. Abanto, *Tecnología del concreto: teoría y problemas*. Lima, Perú: San Marcos, 2009.
- [2] O. Giraldo, «Guía practica para el diseño de mezclas de hormigón». Universidad Nacional De Colombia, oct. 1987. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/38175787/Gu%C3%ADa\\_Practica\\_para\\_el\\_dise%C3%B1o\\_de\\_Mezclas\\_de\\_Hormig%C3%B3n\\_Concreto\\_](https://www.academia.edu/38175787/Gu%C3%ADa_Practica_para_el_dise%C3%B1o_de_Mezclas_de_Hormig%C3%B3n_Concreto_)
- [3] S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese, y J. Tanesi, *Diseño y control de mezclas de concreto*, 1.ª ed. Skokie, Illinois, EE.UU.: Portland Cement Association, 2004.
- [4] A. Oshiro *et al.*, *Ese material llamado hormigón*, 1º. Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 2012.
- [5] R. Matallana, *El Concreto Fundamentos y Nuevas Tecnologías*. Bogota, Colombia: Compañía Colombiana de Ceramica Corona, 2019.
- [6] Instituto Ecuatoriano de Normalización, «Cemento hidráulico. Deficinición de términos». Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010.
- [7] A. Neville, *Tecnología del concreto*. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1995.
- [8] L. Gutiérrez, *Concreto y Otros Materiales para la Construcción*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional De Colombia - Manizales, 2002.
- [9] E. Nawy, *Concreto reforzado: un enfoque básico*. México, D.F., México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1994.
- [10] J. Porrero, C. Ramos, J. Grases, y G. Velazco, *Manual del concreto estructural: conforme a la norma COVENIN 1753:2003 - Proyecto y diseño de obras en concreto estructural*, 3º. Caracas, Venezuela: Siderúrgica del Turbio S.A., 2003.
- [11] G. Puyana, *Control Integral de la Edificación. III Administración y Mantenimiento*, 2º. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores LTDA., 1997.
- [12] P. Heras y L. Geraldine, «Evaluación de la calidad del concreto usado en construcciones informales en la ciudad de Eten, provincia de Chiclayo, región Lambayeque en el año 2017», Universidad San Marin de Porres, Chiclayo, Perú, 2017. Accedido: ene. 19, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/3942>

- [13] A. Montejo, F. Montejo, y A. Montejo, *Tecnología y patología del concreto armado*, 1°. Bogota, Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2013.
- [14] J. Niño, *Tecnología del concreto: materiales, propiedades y diseño de mezclas*, 3°. Bogotá, D.C., Colombia: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010.
- [15] Amercian Concrete Institute, *Standard Practice for selecting proportions for structural lightweight concrete*. 1972.
- [16] A. Sandino, *Materiales para estructuras*, 1ª. Bogota, Colombia: Universidad Nacional De Colombia, 1988.
- [17] D. Sánchez, *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, D.C., Colombia: Bhandar Editores, 1993.
- [18] ConstruReyes Ingeniería, *Asentamiento o Revenimiento del Concreto - Consistencia, Slump*, (jul. 17, 2019). Accedido: jul. 04, 2021. [En línea Video]. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=TvJixqWbBCM&ab\\_channel=ConstruReyesIngenier%C3%ADa](https://www.youtube.com/watch?v=TvJixqWbBCM&ab_channel=ConstruReyesIngenier%C3%ADa)
- [19] J. Franco, «HORMIGÓN FRESCO Trabajabilidad Segregación Exudación Dosificación - ppt descargar», 2015. <https://slideplayer.es/slide/5502404/> (accedido jul. 04, 2021).
- [20] American Society for Testing and Materials, Ed., «Test Method for Ball Penetration in Freshly Mixed Hydraulic Cement Concrete». American Society for Testing and Materials, 1992. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/WITHDRAWN/C360.htm>
- [21] M. Ramírez, «Determinación de la manejabilidad de mezclas de concreto de bajo asentamiento utilizando el método de ensayo del consistómetro Vebe», Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asuncion, 2017.
- [22] I. N. A. Construcción, «Recomendaciones para realizar un vaciado de concreto», *Inaconstruccion*, jun. 24, 2019. <https://arqmorales009.wixsite.com/inaconstruccion/post/recomendaciones-para-realizar-un-vaciado-de-concreto> (accedido jun. 29, 2021).
- [23] Aceros Arequipa, «Boletín Construyendo Edición N°32». [https://www.acerosarequipa.com/en/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion\\_32/siempre-seguros-botiquin-basico-de-primeros-auxilios.html](https://www.acerosarequipa.com/en/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion_32/siempre-seguros-botiquin-basico-de-primeros-auxilios.html) (accedido jun. 29, 2021).

- [24] H. Gutiérrez y R. Vara, *Análisis y diseño de experimentos*, 2º. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V., 2008.
- [25] R. Hernández, C. Fernández, y M. Baptista, *Metodología de la investigación*, 6º. Mexico, D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
- [26] G. Rivera, *Concreto Simple*. Cauca, Perú: Universidad de Cauca, 2002.

## Anexo A. Volumen unitario de agua

Asentamiento (mm)	Agua en kg/m <sup>3</sup> de concreto para los TMN del agregado angular							
	9.5	12.5	19	25	37.5	50	75	150
Concreto sin aire incorporado								
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 incorporado								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	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

**Fuente:** Standard Practice for selecting proportions for structural lightweight concrete [15].

**Anexo B.** Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura.

<b>Módulo de Finura</b>	<b>Agregado Fino</b>
Menor que 2.0	Muy fino o extra fino
2.0-2.3	Fino
2.3- 2.60	Ligeramente fino
2.60-2.90	Mediana
2.90-3.20	Ligeramente gruesa
3.20- 3.50	Gruesa
Mayor que 3.50	Muy gruesa o extra gruesa


**Fuente:** Concreto Simple [26, p. 60]

Anexo C. Ensayos en Laboratorio



**Anexo D. Asentamientos.**

## Anexo E. Certificado de no adeudar libros en Biblioteca

 <p>Universidad Católica de Cuenca</p>	<b>CERTIFICADO DE NO ADEUDAR LIBROS EN BIBLIOTECA</b>	<p>CÓDIGO: F – DB – 31 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página 1 de 1</p>
---	---	--

El Bibliotecario de la Sede Azogues

**CERTIFICA:**

Que, **Sebastian Patricio Tandazo Parra** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302197793** de la Carrera de **Ingeniería Civil**, Sede Azogues, Modalidad de estudios presencial no adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, **19 de agosto del 2021.**



**Byron Alonso Torres Romo**  
Bibliotecario Biblioteca Universitaria  
MONS. FROILAN POZO QUEVEDO

## Anexo F. Certificado de Anti Plagio.



UCACUE-CAVU-UT-2021-014-AP  
Azogues, 21 de julio de 2021

Ingeniero  
Ricardo Romero González  
DIRECTOR DE CARRERA

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

**ASUNTO:** Índice de similitud del trabajo de titulación del estudiante  
*Tandazo Parra Sebastián Patricio*

**REFERENCIA:**

- OFICIO Nº UCCSA-JC-010 -21
- UCACUE-CAVU-UT-2021-013-AP
- email Crespo Crespo 20210720

Reciban un cordial y atento saludo; en atención a la solicitud en referencia adjunto el presente *ÍNDICE DE SIMILITUD TURNITIN* del trabajo de titulación: "*Análisis de la manejabilidad del hormigón con materiales empleados en la ciudad de Azogues, considerando su contenido de agua y asentamiento*", elaborado por el estudiante *TANDAZO PARRA SEBASTIÁN PATRICIO*. El resultado presenta un índice de similitud del CINCO POR CIENTO (05%), siendo menor 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 Turnitin.



Particular que pongo a su conocimiento para fines pertinentes.

Atentamente;  
DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

 Verifique el autenticamiento por  
**CRISTIAN ARTURO VINTIMILLA ULLOA**  
 Ing. Cristian Arturo Vintimilla Ulloa MSc.  
 RESPONSABLE DE UNIDAD DE TITULACIÓN  
 INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES

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

## Anexo G. Autorización de Repositorio

 <p>Universidad Católica de Cuenca</p>	<p><b>DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD</b></p>	<p>CÓDIGO: F – DB – 34 VERSION: 01 FECHA: 2021-04-15 Página 1 de 1</p>
---	---	--

### Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

**Sebastian Patricio Tandazo Parra** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0302197793. Declaro ser el autor de la obra: “**Análisis de la manejabilidad del hormigón con materiales empleados en la ciudad de Azogues, considerando su contenido de Agua y asentamiento**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

**Azogues, 13 de agosto de 2021**



F: .....

**Sebastian Patricio Tandazo Parra**

**C.I. 0302197793**