



**Universidad de Guayaquil**

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A  
LA OBTENCION DEL TITULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**VÍAS**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE HORMIGONES CON RESISTENCIA DE  
35 Y 21 MPa UTILIZANDO MATERIALES DE CANTERA DE  
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS Y PORTOVIEJO**

**AUTORES: DANNY GABRIEL ARAUZ ABAD**

**ANIBAL WLADIMIR AYO CEDEÑO**

**TUTOR: ING. GINO FLOR CHAVEZ, M.Sc.**

**GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2019**

## **Agradecimiento**

Agradezco primero a Dios por acompañarme y darme la oportunidad para culminar con éxito mis metas propuestas, a mis padres por su apoyo incondicional que han sido de guía para desempeñarme como una excelente persona, y así poder finalizar esta etapa tan importante de mi vida, gracias por sus valiosos consejos los cuales han hecho de mí la persona que soy ahora y a mis compañeros que han sido de gran apoyo en esta etapa Universitaria.

Agradezco a nuestros docentes, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Arauz Abad Danny Gabriel.

Agradezco a toda mi familia que siempre me han apoyado en el transcurso de mi vida, en cada problema que se ha presentado en este periodo de mi formación como Ingeniero Civil y a las amistades que he obtenido en esta etapa de mi vida, han sido de gran apoyo.

Por último, a los ingenieros que fueron parte de mi formación académica con sus conocimientos compartidos y valores.

Ayo Cedeño Aníbal Wladimir.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y apoyo constante me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no tener adversidades y de ser una persona de bien.

Arauz Abad Danny Gabriel.

Este trabajo es dedicado para mis padres por su apoyo, comprensión y amor que siempre me han dado; ayudándome con los recursos necesarios para estudiar y en los momentos difíciles de mi vida. Y a mi hermano que siempre ha estado apoyándome a su manera y en lo que ha podido.

Ayo Cedeño Aníbal Wladimir.

## Declaración Expresa

**Artículo XI.- del Reglamento Interno de graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.**

La responsabilidad de los hechos ideas y doctrinas expuestas en este Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.



---

Danny Gabriel Arauz Abad  
0931925077



---

Aníbal Wladimir Ayo Cedeño  
1720715034

## Tribunal de Graduación

---

Ing. Fausto Cabrera Montes, M.Sc.  
**Decano**

---

Ing. Gino Flor Chávez, M.Sc.  
**Tutor**

---

**Vocal**

---

**Vocal**



Universidad de Guayaquil  
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas  
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION  
Telf: 2283348

ANEXO 11

---

Guayaquil, 28 de agosto 2019

### CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Yo, Ing. Francisco Javier Córdova Rizo, habiendo sido nombrado tutor del trabajo de titulación "ANALISIS COMPARATIVO DE HORMIGONES CON RESISTENCIA DE 35 Y 21 MPa UTILIZANDO MATERIALES DE CANTERA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS Y PORTOVIEJO" certifico que el presente, elaborado por Danny Gabriel Arauz Abad, con C. I. N.º 0931925077, del núcleo estructurante Vías, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO CIVIL, en la Carrera de Ingeniería Civil, ha sido REVISADO Y APROBADO en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.



Ing. Francisco Javier Córdova Rizo MS.c  
DOCENTE TUTOR REVISOR  
C/ #: 1200917605



Universidad de Guayaquil  
Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas  
Escuela de Ingeniería Civil

UNIDAD DE TITULACION  
Telf: 2283348

ANEXO 11

---

Guayaquil, 28 de agosto 2019

### CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Yo, Ing. Francisco Javier Córdova Rizo, habiendo sido nombrado tutor del trabajo de titulación "ANÁLISIS COMPARATIVO DE HORMIGONES CON RESISTENCIA DE 35 Y 21 MPa UTILIZANDO MATERIALES DE CANTERA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS Y PORTOVIEJO" certifico que el presente, elaborado por Aníbal Wladimir Ayo Cedeño, con C. I. N.º 1720715034, del núcleo estructurante Vías, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO CIVIL, en la Carrera de Ingeniería Civil, ha sido REVISADO Y APROBADO en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.

Ing. Francisco Javier Córdova Rizo MS.c  
DOCENTE TUTOR REVISOR  
CI #: 1200917605



**Universidad de Guayaquil**  
**Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**UNIDAD DE TITULACION**  
**Telf: 2283348**

**ANEXO 12**

## **LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, DANNY GABRIEL ARAUZ ABAD con C.I. N° 0931925077 , certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “ANÁLISIS COMPARATIVO DE HORMIGONES CON RESISTENCIA DE 35 Y 21 MPa UTILIZANDO MATERIALES DE CANTERA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS Y PORTOVIEJO” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

FECHA: 29 de agosto de 2019

**ARAUZ ABAD DANNY GABRIEL**

C.I. N° 0931925077

“CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de arte y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.



**Universidad de Guayaquil**  
**Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**UNIDAD DE TITULACION**  
**Telf: 2283348**

**ANEXO 12**

## **LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, ANIBAL WLADIMIR AYO CEDEÑO con C.I. N° 17201715034 , certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “ANÁLISIS COMPARATIVO DE HORMIGONES CON RESISTENCIA DE 35 Y 21 MPa UTILIZANDO MATERIALES DE CANTERA DE SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS Y PORTOVIEJO” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad y según el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines no académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente.

FECHA: 29 de agosto de 2019

**AYO CEDEÑO ANIBAL WLADIMIR**

C.I. N° 1720715034

“CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899-Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de arte y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

# ÍNDICE GENERAL

## Capítulo I

### Generalidades

1.1. Introducción .....	1
1.2. Contexto de la Investigación .....	2
1.4. Delimitación del Problema.....	3
1.5. Objetivo General.....	4
1.5.1. Objetivos Específicos. ....	5
1.6. Justificación .....	5

## Capítulo II

### Marco Teórico

2.1. Generalidades .....	7
2.2. Antecedentes Históricos.....	8
2.3. Pavimento .....	10
2.4. Componentes del Hormigón.....	11
2.4.1. Cemento.....	11
2.4.2. Agregados. ....	12
2.4.3. Agua. ....	19
2.4.4. Aditivos.....	20
2.5. Propiedades del Hormigón.....	21
2.5.1. Trabajabilidad.....	21
2.5.2. Resistencia.....	23
2.5.3. Durabilidad. ....	25

## Capítulo III

### Metodología

3.1. Generalidades .....	27
3.2. Ubicación .....	27
3.3. Resistencia de Diseño .....	27
3.4. Condiciones para el Diseño .....	28
3.5. Granulometría.....	28
3.5.1. Equipos y Materiales. ....	28
3.6. Densidades de los Agregados y Absorción .....	30
3.6.1. Agregado Fino. ....	30
3.6.2. Agregado Grueso. ....	32
3.7. Peso Volumétrico .....	33
3.7.1. Materiales. ....	33
3.7.2. Peso Volumétrico Suelto (P.V.S.).....	33
3.7.3. Peso Volumétrico Varillado (P.V.V.) .....	34
3.8. Ensayo de Abrasión de Los Ángeles .....	34
3.8.1. Materiales .....	34
3.8.2. Procedimiento.....	35
3.9. Resistencia a los Sulfatos .....	37
3.9.1. Materiales .....	37
3.9.2. Preparación de la Muestra.....	37
3.9.3. Procedimiento.....	39
3.10. Análisis del Hormigón en Estado Fresco .....	40
3.10.1. Prueba de Revenimiento.....	40
3.10.2. Medición de Temperatura. ....	41
3.11. Análisis del Hormigón en Estado Endurecido .....	42
3.11.1. Determinación de la Resistencia a Compresión.....	42
3.11.2. Determinación de la Resistencia a Flexión. ....	45

## Capítulo IV

### Interpretación de Resultados

4.1. Granulometría.....	48
4.1.1. Agregado Grueso. ....	48
4.1.2. Agregado Fino. ....	50
4.2. Densidad Saturada Superficie Seca y Absorción .....	52
4.3. Peso Volumétrico Suelto (P.V.S) y Varillado (P.V.V) .....	53
4.4. Ensayo de Abrasión de los Ángeles.....	54
4.5. Ensayo de Sulfato .....	55
4.6. Diseño de Mezcla de Hormigón.....	55
4.7. Resultados de Ensayos a Compresión .....	60
4.8. Resultados de Ensayos a Flexión .....	65
4.9. Correlación entre la Resistencia a la Compresión y la Resistencia a la Tracción por Flexión .....	69
4.10. Análisis de Resultados .....	70

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones .....	75
5.2. Recomendaciones.....	77

### Bibliografía

### Anexos

## Índice de Ilustraciones

<b>Ilustración 1:</b> Ensayo de Revenimiento .....	23
<b>Ilustración 2:</b> Ensayo Granulométrico de Agregado Grueso .....	29
<b>Ilustración 3:</b> Ensayo Granulométrico de Agregado Fino .....	30
<b>Ilustración 4:</b> Equipo a utilizar para Ensayo de Densidad y Absorción para Agregado Fino.....	31
<b>Ilustración 5:</b> Equipo a utilizar para Ensayo de Densidad y Absorción para Agregado Grueso .....	32
<b>Ilustración 6:</b> Balde Metálico para realizar el Ensayo de Peso Volumétrico Suelto .....	34
<b>Ilustración 7:</b> Balde Metálico para realizar el Ensayo de Peso Volumétrico Varillado .....	34
<b>Ilustración 8:</b> Ensayo de abrasión de los ángeles .....	36
<b>Ilustración 9:</b> Prueba de revenimiento .....	41
<b>Ilustración 10:</b> Medición de revenimiento .....	41
<b>Ilustración 11:</b> Compactación de cilindros con varilla .....	43
<b>Ilustración 12:</b> Colocación de la fecha de elaboración en los cilindros de concreto.....	44
<b>Ilustración 13:</b> Ensayo de resistencia a la Compresión del Concreto.....	45
<b>Ilustración 14:</b> Compactación de vigas con varilla.....	46
<b>Ilustración 15:</b> Ensayo de Resistencia a Flexión .....	47
<b>Ilustración 16:</b> Curva granulométrica del agregado grueso de Roca -arena .....	49
<b>Ilustración 17:</b> Curva granulométrica del agregado grueso de Copeto.....	50
<b>Ilustración 18:</b> Curva granulométrica del agregado fino de Roca-Arena .....	51
<b>Ilustración 19:</b> Curva granulométrica del agregado fino de Copeto.....	52
<b>Ilustración 20:</b> Comparación de Resistencias a la Compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a diferentes edades.....	63
<b>Ilustración 21:</b> Comparación de Resistencias a la Compresión $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ a diferentes edades de probetas .....	65
<b>Ilustración 22:</b> Comparación del Módulo de rotura en vigas de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a diferentes edades.....	67
<b>Ilustración 23:</b> Comparación del Modulo de rotura de vigas de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ a diferentes edades.....	69
<b>Ilustración 24:</b> Comparación de Resistencias a la Compresión de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 28 días .....	73
<b>Ilustración 25:</b> Comparación de Resistencias a la Compresión de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 28 días.....	74

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Normas AASHTO y ASTM para ensayos al polvo de cemento .....	12
<b>Tabla 2:</b> Porcentaje de Sustancias Perjudiciales en el Agregado Grueso .....	14
<b>Tabla 3:</b> Granulometría de agregado fino .....	14
<b>Tabla 4:</b> Requisitos Granulométricos para agregados gruesos .....	17
<b>Tabla 5:</b> Límites permisibles de sustancias en el agua.....	20
<b>Tabla 6:</b> Clasificación de aditivos.....	21
<b>Tabla 7:</b> Datos para el diseño de hormigón .....	28
<b>Tabla 8:</b> Referencia de los Datos para el Ensayo Granulométrico .....	29
<b>Tabla 9:</b> Graduación según del ensayo de Los Ángeles.....	35
<b>Tabla 10:</b> Numero de esferas según la carga aplicada.....	36
<b>Tabla 11:</b> Tabla de Fracciones de Muestra para el Agregado Grueso .....	38
<b>Tabla 12:</b> Tabla de Fracciones de Muestra para el Agregado Fino .....	38
<b>Tabla 13:</b> Granulometría del Agregado Grueso Roca-Arena.....	48
<b>Tabla 14:</b> Granulometría del Agregado Grueso de Copeto .....	49
<b>Tabla 15:</b> Granulometría del Agregado Fino Roca-Arena.....	50
<b>Tabla 16:</b> Granulometría del Agregado Fino de Copeto .....	51
<b>Tabla 17:</b> D.S.S.S del Agregado Fino.....	52
<b>Tabla 18:</b> D.S.S.S del Agregado Grueso .....	52
<b>Tabla 19:</b> Absorción de los Agregado Fino.....	53
<b>Tabla 20:</b> Absorción del Agregado Grueso.....	53
<b>Tabla 21:</b> P.V.S. del Agregado Fino del Material Roca-Arena.....	53
<b>Tabla 22:</b> P.V.S. del Agregado Grueso.....	54
<b>Tabla 23:</b> P.V.V. del Agregado Grueso.....	54
<b>Tabla 24:</b> Material Roca-Arena.....	54
<b>Tabla 25:</b> Material de Copeto .....	55
<b>Tabla 26:</b> Material de Copeto .....	55
<b>Tabla 27:</b> Material Roca-Arena.....	55
<b>Tabla 28:</b> Cantidad de agua y aire incluido en función del revenimiento del hormigón .....	56
<b>Tabla 29:</b> Relación agua/cemento .....	57
<b>Tabla 30:</b> Corrección de cantidad de agua .....	57
<b>Tabla 31:</b> Volumen de agregado grueso para diferentes módulos de finura .....	58
<b>Tabla 32:</b> Resultados de los ensayos del material de Copeto .....	60
<b>Tabla 33:</b> Resultados de los ensayos del material Roca-Arena .....	60
<b>Tabla 34:</b> Ensayo de Compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en probetas de 7 días de edad.....	61
<b>Tabla 35:</b> Ensayo de Compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en probetas de 21 días de edad.....	62
<b>Tabla 36:</b> Ensayo de Compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en probetas de 28 días de edad.....	62

<b>Tabla 37:</b> Ensayo de Compresión $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ en probetas de 7 días de edad.....	64
<b>Tabla 38:</b> Ensayo de Compresión $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ en probetas de 21 días de edad.....	64
<b>Tabla 39:</b> Ensayo de Compresión $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ en probetas de 28 días de edad.....	64
<b>Tabla 40:</b> Ensayo de rotura a Flexión en vigas de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de prueba a 7 días de edad .....	65
<b>Tabla 41:</b> Ensayo de rotura a Flexión en vigas de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de prueba a 21 días de edad .....	66
<b>Tabla 42:</b> Ensayo de rotura a Flexión en vigas de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de prueba a 28 días de edad .....	66
<b>Tabla 43:</b> Ensayo de rotura a Flexión en vigas de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ de prueba a 7 días de edad .....	68
<b>Tabla 44:</b> Ensayo de rotura a Flexión en vigas de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ de prueba a 21 días de edad .....	68
<b>Tabla 45:</b> Ensayo de rotura a Flexión en vigas de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ de prueba a 28 días de edad .....	68
<b>Tabla 46:</b> Correlación para hormigones de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	70
<b>Tabla 47:</b> Correlación para hormigones de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ .....	70
<b>Tabla 48:</b> Resultados de los Ensayos para Agregados Gruesos.....	71
<b>Tabla 49:</b> Resultados de los Ensayos para Agregados Finos .....	71
<b>Tabla 50:</b> Porcentaje de la Resistencia según su edad.....	71
<b>Tabla 51:</b> Resultados de los ensayos a Compresión en cilindros de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	72
<b>Tabla 52:</b> Resultados de los ensayos a Compresión en cilindros de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ .....	72
<b>Tabla 53:</b> Resultados de los Cilindros de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 28 Días...	73
<b>Tabla 54:</b> Resultados de los Cilindros de $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ a la edad de 28 Días ..	73

## Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de elaborar un análisis comparativo entre un nuevo material que está siendo comercializado en la provincia de Manabí llamado Roca-Arena, el cual es extraído de cantera Picoazá ubicada en la ciudad de Portoviejo, con la finalidad de comprobar que tan propicio es realizar hormigones de resistencia de 35 y 21 MPa, las cuales son utilizadas para la elaboración de pavimentos rígidos y obras de artes en carreteras de la provincia. El material Roca-Arena surge de la necesidad de reducir los espacios de acopio en obra, así como también reducir los gastos en transporte, debido a que este material es una mezcla pre elaborada combinado agregados finos y gruesos listos para ser utilizada en la dosificación según la resistencia del hormigón que se requiera.

Debido a la demanda que tiene en la provincia de Manabí y la poca información que existe de dicho material, da la necesidad de realizar ensayos de laboratorio y un análisis comparativo de resistencia con otro material extraído de la cantera de la ciudad de Santo Domingo, con la finalidad de observar el comportamiento que tendrá este nuevo material. Se elaboró la dosificación para hormigones con dos resistencias diferentes usadas en obras viales, las cuales fueron sometidas a diferentes ensayos para así verificar si la dosificación es la correcta para obtener la resistencia deseada, obteniendo mejores resultados con los especímenes elaborados con material de la mina de Copeto. Según el análisis comparativo entre ambos materiales se comprobó que es satisfactorio realizar hormigones con este material denominado Roca-Arena.

**PALABRAS CLAVES:** ANALISIS COMPARATIVO-HORMIGON-PAVIMENTO  
RIGIDO-AGREGADOS-ENSAYOS

## Abstract

The present research work was carried out in order to elaborate a comparative analysis between a new material that is being commercialized in the province of Manabí called Roca-Arena, which is extracted from Picoazá quarry located in the city of Portoviejo, with the purpose of verifying that it is so propitious to make resistance concretes of 35 and 21 MPa, which are used for the elaboration of rigid pavements and works of art in highways of the province. The Roca-Arena material arises from the need to reduce the storage spaces on site, as well as to reduce transport costs, since this material is a pre-built mixture of fine and thick aggregates ready to be used in the dosage according to the resistance of the concrete required.

Due to the demand that has in the province of Manabí and the little information that exists of this material, gives the need to make laboratory tests and a comparative analysis of resistance with another material extracted from the quarry of the city of Santo Domingo, with the purpose of observing the behavior that this new material will have. It was elaborated the dosage for concretes with two different resistances used in road works, which were submitted to different tests to verify if the dosage is the correct one to obtain the desired resistance, obtaining better results with the specimens elaborated with material of the Copeto mine. According to the comparative analysis between both materials it was proved that it is satisfactory to make concretes with this material called Roca-Arena.

**KEY WORDS:** COMPARATIVE ANALYSIS-CONCRETE-RIGID PAVEMENT-  
AGGREGATES-ESSAYS

## Capítulo I

### Generalidades

#### 1.1. Introducción

El hormigón es un material fundamental en el campo de la construcción de obras civiles, se podría decir que es un material pétreo artificial, del cual se lo obtiene al mezclar en proporciones determinadas de agregado grueso, agregado fino, cemento y agua formando así una pasta moldeable con propiedades adherentes, y que en algunos casos se le añade aditivos con el fin de mejorar o modificar sus propiedades según los requerimientos o necesidades de la obra civil.

Hoy en día resulta casi imposible encontrar una construcción en la que no esté presente en alguna parte el hormigón desde la construcción de un puente hasta la elaboración de un pavimento de carreteras, pero a pesar de ello, trabajar con el hormigón resulta un poco dificultoso, porque implica demasiados gastos en su elaboración y más que todo la ubicación de acopio de materiales en obra, debido que comúnmente se trabaja con diversos tamaños de materiales para su elaboración.

Las mayorías de empresas a nivel mundial buscan la manera de rentabilizar el uso del hormigón por medio de materiales innovadores que ayuden a mejorar el comportamiento concreto. En la actualidad existe un nuevo material que se está promocionado en la provincia de Manabí, el cual es extraído en la cantera Picoazá de la ciudad de Portoviejo llamado Roca-Arena, el cual, es una mezcla pre elaborada con una combinación de agregado fino y grueso lista para ser utilizada, por lo cual ayudaría en disminuir los gastos de transporte optimizando los recursos y reduciendo el espacio de acopio del material con la finalidad de acortar el tiempo de producción

en la obra.

En los siguientes capítulos de este trabajo se detallará completamente las características y propiedades de este nuevo material Roca-Arena, así como verificar que tan satisfactorio es realizar hormigón con este material según el comportamiento que tenga en los ensayos que se realizaran, y comparándolo con un hormigón elaborado con material extraído de la cantera Copeto ubicada en la ciudad de Santo Domingo, especificando la mejor opción para cumplir con resistencia de 35 y 21 MPa, las cuales son utilizadas para la elaboración de pavimento rígido, aceras y bordillos

## **1.2. Contexto de la Investigación**

El siguiente estudio se basará en verificar si la mezcla de agregados que contiene el material Roca-Arena es adecuada para adquirir la resistencia  $F'c = 35$  y 21 MPa según las especificaciones que otorga el proveedor, basándose en una dosificación con material extraído de la cantera Copeto ubicada en Santo Domingo de los Tsáchilas, se realizara una comparación de la cantidad de agregado y aditivos que fueron implementados para lograr dicha resistencia.

Para comprobar si la dosificación se ha realizado correctamente se manejarán las normas nacionales MOP 2002, NEVI 12 (Norma Ecuatoriana Vial), NTE-INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) y las internacionales ASTM (American Society of Testing Materials) y ACI (American Concrete Institute) que cumplan con las especificaciones para sus respectivos ensayos. Se realizará un muestreo a los cilindros y vigas de concreto a distintas edades del concreto 7, 21 y 28 días comparando su comportamiento tanto en estado fresco como en estado endurecido.

El pavimento rígido ha aumentado su demanda en Ecuador por el buen

comportamiento al estar expuesto a excesivas repeticiones de cargas, en ciudades importantes como son Guayaquil y Quito, cuyas autoridades han realizado cambios de pavimento flexible a pavimento rígido en las vías que presentan mayor fluidez de vehículos pesados para obtener mayor durabilidad de la capa de rodadura.

### **1.3. Planteamiento del Problema**

En la actualidad, se busca diferentes maneras para rentabilizar el material empleado en las diferentes construcciones, por ello surge la idea de realizar hormigones con el material denominado Roca-Arena que está siendo comercializado en la provincia de Manabí, con la finalidad de reducir el espacio requerido en obra para el acopio de materiales, debido que en esta zona comúnmente se trabaja con un agregado grueso y dos agregados finos, como son la arena de trituración y la arena de médano.

El material Roca-Arena surgió por la necesidad de reducir los espacios de acopio en obra y como una alternativa de mezcla pre elaborada con una combinación de agregado finos lavadas y ripios, para que al añadir cemento y una dosis de agua cumpla con la resistencia o parámetro que el constructor busca, tiene una gradación continua, y un tamaño máximo de 3/4, listo para su uso. ( Empresa Megarok, 2018)

Por lo tanto, se plantea realizar una comparación de resistencia de concreto entre Roca Arena y material extraído de la cantera Copeto ubicada en la ciudad de Santo Domingo, basándose en los resultados obtenidos en los ensayos del laboratorio comprobando si este material es fiable para la construcción de una obra civil.

### **1.4. Delimitación del Problema**

En la presente investigación tendrá como finalidad comprobar si el material

propuesto llamado Roca-Arena es apto para la construcción, ya que este producto es comercializado con el lema listo para ser utilizado y se pretende comprobar si está bien proporcionado tanto en agregado fino como agregado grueso para adquirir la resistencia de 35 – 21 MPa, que se necesita en la elaboración de un pavimento rígido, aceras y bordillos respectivamente.

Para la investigación de este proyecto será necesario considerar los siguientes aspectos:

- Los agregados grueso y fino utilizados para la elaboración del hormigón serán adquiridos de las canteras de la ciudad de Portoviejo y Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Los ensayos de laboratorios respectivos para la investigación del proyecto estarán conforme a los requisitos que cumplan con la normativa AASHTO.
- Las pruebas y ensayos de laboratorio de los agregados se lo realizarán en el Laboratorio de Suelos y Materiales “Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli” de la Facultad de Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.
- El análisis comparativo entre los materiales se lo realizará una vez obtenido los resultados de los ensayos de laboratorios

### **1.5. Objetivo General**

Evaluar y comparar el comportamiento de los agregados de las canteras Picoazá y Copeto ubicadas en las ciudades de Portoviejo y Santo Domingo de los Tsáchilas respectivamente, para las diferentes resistencias de  $F'c= 35$  y  $21$  MPa para hormigones hidráulicos.

### **1.5.1. Objetivos Específicos.**

- Determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados de las canteras Picoazá y Copeto.
- Comprobar si la mezcla del material Roca-Arena está bien proporcionada tanto en agregados fino y agregado grueso para la elaboración de hormigones con las resistencias propuestas.
- Analizar los parámetros en estado fresco como en estado endurecido de las diferentes mezclas elaboradas para las resistencias establecidas.
- Realizar una comparación de los materiales de las canteras Picoazá y Copeto tanto de los agregados como de las mezclas realizadas.

### **1.6. Justificación**

En estos últimos tiempos, la incorporación de diversos materiales para la fabricación del hormigón, está ocasionando una gran facilidad en el desarrollo dentro del campo constructivos, no obstante, significa que sea un avance en nuestro país, en el que se ve al hormigón como un material primordial para la elaboración de diseño y costo de los proyectos que se realizan, pero que aún no se ha empleado el uso de materiales innovadores que ayudarían con la optimización de recursos y elaboración de bordillos, aceras y en la pavimentación de vías.

El uso de nuevos materiales en la elaboración del hormigón está innovando los procesos constructivos tradicionales, con la finalidad de generar una buena trabajabilidad, resistencia y durabilidad del hormigón al momento de utilizarlo en la construcción de nuevas obras. La incorporación de nuevos materiales dentro del

mercado comercial, como el material Roca-Arena, nos lleva a efectuar distintos análisis y estudios de laboratorio con la finalidad de dar a conocer cuáles son las propiedades y características de dicho material.

Debido, a que no existe ninguna fuente de orientación sobre el comportamiento de este material en el uso de la construcción. Por ende, es de suma importancia la realización de los análisis y estudios de laboratorios respectivos para verificar y comprobar que el material propuesto sea apto para el uso en las construcciones, y así tomar las medidas preventivas al momento de planificar y ejecutar una obra civil.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### 2.1. Generalidades

Con el pasar del tiempo se ha venido utilizando el hormigón como material primordial dentro del ámbito constructivo de obras civiles, sin embargo, la elaboración de un hormigón implica muchos gastos, debido a que se requiere de numerosos recursos y más que todo de mano de obra o de maquinarias con el fin de obtener la resistencia propuesta en dichas obras.

Es por ello que, en la actualidad, se busca diversas maneras para rentabilizar el hormigón empleando materiales innovadores que ayuden con la optimización de recursos y tenga la finalidad de reducir la trabajabilidad y el tiempo de producción en las obras civiles, por lo cual surge la idea de realizar hormigones con un nuevo material denominado Roca-Arena que está siendo comercializado en la ciudad de Portoviejo.

Este material denominado Roca-Arena es vendido en el mercado con la finalidad de contar con una mezcla de agregados grueso y finos bien graduados para reducir el espacio que genera el acopio de materiales en obra. Debido a la demanda que ha tenido Roca-arena en la provincia de Manabí, se requiere la necesidad de realizar ensayos de laboratorios con el propósito de conocer las propiedades, características y verificar si la dosificación es la correcta para obtener resistencia deseada y comprobar si es apto para las construcciones de obras civiles.

## 2.2. Antecedentes Históricos

No existe certeza de quien descubrió o utilizó por primera vez el hormigón. Es muy posible que al mismo tiempo que el hombre descubrió el fuego también descubrió el concepto de hormigón, Según hallazgo encontrados se pudo confirmar que, durante la edad de piedra, hace 7.500 años, en Lepensky junto al Danubio, los habitantes construían el suelo de sus viviendas uniendo tierra caliza, arena, grava y agua, cuya mezcla es la que consideraron como un hormigón rudimentario o primitivo. (Profesor Garrido Hernández, 2012)

En el siglo III A.C el pueblo romano también usaba el hormigón en sus construcciones, lo cual usaban un aglomerante formado de puzolana constituida básicamente de sílice que al ser mezclado con cal y agua permite conformar un aglomerante hidráulico (dicho de una cal o de un cemento que se endurece en contacto con el agua), el único problema que había era que el mortero con cal viva no resistía muy bien a la acción del agua durante largos periodos. Durante pruebas empíricas que se realizaron incorporando toda clase de agregados a esta mezcla, se descubrió que la arena procedente de ciertas rocas volcánicas proporcionaba una mayor resistencia y durabilidad tanto en aguas dulces como en saladas, el cual, era una ceniza volcánica que contienen sílice y alúmina, que combinadas con cal dieron como resultado lo que ahora se conoce como cemento puzolánico.

Una de las obras más importantes en Roma fue elaboradas con hormigón, como el teatro de Pompeya y el Coliseo Romano. Existe evidencias de que intentaron reforzar las estructuras que construyeron con barras y láminas de bronce, obteniendo resultados no satisfactorios, mostrando agrietamientos y descascaramientos. A partir de este suceso, diseñaron sus obras con muros excesivamente pesados y gruesos.

Se optó como solución para reducir el peso de los muros, aligerando el hormigón mediante la inclusión de jarras de barro y agregado de baja densidad de procedencia volcánica. (Profesor Garrido Hernández, 2012)

Otras obras fueron construidas con esta técnica de hormigón aligerado tales como los arcos del coliseo Romano, la Basílica de Constantino y el Domo del Panteón, dando como prueba las propiedades que tiene el hormigón para soportar y permanecer durante largo tiempo.

Durante la edad media y el renacimiento el hormigón no fue de gran utilidad, se lo consideraba de mala calidad debido a la cocción incompleta de la cal y escasez de tobas volcánicas. Después del siglo XII, dado al uso de un material semejante en propiedades de las tobas volcánicas y con la combinación de la cal calcinada, mejoró la calidad del hormigón y nuevamente se utilizó en obras como la Catedral de Salisbury que yace con su cimentación en buen estado.

Posteriormente en el año 1824, el constructor Ingles Joseph Aspdin obtuvo la patente para producir el primer cemento Portland, el cual consistía en una mezcla de: tres partes de piedra caliza por una de arcilla totalmente calcinada. Años más tarde al sur de Francia se empieza con la fabricación de objetos de acero que combinado con el hormigón dio inicio al primer hormigón armado, el cual no tuvo la aceptación esperada y fue hasta 1890 que tuvo impulso, siendo asumido por la sociedad como un material confiable.

Como se puede observar, el hormigón es uno de los elementos de construcción más habituales y ha estado presente en multitud de estructuras desde el principio de la historia, el cual ha ido evolucionando paralelamente con él, mejorando aún más las ventajas de este material, y en la actualidad se sigue buscando nuevos materiales

que sea innovadores con la finalidad de seguir mejorando las propiedades para así obtener una eficiencia energética y económica, donde los plazos de tiempo son cada vez más corto pero sin dejar de lado la exigencia de calidad, durabilidad y condiciones de habitabilidad en las construcciones.

### **2.3. Pavimento**

El pavimento se lo define como una estructura simple o compuesta de superficie aislada, la cual su funcionamiento está destinada a la circulación de personas, vehículos y buses. La estructura de un pavimento consiste en un conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma cimientos y revestimiento, los cuales son colocados sobre un terreno de fundación que es resistente a las cargas, a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito.

Por lo general los pavimentos se clasifican en: pavimento rígidos, flexibles, articulados y semirrígidos, los cuales se diferencian de acuerdo a la forma en que se transmiten los esfuerzo y las deformaciones a las capas inferiores. La estructura de los pavimentos rígidos consiste en una capa de rodadura o carpeta de hormigón hidráulico la cual está apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material que se la denomina sub-base.

Los pavimentos rígidos por lo general suelen usarse en aeropuertos y en autopistas principales, sin embargo, también pueden ser utilizados en pisos industriales, puertos y en zonas de operación de vehículos pesados. El diseño de la losa de hormigón debe soportar las cargas de tráfico y evitar las fallas por fatiga del pavimento por causas de las cargas repetidas.

## **2.4. Componentes del Hormigón**

### **2.4.1. Cemento.**

El cemento es uno de los materiales fundamentales en cualquier construcción de una obra de Ingeniería, es un elemento imprescindible en la mezcla del hormigón o de mortero, es un pegante de bajo costo y muy maleable, el cual permite edificar despliegues verticales resistentes con una adecuada flexibilidad sobre el terreno siendo muy versátil al usarlo.

Se puede definir al cemento, como un conglomerante formado por una mezcla de caliza y arcilla molidas que al ponerse en contacto con el agua se forma una pasta blanda que al secar o fraguar adquiere una dureza única, conservando su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. También, debido a que posee propiedades de adherencia y cohesión, es empleada para tapar o rellenar huecos y como componente aglutinante en bloques de hormigón.

La norma INEN 152 especifican diez tipos de cemento portland los cuales son:

- Tipo I.- Para ser utilizado cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
- Tipo I A.- Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del Tipo I, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo II.- Para uso general, en especial cuando se desea una moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo II A.- Cemento con incorporador de aire para los mismos usos del tipo II, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo II (MH). - Para uso general, en especial cuando se desea un moderado

calor de hidratación y una moderada resistencia a los sulfatos.

- Tipo II (MH) A.- Cemento con incorporado de aire para los mismos usos del Tipo II (MH) donde se desea la incorporación de aire.
- Tipo III.- Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia inicial o temprana.
- Tipo III A.- Cemento con incorporado de aire para los mismos usos del Tipo III, donde se desea incorporación de aire.
- Tipo IV.- Para ser utilizado cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V.- Para ser utilizado cuando se desea alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Estos son algunos de los ensayos que se debe realizar para la fabricación del cemento (Ver Tabla 1).

**Tabla 1:** Normas AASHTO y ASTM para ensayos al polvo de cemento

Norma	Nº	REFERENCIA
AASHTO	T 98	Fineza del cemento (por turbidímetro)
	T 105	Composición química del cemento
	T 106	Resistencia a la compresión de mortero de cemento
	T 107	Expansión en autoclave del cemento
	T 127	Muestreo del cemento
	T 131	Tiempo del fragüe (aguja de Vicat)
	T 137	Contenido de aire del mortero de cemento
	T 153	Fineza del cemento (por permeabilidad)
	T 154	Tiempo de fragüe (agujas de Gillmore)
	T 186	Endurecimiento inicial (precoz) del cemento
ASTM	C 186	Ensayos para medir el calor de hidratación del cemento
	C 219	Terminología relacionada con el cemento
	C 226	Especificaciones para la adición de incorporadores de aire
	C 452	Ensayos para medir la expansión potencial del mortero de cemento expuesto a la acción de sulfatos
	C 465	Especificaciones para el proceso de adición (aire incorporado)
	C 563	Ensayo para determinar el óptimo de trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ) en el cemento
	C 1038	Método de ensayo para medir la expansión del mortero de cemento almacenado en agua

**Fuente:** (INECYC, 2019)

**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 2.4.2. Agregados.

Los agregados como una mezcla de partículas inorgánicas de origen natural o

artificial que tienen una resistencia propia y de granulometría variables, constituyen entre el 70 y 85% del volumen total del hormigón, conformando el esqueleto granular o pétreo del hormigón por lo cual son los responsables de las características del mismo, además que al ser mezclados con la pasta de cemento endurecidas garantizan una adherencia suficiente.

Los agregados son materiales inertes y estables en sus dimensiones por lo cual no generan ningún tipo de reacción con los demás componentes del hormigón, en especial con el cemento, sin embargo, es necesario que los agregados estén exentos de impurezas tales como barro, arcillas, materia orgánica y sales químicas que puedan debilitar el enlace con la pasta cementicia, afectando el desarrollo total de la resistencia propia del aglomerante.

#### ***2.4.2.1. Agregado Fino.***

Generalmente consisten en arenas naturales o piedras trituradas cuyo tamaño de sus partículas sean menor que 5 mm, es decir que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en el tamiz N° 200, son empleadas en el hormigón con el fin de mejorar las propiedades de la mezcla plástica, promover la uniformidad, facilitar el acabado e impedir la segregación, es por eso que sus partículas deben ser durables, resistentes y limpias, libre de todo producto químico absorbidos, recubrimiento de arcilla entre otros materiales lo cuales afecten en la adherencia e hidratación de la pasta del cemento, ya que los agregados finos no proporcionan una gran resistencia de adherencia pero si proporcionan una mejor manejabilidad del hormigón.

La norma ASTM C 33 establecen algunas condiciones que los agregados finos deben cumplir con respecto a su calidad, además no debe contener cantidades dañinas de limo, arcilla, álcalis, materiales orgánicos y otras sustancias nocivas.

Los porcentajes máximos con respecto a los pesos de sustancias perjudiciales no deben exceder de los siguientes valores en porcentajes de peso (Ver Tabla 2).

**Tabla 2:** Porcentaje de Sustancias Perjudiciales en el Agregado Grueso

Sustancias Perjudiciales	Porcentaje
Material que pasa por el tamiz N°. 200 máx.	3%
Grumos de arcilla	1%
Materiales ligeros	1%
Otras sustancias dañinas (álcalis, limo, mica)	2%
Pérdida por meteorización: máx.	10%

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

A continuación, se detallará algunos ensayos que se le realizan al agregado fino.

#### 2.4.2.1.1. Granulometría.

La granulometría de los agregados fino es admisible en la mayoría de los hormigones dentro de los límites especificados en la norma ASTM C 33, por tanto, estos dependerán del tamaño de las mallas (Ver Tabla 3)

**Tabla 3:** Granulometría de agregado fino

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9,52 mm (3/8")	100
4,75 mm (No.4)	95 a 100
2,36 mm (No.8)	80 a 100
1,18 mm (No.16)	50 a 85
0,60 mm (No.30)	25 a 60
0,30 mm (No.50)	10 a 30
0,15 mm (No.100)	2 a 10

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

La norma ASTM especifica algunas condiciones para el agregado fino con respecto a su granulometría las cuales son:

- Los agregados finos no deberán tener más del 45% de retenido entre dos mallas continuas.
- El Módulo de Finura deberá estar entre un rango de 2,3 - 3,1 y no podrá variar

más de 0,20 del valor obtenido en la fuente de suministro del agregado. Si dicho valor llegara a excederse, se deberá rechazar el agregado, salvo que se ajusten las proporciones del agregado fino y grueso.

#### *2.4.2.1.2. Módulo de Finura.*

De acuerdo a la norma ASTM C 125, este parámetro se lo obtendrá sumando el acumulados de los porcentajes de pesos de los agregados retenidos por las mallas especificadas y la suma total será dividida entre 100. El ensayo indica que, mientras más porcentaje de peso retenido se obtiene más grueso será el agregado.

#### *2.4.2.1.3. Densidad.*

Este ensayo consta de la relación entre el peso del agregado fino con respecto al peso de un volumen absoluto igual al del agua. La Densidad Saturada de Superficie Seca (DSSS) se la utiliza para realizar el diseño de mezclas de concreto hidráulico.

#### *2.4.2.1.4. Absorción.*

Consiste en el incremento de la masa de un agregado seco cuando es sumergido en agua durante 24 horas. Este aumento es debido al agua que penetra por los poros del agregado excluyendo el agua que se adhiere a la superficie. Se lo expresa en función del porcentaje respecto al peso seco de arena y el índice de porosidad del material.

#### *2.4.2.1.5. Contenido de Humedad.*

Consiste en obtener la cantidad de agua que se presenta en una muestra de arena con respecto al peso seco. Antes de realizar una mezcla de hormigón, se debe hacer este ensayo con el fin de ajustar la cantidad de agua de mezclado.

#### *2.4.2.1.6. Peso Volumétrico Suelto (P.V.S).*

Consiste en determinar cuánto kilogramo de agregado se utilizará en un metro cubico de hormigón, al vaciar el material a un recipiente de volumen conocido y sin acomodar las partículas.

#### **2.4.2.2. Agregado Grueso.**

El agregado grueso consiste en rocas o grava triturada cuyas partículas deberán tener generalmente forma cubica y su tamaño mayor a 5 mm, es decir que queda retenido en el tamiz N° 4, principalmente se usa tamaños entre 9,5 a 38 mm. Es uno de los principales componentes del hormigón, por lo cual su calidad es de suma importancia para garantizar resultados satisfactorios en la construcción de estructuras de concreto, es por eso, que sus partículas deberán ser duras, resistentes, limpias y sin ningún recubrimiento de materiales inadecuadas o de polvo, por lo cual en caso de presentarse estas deben ser eliminadas a través de un procedimiento adecuado como por ejemplo el lavado.

Estos son los diversos ensayos que se les debe realizar al agregado grueso que serán desarrollados a continuación.

##### *2.4.2.2.1. Granulometría.*

El máximo tamaño del agregado grueso que se deberá utilizar en el hormigón se fundamenta principalmente en la economía, es por eso que según la norma ASTM especifica los requerimientos de granulometría del agregado grueso permitiendo límites amplios y gran variedad de tamaños granulométricos (Ver Tabla 4). El tamaño del agregado grueso estará en función de las necesidades para el diseño del hormigón.

**Tabla 4:** Requisitos Granulométricos para agregados gruesos

Tamiz	Especificaciones ASTM			
	2"	1 ½"	1"	¾"
2 ½"	100	-	-	-
2"	95-100	100	-	-
1 ½"	-	95-100	100	-
1"	35-70	-	95-100	100
¾"	-	35-70	-	90-100
½"	10-30	-	25-60	-
3/8"	-	10-30	-	20-5
Nº4	0-5	0-5	0-10	0-10
Nº8	-	-	0-5	0-5
Fondo				

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

Comúnmente el tamaño máximo de las partículas del agregado grueso no deberá pasar de:

- 1) Un quinto de la dimensión más pequeña del miembro del hormigón.
- 2) Tres cuartos del espaciamiento libre entre barras de refuerzo.
- 3) Un tercio del peralte de la losa.

#### 2.4.2.2.2. Densidad y Absorción de Gravas.

Para determinar la densidad de las gravas se emplea el Principio de Arquímedes, esto es con el fin de obtener tanto el volumen y el porcentaje de absorción de las gravas. Los resultados obtenidos de estos ensayos serán de gran importancia para el diseño de hormigón.

#### 2.4.2.2.3. Contenido de Humedad.

La finalidad de este ensayo es de obtener la cantidad de agua que está presente en una muestra de agregado grueso con respecto al peso seco.

#### *2.4.2.2.4. Peso Volumétrico Suelto (P.V.S).*

Este ensayo permite obtener la cantidad de agregado grueso en kilogramos que se utilizara en un metro cúbico de hormigón, al verter el material a un recipiente de volumen conocido y sin acomodar las partículas.

#### *2.4.2.2.5. Peso Volumétrico Varillado (P.V.V).*

Este ensayo tiene como finalidad de obtener la cantidad de agregado grueso en kilogramos que se necesitará en un metro cúbico de hormigón, al vaciar el material a un recipiente de volumen conocido y en la cual se deberá acomodando las partículas en tres capas de 25 golpes cada una.

#### *2.4.2.2.6. Ensayo de Abrasión de los Ángeles.*

El objetivo de este ensayo es de determinar la resistencia al desgaste que tienen los agregados gruesos menores a 1 ½ de pulgadas o 37,5 mm introducidos en la máquina de los Ángeles. Según las especificaciones de la norma ASTM C 131, se deberá vaciar el agregado grueso dentro de un cilindro rotatorio que tiene un diámetro interno de 28 pulg y el largo interior de 20 pulg, para lo cual también se introducirán unas esferas de acero de diámetro aproximado de 46,8 mm y con un peso de 390 a 445 gramos cada una que actuaran como cargas abrasivas; por lo consiguiente se hará girar el cilindro rotatorio por un tiempo determinado (17 min) y luego se procede a determina el porcentaje de desgaste.

Una vez culminado el ensayo de desgaste, la cantidad de peso del agregado grueso que haya sido sometido a este ensayo, no deberá tener una pérdida mayor al 50% del peso inicial pasado por el tamiz N.12.

### **2.4.3. Agua.**

El agua es un componente fundamental en el hormigón, que al relacionarse con el cemento en la mezcla genera el proceso de hidratación, que origina una serie de reacciones que terminan entregando al material sus propiedades físicas, mecánicas y a su vez determina la resistencia. Prácticamente, se puede utilizar cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado para producir el hormigón, aunque también algunas aguas no potables pueden ser conveniente para el hormigón.

Las impurezas excesivas que existe en el agua no solo afectan el tiempo de fraguado y la resistencia del hormigón, sino que también pueden ser los causantes de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y menor durabilidad, debido a que las normas para la calidad del agua varían de acuerdo al país en el que están, como también varían de acuerdo al tipo de cemento que se utilizará. Este componente deberá ser limpia, fresca y no debe contener residuos de aceite, sulfatos de magnesio, ácidos, calcio, sodio, limo, materias orgánicas u otras sustancias dañinas.

Se establece los límites máximos permisibles de concentración de sustancias en el agua (Ver Tabla 5).

**Tabla 5:** Límites permisibles de sustancias en el agua

Ensayos	Límite máximo
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	200 ppm
Sales de magnesio	125 ppm
Sales solubles	300 ppm
Sólidos en suspensión	10 ppm
Materia orgánica expresada en oxígeno consumido	0.001 ppm
Ph	6 < pH < 8

**Fuente:** (NTE - INEN 1108, 2014)

**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 2.4.4. Aditivos.

Según el ACI y la Norma ASTM C 125, definen al aditivo como un material diferente del agregado, agua y cemento hidráulico, que se aplican como un componente del mortero o del hormigón. Se agrega en pequeñas cantidades por debajo del 5% de la masa del cemento en la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, esto es con el fin de modificar las propiedades físicas de forma controlada del mortero o del hormigón, ya sea en estado fresco, durante el fraguado o en estado endurecido con la finalidad de hacerlo más manipulable conforme al trabajo o exigencias dadas para que cumplan con los requisitos y especificaciones peculiares de cada tipo de estructura o con las necesidades del constructor.

Estas son las principales razones por lo que se utilizan los aditivos que son:

- 1) Reducir el costo de la construcción de concreto.
- 2) Obtener ciertas propiedades en el hormigón de forma más efectiva que por otros medios.
- 3) Para asegurar la calidad del hormigón durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado.
- 4) Superación de ciertas emergencias que se puede presentar durante las operaciones de mezclado, transporte, colocación y curado.

La ACI 212 especifica la clasificación de los aditivos en los siguientes grupos (Ver tabla 6):

**Tabla 6:** Clasificación de aditivos

ADITIVO	ACCIONES PRINCIPALES	BENEFICIOS	EFFECTOS COLATERALES
Reductores de agua Fluidificantes Superfluidificantes	Adsorción sobre la superficie del cemento y dispersión de los granos de cemento	Mejora de la calidad en servicio (reducción de a/c) y de la puesta en obra (aumento de trabajabilidad)	Retraso del fraguado
Retardadores	Retardo de la hidratación inicial del cemento	Permanencia de la trabajabilidad en clima cálido	Reducción de la resistencia mecánica inicial
Aceleradores	Aceleración de la hidratación inicial del cemento	Reducción del tiempo de fraguado y aumento de la resistencia inicial	Aceleración de la pérdida de trabajabilidad y reducción de la resistencia mecánica final
Anticongelantes	Disminución del punto de fusión del agua	Durabilidad del hormigón en clima frío	Corrosión de armaduras y reducción de la resistencia mecánica final
Incorporadores de aire	Formación de microesferas de aire	Aumento de la resistencia de la resistencia al congelamiento	Reducción de la resistencia mecánica
Inhibidores de RAS	Reducción de la RAS	Posibilidad de empleo de agregados reactivos	Precio, aún en fase de estudio
Inhibidores de corrosión	Prevención de la corrosión de armaduras	Protección de armaduras	Precio, aún en fase de estudio
Hidrorrepelentes	Acción hidrófuga	Reducción de la migración de humedad por acción capilar	Reducción de la resistencia mecánica
Colorantes	Pigmentación de la matriz	Modificación del color del hormigón	Reducción de la resistencia mecánica
Facilitadores de bombeo	Mejora de la plasticidad	Posible bombeo de hormigones pobres	Alta relación costo/prestación

**Fuente:** (Norma ACI - 212, 2010)

**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

## 2.5. Propiedades del Hormigón

### 2.5.1. Trabajabilidad.

La trabajabilidad se la considera como una propiedad muy importante en muchas aplicaciones del hormigón en estado fresco y se la define como la capacidad que debe tener el hormigón para manipularse, transportarse, colocarse, compactarse sin la

mínima pérdida de su homogeneidad y sin provocar segregación, ni exudación. Una buena trabajabilidad no solo agiliza el transporte, también ayuda a la trabajabilidad, es decir, en la colocación, tendido y compactación, además que influye favorablemente en costo de esta operación.

Hay ciertos factores que influyen en la trabajabilidad del hormigón los cuales son:

- El agua de mezclado.
- Dependiendo de las proporciones de cemento y agua en la pasta influirán en la fluidez y plasticidad de la misma.
- También puede influir el método y duración del transporte.
- Las características de los materiales del cemento.
- Los aditivos.
- El aire contenido ya sea agregado o atrapado en la mezcla, aumentara la trabajabilidad de la misma, y las burbujas que se generan funcionan como balineras para los agregados permitiendo su movilidad.
- Si el contenido de arena es bajo en proporciones con respecto al contenido del agregado grueso, esto se puede determinar como una mezcla poco manejable, en cambio si el contenido de arena es alto por ende requiere mayor cantidad de agua o pasta para que sea manejable la mezcla lo que generara segregación o exudación.

#### **2.5.1.1. Medida de Trabajabilidad.**

Hay varios métodos que sirven para medir las propiedades del hormigón que tienen relación con la trabajabilidad. Unos de estos métodos más sencillo, es el ensayo de revenimiento, el cual mide la fluidez de la mezcla en estado fresco teniendo como

tamaño máximo de agregado grueso inferior a dos pulgadas. Para la realización de este ensayo se utilizará el llamado cono de Abrams.



**Ilustración 1:** Ensayo de Revenimiento  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

## **2.5.2. Resistencia.**

El hormigón es un material fundamental en la construcción de una obra, es por eso que es diseñado para que tenga una resistencia determinada. Se podría determinar la tenacidad como una de las propiedades más importante del hormigón ya que es la capacidad que adquiere para soportar las cargas aplicadas de las acciones de compresión, tracción y desgaste sin agrietarse o romperse. Para las construcciones de pavimento rígido y losas que son construidas sobre el terreno, el concreto es diseñado para que resista esfuerzos de flexión.

### **2.5.2.1. Medida de la Resistencia a la Compresión.**

Como se ha descrito anteriormente que la resistencia a la compresión es la característica más importante del hormigón y que con la cual se puede juzgar la calidad y durabilidad del mismo. Es por eso que la resistencia a la compresión es la que predomina en el hormigón debido a que es entre ocho a quince veces mayor que su resistencia a la tracción, y es expresada en términos de esfuerzos en  $\text{kg/cm}^2$  o  $\text{lb/pulg}^2$ .

Para medir la resistencia a la Compresión se lo realiza por medio de probetas cilíndricas cuyas dimensiones usualmente tienen 30 cm de altura por 15 cm de diámetro, y se va colocando la mezcla en tres capas, cada una con 25 golpes compactada con una varilla lisa.

Debido a que el hormigón suele incrementar su resistencia en periodos largos, por lo general, este ensayo se lo realiza a cilindros que estén curados durante 3-7-14 y 28 días o también a edades más tardías como 90 y 120 días.

#### ***2.5.2.2. Resistencia a la Flexión.***

La resistencia a la Flexión se puede considerar como una medida indirecta de la resistencia a la tracción del hormigón, la cual se podría decir que es una medida de resistencia al fallo por momento de una viga o losa de hormigón no reforzada y la cual es aplicada en proyecto de losas para carreteras o pistas de aeropuerto. Esta resistencia se la mide mediante la aplicación de cargas sobre vigas de hormigón con una sección de 15 x 15 y 50 cm de largo. Se la determina por medio de los métodos de ensayos ASTM C78 para vigas cargadas en los puntos tercios o el ensayo del ASTM C293 para vigas cargadas en el punto medio. La resistencia a la flexión es expresada como el módulo de rotura (MR) en unidades de MPa o lb/pul<sup>2</sup>. “El módulo de rotura varía entre el 8% al 15% de la resistencia a la compresión” (Ing Ottazzi, 2004).

#### ***2.5.2.3. Resistencia a la Tensión.***

La resistencia a la tensión es mucho más pequeña que la resistencia a la compresión, pero esta tiene gran importancia en determinadas aplicaciones debido a su baja resistencia provocó la incorporación de varillas de acero o hierro al hormigón.

Es muy difícil poder determinar la resistencia a la tensión directamente en las probetas de hormigón, debido a que es complicado el agarre de las mismas, esto significa que al aplicar los esfuerzos de tensión se involucrarán esfuerzos tales como el de compresión al momento de sujetarlas.

Para medir la resistencia a la tensión se aplica el método brasilero o de tracción indirecta, el cual consiste en someter los cilindros con cargas a compresión a todo lo largo del cilindro, y calculando la resistencia a la tracción con la siguiente formula:

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

- P: Carga máxima aplicada (kg)
- L: Longitud del cilindro (cm)
- D: Diámetro del cilindro (cm)

### **2.5.3. Durabilidad.**

Se la define como la capacidad del material para mantener tanto sus características funcionales, como la forma original y la calidad, así mismo sus propiedades de servicio durante un periodo de tiempo y condiciones ambientales para las que se diseñó, así como ataques físicos y químicos o cualquier proceso de deterioro.

Esto ataques físicos y químicos se pueden presentar de la siguiente manera que son:

- 1) En acciones de los agentes físicos los cuales se manifiesta en efectos de tipo ambiental que se presentan en variación de temperatura y variación de

humedad, así como también en efecto de procesos erosivos que se presentan en abrasión mecánica y cavitación.

- 2) En acciones de los agentes químicos, los cuales se manifiestan en acciones de agentes internos que se presentan en efectos de materia orgánica y efectos de los compuestos reactivos, así como en acciones de agentes externos.

Estos son los factores que intervienen en la durabilidad del hormigón:

- Las condiciones ambientales tales como: agua, aire, gases, congelación, ciclos de repetidos de humedecimiento, también sustancias disueltas en el agua.
- Los materiales que se utilizan en la elaboración del hormigón (cemento, agua, agregados). Así como los agregados que proceden de rocas blandas y materiales micáceos, los cuales se pueden desintegrarse con mayor facilidad.
- También influye el mantenimiento o conservación que se dé a la estructura.

Los sulfatos y ácidos son las sustancias químicas más agresivas del hormigón, ya que los sulfatos reaccionan con el aluminio tricálcico del cemento produciéndose expansiones que pueden causar agrietamientos en el hormigón, en tanto los ácidos al reaccionar con él  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  O Hidróxido de calcio esto ocasiona la pérdida de la pasta de cemento (A. M. Aguirre(\*), 2013)

## Capítulo III

### Metodología

#### 3.1. Generalidades

El objetivo de diseñar un hormigón con el material llamado Roca Arena, realizando una adecuada distribución de agregado, cemento, agua y aditivo; es el de lograr una mezcla con una adecuada trabajabilidad, reducir los espacios de acopio y que cumpla con las propiedades requeridas por el fabricante, tanto en estado fresco como endurecido. Las propiedades del concreto en estado endurecido y fresco serán especificadas al momento de realizar el diseño y dependiendo del tipo de construcción en el que se empleara.

Se realizó un diseño según la Norma ACI para establecer las cantidades adecuadas de los materiales a utilizar en la mezcla de concreto, la cual fue analizada para que cumpla con las propiedades físico-mecánico esperadas.

#### 3.2. Ubicación

En la etapa experimental de la investigación, se realizó la caracterización de los agregados en el Laboratorio de Suelos y Materiales Dr. Arnaldo Ruffilli ubicado en la Universidad de Guayaquil.

#### 3.3. Resistencia de Diseño

Para la obtención de la dosificación adecuada del concreto, se especifica la resistencia de diseño de  $F'c = 35$  y  $21$  MPa, la cual se comprobó al momento de ensayar los especímenes de hormigón.

### 3.4. Condiciones para el Diseño

En la siguiente tabla 7 se indican los ensayos necesarios para realizar el diseño de concreto.

**Tabla 7:** Datos para el diseño de hormigón

Material	Especificación	
<b>Hormigón</b>	Esfuerzo a Compresión	F'c
<b>Mezcla</b>	Revenimiento de diseño	-
<b>Agua</b>	Densidad	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Cemento</b>	Densidad	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Agregado grueso</b>	Granulometría	-
	Tamaño máximo nominal	-
	Absorción	%
	Densidad saturada superficialmente seca "DSSS"	Kg/m <sup>3</sup>
	Peso volumétrico suelto "PVS"	Kg/m <sup>3</sup>
	Peso volumétrico varillado "PVV"	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Agregado fino</b>	Granulometría	-
	Módulo de Finura "MF"	-
	Absorción	%
	Densidad saturada superficialmente seca "MSSS"	Kg/m <sup>3</sup>
	Peso volumétrico suelto "PVS"	Kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** (Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto, 2014)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

### 3.5. Granulometría

La granulometría determina la composición del material, es decir la cantidad de agregado grueso y fino presente en diferentes tamices. Mediante este método a su vez es posible determinar el módulo de finura que posee el material

#### 3.5.1. Equipos y Materiales.

Para realizar la granulometría se utilizará: tamices, balanza, horno y recipientes para pesaje y secado.

### 3.5.2. Procedimiento.

Seleccionar un juego de tamices de acuerdo con la especificación del material correspondiente a tamizar de acorde con la norma ASTM C33 son 1", 3/4", 1/2", 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50 y No.100. Los tamices serán montados de mayor a menor abertura sobre el recipiente respectivo (Ilustración 2).



**Ilustración 2:** Ensayo Granulométrico de Agregado Grueso  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

Todos los agregados deberán estar secos y limpios. Una vez tamizado se anotarán los datos respectivos (Tabla 8).

**Tabla 8:** Referencia de los Datos para el Ensayo Granulométrico

TAMIZ PULG	PESO PARCIAL "grs"	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación A.S.T.M
TOTAL					

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

Para determinar el módulo de finura se procede a seleccionar los valores de porcentaje retenido acumulado del agregado fino de los siguientes tamices No.4, No.8, No.16, No.30, No.50 y No.100 (Ilustración 3).



**Ilustración 3:** Ensayo Granulométrico de Agregado Fino  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

La siguiente formula es la necesaria para determinar el módulo de finura

$$MF = \frac{\text{No. 4} + \text{No. 8} + \text{No. 16} + \text{No. 30} + \text{No. 50} + \text{No. 100}}{100}$$

### 3.6. Densidades de los Agregados y Absorción

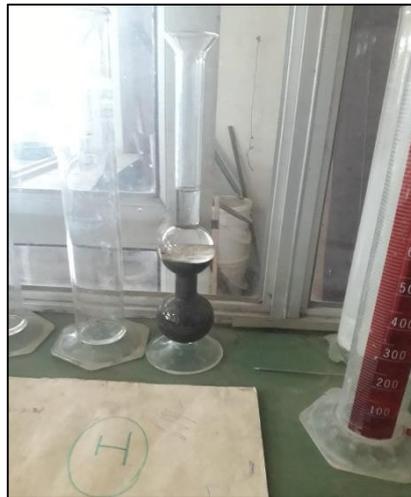
#### 3.6.1. Agregado Fino.

##### 3.6.1.1. Procedimiento.

- Verificar si el material no ha sido alterado por otros materiales del ambiente, para proceder a colocar la muestra de material en el horno durante 24 horas.
- Una vez retirada la muestra del horno se deja enfriar al ambiente, para proceder a sumergir el material hasta que se sature durante un tiempo aproximado de 24 horas.
- Retirar el agua y extender la muestra en una superficie no absorbente donde pueda secar el material de manera homogénea.
- Seleccionar el molde troncocónico y dejar caer el material dentro del molde hasta llenarlo a una altura de 1 cm aproximadamente.
- Una vez llenado el molde, proceder a enrasarlo y compactarlo con 25 golpes si el molde no se encuentra completamente lleno al compactar se agregará más material hasta llenarlo nuevamente.

- Seleccionar 500 gr de material saturado superficialmente seco (S.S.S.) e introducirlo en el picnómetro con la ayuda de un embudo si es necesario.
- Rotar cuidadosamente el picnómetro durante 15 min a 20 min hasta eliminar las partículas de aire que se encuentre, en caso de la presencia de espuma introducir una punta de toalla de papel para eliminarlas.
- Verificar que la temperatura del picnómetro se encuentre a  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y verter agua si es necesario hasta la marca de calibración.
- Retirar el agregado del picnómetro y llevar a secar al horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y dejar secar al ambiente durante 2 horas aproximadamente.
- Determinar la masa del agregado y la masa del picnómetro con agua hasta la marca de calibración.

$$D_{\text{sss}}(\text{ag}) = \frac{P_{\text{sss}}}{P_{\text{sss}} - ((P_{\text{canastilla}} + \text{material}) - P_{\text{canastilla}})_{\text{sumergida}}}$$



**Ilustración 4:** Equipo a utilizar para Ensayo de Densidad y Absorción para Agregado Fino

**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

Cálculo de la absorción del agregado fino:

$$\text{Absorción} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

### 3.6.2. Agregado Grueso.

#### 3.6.2.1. *Materiales a Utilizar.*

Balanza, canastilla de alambre, estanque de agua, recipientes y horno. Es recomendable emplear el material proveniente del ensayo de tamizado, eliminando las partículas inferiores al tamiz N°4. En caso de ser necesario lavar la muestra y secarla en el horno para lograr remover cualquier materia extraña adherida a las partículas.



**Ilustración 5:** Equipo a utilizar para Ensayo de Densidad y Absorción para Agregado Grueso  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 3.6.2.2. *Procedimiento.*

- Sumergir los agregados en un recipiente durante un periodo de 24 horas
- Retirar el agua y colocar la muestra sobre una superficie no absorbente.
- Proceder a secar superficialmente con un paño los agregados hasta que desaparezcan las partículas de agua adheridas al finalizar pesar una cantidad de 1000 gr.
- Se procede a pesar la canastilla y los agregados dentro de la canastilla
- Mediante el principio de Arquímedes se procede a pesar los agregados en la canastilla de alambre sumergidos en agua.
- A continuación, se retiran los agregados y colocarlos en un recipiente, para proceder a secar en el horno y obtener el peso seco.

- Con los datos obtenidos anteriormente, se obtienen el porcentaje de absorción de las gravas y la densidad saturada superficialmente seca (DSSS) mediante las siguientes fórmulas:

Cálculo de la absorción del agregado grueso:

$$\text{Absorción} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

### **3.7. Peso Volumétrico**

El peso volumétrico suelto es la relación que se obtiene entre el peso del agregado respecto al espacio ocupado, dependiendo de cómo serán acomodados los agregados se denominara peso volumétrico suelto (PVS) y peso volumétrico varillado (PVV).

#### **3.7.1. Materiales.**

- Balde metálico
- Recipiente para agregado grueso y fino
- Varilla
- Cucharon galvanizado
- Balanza

#### **3.7.2. Peso Volumétrico Suelto (P.V.S.).**

Se procede a pesar el balde, luego verter el material con el cucharon dentro del balde metálico dejando caer de manera uniforme hasta sobrepasar la parte superior del balde y el siguiente paso será enrazar el material y pesar. Tener en cuenta que el agregado debe de estar 100% seco y que el balde se encuentre en óptimas condiciones para realizar el ensayo.

$$P. V. S. = \frac{(W_{ag} + W_b) - W_b}{V_b}$$



**Ilustración 6:** Balde Metálico para realizar el Ensayo de Peso Volumétrico Suelto  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

### 3.7.3. Peso Volumétrico Varillado (P.V.V.)

A diferencia del ensayo anterior P.V.S., es que en esta ocasión se llenan 3 capas aplicando 25 golpes por capa con la varilla, tener en cuenta que al aplicar la siguiente capa los golpes no deben superar a la anterior.

$$P. V. V. = \frac{(W_{ag} + W_b) - W_b}{V_b}$$



**Ilustración 7:** Balde Metálico para realizar el Ensayo de Peso Volumétrico Varillado  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

## 3.8. Ensayo de Abrasión de Los Ángeles

### 3.8.1. Materiales

- Cilindro metálico estanco de 51 cm de largo y 71 cm de diámetro, posee una abertura longitudinal, la misma que tiene una tapa que asegura la no salida del material al interior posee un anaquel. El sistema está diseñado para que genere 33 rev/min

- Malla o tamiz N°12 tipo bandeja
- Bandeja de recolección de materiales
- Balanza
- Hornos
- Cargas abrasivas, metálicas de forma esférica de diámetro 5 cm y de peso 4gr aproximadamente.

### 3.8.2. Procedimiento

- Tener conocimiento de cuál es el tamaño máximo del material, para seleccionar el tipo de graduación a realizar (A-B-C-D).

**Tabla 9:** Graduación según del ensayo de Los Ángeles.

TAMIZ "Pulg"		PESOS EN FUNCION DE T.MAX. "Gr"			
		GRADUACION			
Pasa:	Se retiene en:	A	B	C	D
1 ½	1	1250±25			
1	¾	1250±25			
¾	½	1250±10	2500±10		
½	3/8	1250±10	2500±10		
3/8	¼			2500±10	
¼	Nº 4			2500±10	
Nº 4	Nº 8				5000±10
<b>TOTAL:</b>		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

**Fuente:** (Norma ASTM C-131, 2014)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

- Seleccionando la graduación se procede a separar la cantidad de material necesario según el tamaño máximo.
- Proceder a colocar el número de esferas necesarias según la graduación seleccionada como se especifica en la siguiente tabla 10.

**Tabla 10:** Numero de esferas según la carga aplicada

GRADUACION	Nº DE ESFERAS	PESO DE LA CARGA gramos
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±25
D	6	2500±25

**Fuente:** (Norma ASTM C-131, 2014)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

- El siguiente paso es colocar el material y las esferas en el tambor de abrasión según la graduación respectiva.
- Una vez realizado el paso anterior se cierra el tambor y se procede con el ensayo que durara 15 min.



**Ilustración 8:** Ensayo de abrasión de los ángeles

**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

- Una vez finalizado los 15 min. retirar el material y proceder a tamizar por el tamiz N° 12.
- El material retenido del tamiz N° 12 se procede a lavar y secar en el horno durante 24 horas para después proceder a pesar.
- Con la siguiente formula se procede a calcular el porcentaje de desgaste que obtuvo la muestra.

$$\%Desgaste = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

### **3.9. Resistencia a los Sulfatos**

#### **3.9.1. Materiales**

- Recipientes
- Balanza
- Tamices
- Sulfato de sodio o de magnesio
- Horno

#### **3.9.2. Preparación de la Muestra**

- Tener el agregado en unas condiciones óptimas para el ensayo, en caso de no ser así lavarlo y secarlo en el horno durante 24 horas.
- Seleccionar los tamices necesarios para cada agregado como es el fino y grueso.
- Escoger la fracción requerida para cada agregado de las siguientes tablas 11 y 12.

**Tabla 11:** Tabla de Fracciones de Muestra para el Agregado Grueso

FRACCION	NUMERO DEL TAMIZ				MASA MINIMA DE LA MUESTRA g.
	PASA		RETIENE		
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	
1	3/8	9.51	No. 4	4.76	300
2	¾	19.0	3/8	9.51	1.000
	¾	19.0	½	12.7	670
	½	12.7	3/8	9.51	330
3	1 ½	38.1	¾	19.0	1.500
	1 ½	38.1	1	25.4	1000
	1	25.4	¾	19.0	500
4	2 ½	64.0	1 ½	38.1	5 000
	2 ½	64.0	2	50.8	3 000
	2	50.8	1 1/2	38.1	2 000

Fuente: (Norma ASTM C-131, 2014)  
 Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 12:** Tabla de Fracciones de Muestra para el Agregado Fino

FRACCION	NUMERO DEL TAMIZ			
	PASA		RETIENE	
	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
1	3/8	9.51	No. 4	4.76
2	No. 4	4.76	No. 8	2.38
3	No. 8	2.38	No. 16	1.19
4	No. 16	1.19	No. 30	0.595
5	No. 30	0.595	No. 30	0.297

Fuente: (Norma ASTM C-131, 2014)  
 Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

- Una vez seleccionada la fracción proceder a tamizar y pesar lo estimado en las tablas anteriormente mencionadas.

### 3.9.3. Procedimiento

- Se procede a sumergir los agregados en la muestra de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante un periodo no menor a 16 horas. Tapar los recipientes para evitar la adición de sustancias extrañas.
- Se procede a secar la muestra en el horno, se debe cuidar que las muestras no permanezcan en el horno más tiempo que el necesario pues pueden producirse alteración en el material por demasiada exposición al secado.
- Se repiten los puntos anteriores como son sumergir los agregados y el secado, hasta completar 5 ciclos.
- Retirar el sulfato lavando el material cuidadosamente y secando al horno durante 24 horas.
- Con el material seco se procede a realizar el tamizado necesario y calcular los porcentajes de pérdida obtenidos.
- Se calcula el porcentaje retenido con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Retenido parcial} = \frac{\text{Masa retenida parcial}}{\text{Masa total de muestra}} \times 100$$

- El porcentaje de pérdida real se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Perdida real} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

- El porcentaje de desgaste parcial se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Perdida corregida} = \frac{\% \text{ Retenido parcial} \times \text{Perdida real}}{100}$$

### **3.10. Análisis del Hormigón en Estado Fresco**

#### **3.10.1. Prueba de Revenimiento.**

##### **3.10.1.1. Equipos que se Utilizan.**

- Se utilizará el cono de Abrams, el cual es un molde metálico en forma de troncocónico con un diámetro superior de 10 cm y un diámetro inferior de 20 cm.
- Se deberá usar una placa de apoyo que sea de material no absorbente y que tiene dimensiones de por lo menos de 40 x 60 cm.
- Una varillad de acero punta redonda.
- Cucharón metálico.

##### **3.10.1.2. Procedimiento.**

- Primero se deberá colocar y asegurar el cono de Abrams sobre la superficie del apoyo de los cuales deben estar limpios y humedecidos con agua.
- Luego se ira llenando el cono con hormigón en tres capas de igual volumen aproximadamente, y de lo cual por cada capa se deberá ir compactando con la varilla aplicando 25 golpes en forma de circular y se ira haciendo de afuera hacia adentro (Ilustración 9). Durante la aplicación de la última capa se deberá conservar un exceso de hormigón sobre el borde superior del molde.



**Ilustración 9:** Prueba de revenimiento  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

- Con la ayuda de la varilla se deberá enrasar la superficie de la capa superior.
- Una vez enrasado se deberá limpiar alrededor del cono, y se procederá a retirarlo en dirección vertical, todo este proceso no deberá demorar más de tres minutos.
- Por consiguiente, una vez ya retirado el cono, inmediatamente se deberá medir la disminución de la altura del hormigón con respecto al cono, por lo cual la medición se lo efectúan en el eje central del cono en posición vertical (ilustración 10).



**Ilustración 10:** Medición de revenimiento  
**Elaborado:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

### 3.10.2. Medición de Temperatura.

Uno de los factores más importantes que interviene en el control de calidad, tiempo

de fraguado y resistencia del hormigón es la temperatura, la cual no debería exceder de los 32° C porque se podrían generar problemas a futuro tales como pérdida de trabajabilidad en el hormigón, así como también se podría generar fisuras al endurecerse el hormigón.

#### **3.10.2.1. Procedimiento.**

- Primero se deberá tomar una muestra del hormigón, por lo consiguiente se colocará en la muestra el dispositivo de medición de temperatura que deberá estar sumergido por lo menos 3 pulgadas (75 mm).
- Luego se debe presionar suavemente el hormigón alrededor del dispositivo, esto es con el fin de evitar que la temperatura ambiente afecte en la temperatura medida.
- Por lo consiguiente se deberá dejar el dispositivo de medición de temperatura en la muestra de hormigón por lo menos 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice.
- Para terminar con el ensayo se lee y se registra el valor de la temperatura del hormigón fresco que arroje el dispositivo de medición.

### **3.11. Análisis del Hormigón en Estado Endurecido**

#### **3.11.1. Determinación de la Resistencia a Compresión.**

##### **3.11.1.1. Equipo Empleado para el Ensayo.**

- Se utilizarán moldes cilíndricos de 10 cm de diámetro y 20 cm de largo para las probetas de ensayo.
- Varilla lisa, cilíndrica de acero estructural y con punta redondeada.

### 3.11.1.2. Procedimiento.

- Para este ensayo se elaborarán las probetas utilizando los moldes cilíndricos, y de acuerdo con la norma ASTM C192 se deben ensayar como mínimo 2 cilindros por cada edad y trabajar con el promedio de estas. En este caso para un mayor factor de seguridad se ensayarán 3 cilindros.
- En la elaboración de las probetas, primero se deberá engrasar los moldes a utilizar, luego se los irán llenando con el hormigón en 3 capas de igual volumen aproximadamente, por cada capa se los compactara con la varilla aplicando 25 golpes distribuyéndolos uniformemente en toda la sección transversal del molde y al final se deberá golpear suavemente con un matillo de goma las paredes del molde esto para asegurar de que quede bien compactado.



**Ilustración 11:** Compactación de cilindros con varilla  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

- Una vez llenado los moldes con el hormigón se los deberá ubicar durante al menos 24 horas como máximo sobre una superficie libre de vibraciones, luego de que transcurran ese tiempo se los deberá remover de los moldes y almacenarlos en algún lugar que estén cubierto de agua a una temperatura fija de  $23 \pm 2$  °C hasta el instante del ensayo.

- Escribir con un marcador la referencia del hormigón, su resistencia y la fecha en el que se realizó para tener un control a la hora de ensayarlos.



**Ilustración 12:** Colocación de la fecha de elaboración en los cilindros de concreto  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

- Por lo consiguiente se deberá dejar secar por completo los cilindros al aire libre, luego se procederá a ensayar con los cilindros, pero antes se debe comprobar que sus bases estén planas, se los colocara en la máquina de ensayo y de lo cual se le aplicará carga a una velocidad constante de 1,4 a 3,5 kg/cm<sup>2</sup>/s hasta el momento que falle el cilindro.

Para el cálculo de la resistencia se lo realizara por medio de la siguiente formula:

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- P = Carga máxima aplicada en kg
- A = Área de la sección transversal en cm<sup>2</sup>
- R<sub>c</sub> = Resistencia a la Compresión del cilindro en kg/cm<sup>2</sup>



**Ilustración 13:** Ensayo de resistencia a la Compresión del Concreto  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

### **3.11.2. Determinación de la Resistencia a Flexión.**

#### **3.11.2.1. Equipo Empleado para el Ensayo.**

- Se usarán moldes con dimensiones de 15 cm x 15 cm y 50 cm de longitud para las viguetas de ensayo.
- Varilla lisa con punta redondeada.

#### **3.11.2.2. Procedimiento.**

- Se diseñarán viguetas rectangulares y de acuerdo con la norma ASTM 1609 y ASTM 1609 M se deberá ensayar al menos 3 viguetas para cada edad.
- En la elaboración de las viguetas se deberán engrasar los moldes, luego se procede a llenarlos con el hormigón por capas, para determinar el número de capas dependerá de la altura del molde a utilizar, por lo tanto, como la altura de nuestro molde es 15 cm, se lo llenara en 2 capas y por cada capa se los compactaras con la varilla aplicando 56 golpes que serán distribuidos uniformemente en toda la sección transversal del molde y por último se deberá

golpear suavemente con un martillo de goma las paredes del molde.



**Ilustración 14:** Compactación de vigas con varilla  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

- Luego de ser llenado los moldes con el hormigón se los dejara a secar durante 24 horas y una vez transcurrido ese tiempo se procederá a removerlos del molde y deben ser almacenadas en donde estén cubiertas completamente de agua a una temperatura fija de 23°C aproximadamente hasta el instante del ensayo.
- Posteriormente se deberá dejar secar por completo las viguetas al aire libre, y después se procederá a ensayar con la vigueta, se la ubica en la máquina de ensayo y se le coloca un sobrepeso de 34,5 kg en el punto medio según las especificaciones de la norma ASTM C293, y se le ira aplicando carga con una velocidad de 8,8 a 12,4 kg/cm<sup>2</sup>/min hasta el momento en que la vigueta falle.

Para el cálculo del módulo de rotura se utilizará la siguiente formula:

$$MR = \frac{PL}{bd^2}$$

Donde:

- MR= Módulo de rotura de la viga en kg/cm<sup>2</sup>

- $P$  = Carga máxima aplicada en kg
- $L$  = Distancia entre apoyos (cm)
- $B$  = Ancho de la viga en la posición de ensayo (cm)
- $d$  = Altura de la viga en la posición de ensayo (cm)



**Ilustración 15:** Ensayo de Resistencia a Flexión  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

## Capítulo IV

### Interpretación de Resultados

#### 4.1. Granulometría

Se pudo observar mediante el ensayo granulométrico que el material Roca Arena, tanto la fracción grueso como la fina cumple con los estándares especificados en la norma A.S.T.M. C33.

##### 4.1.1. Agregado Grueso.

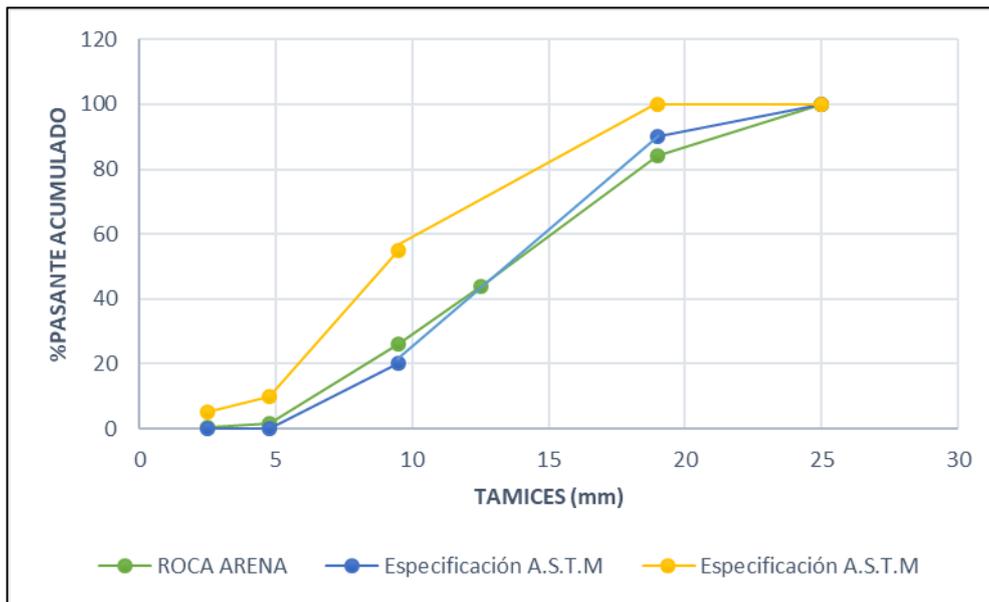
En las granulometrías realizadas a los dos materiales se pudo constatar que el material extraído de la mina de Copeto no cumple con los Fajas granulométricas exigidas por la normativa citado en el párrafo anterior para materiales usados en hormigones tan cómo se observa en la Tabla 13 y 14. En las Ilustraciones 16 y 17 se comprueba que la granulometría no cumple los husos granulométricos ya que se ubican por debajo.

##### 4.1.1.1. Roca-Arena.

**Tabla 13:** Granulometría del Agregado Grueso Roca-Arena

TAMIZ "pulg."	PESO PARCIAL "gr"	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación A.S.T.M
1	0	0	0	100	100
3/4"	783,5	15,673	15,673	84,327	90-100
1/2"	2024,3	40,492	56,165	43,835	--
3/8"	881,8	17,639	73,804	26,196	20-55
N° 4	1230,8	24,620	98,424	1,576	0-10
N° 8	64,5	1,290	99,714	0,286	0-5
Fondo	14,3	0,286	100,000	0,000	0
TOTAL	4999,2	100			

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 16:** Curva granulométrica del agregado grueso de Roca -arena

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

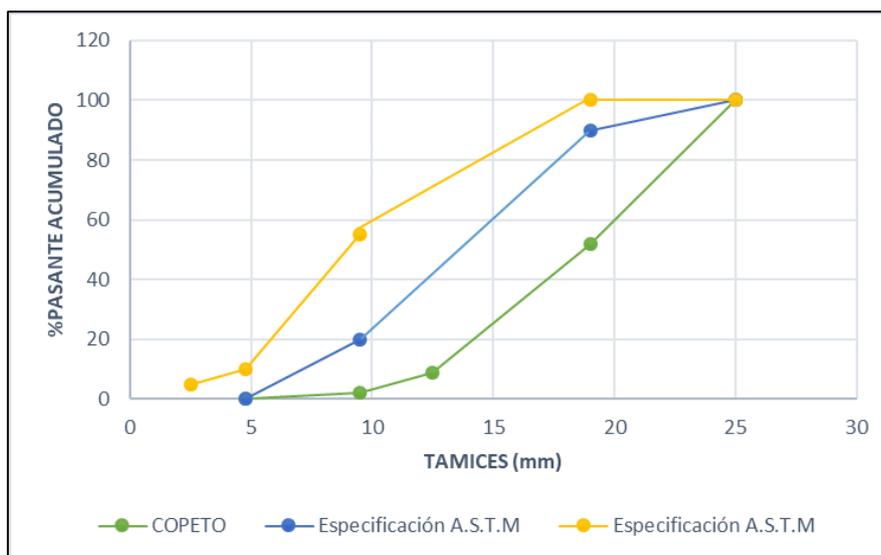
#### 4.1.1.2. Copeto.

**Tabla 14:** Granulometría del Agregado Grueso de Copeto

TAMIZ "pulg."	PESO PARCIAL "gr"	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación A.S.T.M
1	0	0	0	100	100
3/4"	2394,5	48,002	48,002	51,998	90-100
1/2"	2142,5	42,951	90,953	9,047	20-55
3/8"	353,2	7,081	98,033	1,967	0-15
4"	98,1	1,967	100,000	0,000	0-5
Fondo	0	0,000	100,000	0,000	
TOTAL	4988,3	100			

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 17:** Curva granulométrica del agregado grueso de Copeto

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 4.1.2. Agregado Fino.

Se puede verificar que el agregado fino de Roca Arena es muy similar al de Copeto, los pasantes acumulados no distan en gran medida como se muestran en la Ilustración 18 y 19, además se muestra el módulo de Finura tiene valores parecidos para los dos tipos de arenas, cuyo valor de MF = 3.

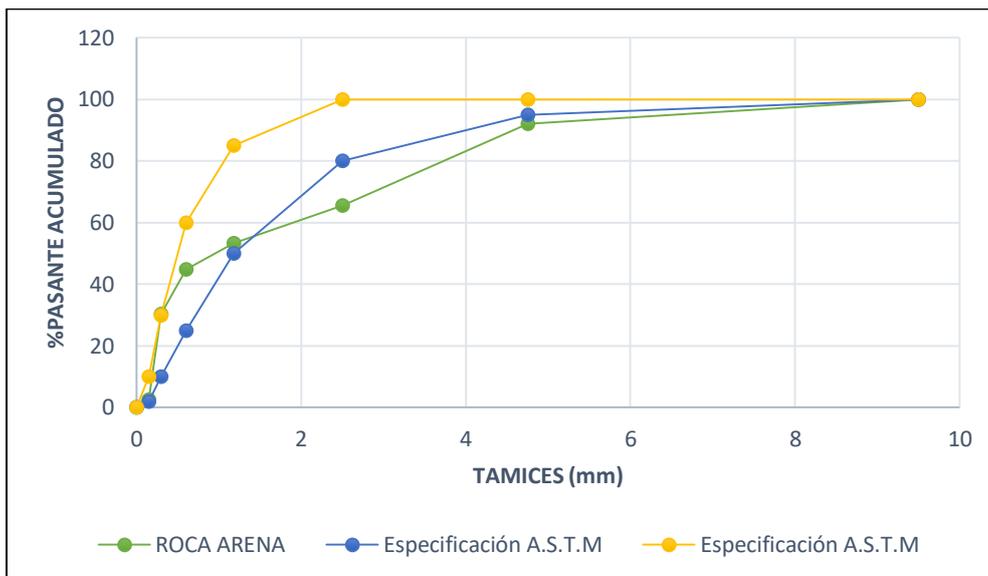
##### 4.1.2.1. Roca-Arena.

**Tabla 15:** Granulometría del Agregado Fino Roca-Arena

TAMIZ "pulg."	PESO PARCIAL "gr"	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación A.S.T.M
3/8"	0	0	0	100	100
N. 4	158,6	7,947	7,947	92,053	95 – 100
N. 8	530,8	26,596	34,543	65,457	80 – 100
N. 16	241,2	12,085	46,628	53,372	50 – 85
N. 30	169,6	8,498	55,126	44,874	25 – 60
N. 50	290,6	14,561	69,686	30,314	10 a 30
N. 100	552,6	27,688	97,374	2,626	2 a 10
Fondo	52,4	2,626	100	0	0
TOTAL	1995,8	100			

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 18:** Curva granulométrica del agregado fino de Raca-Arena  
**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

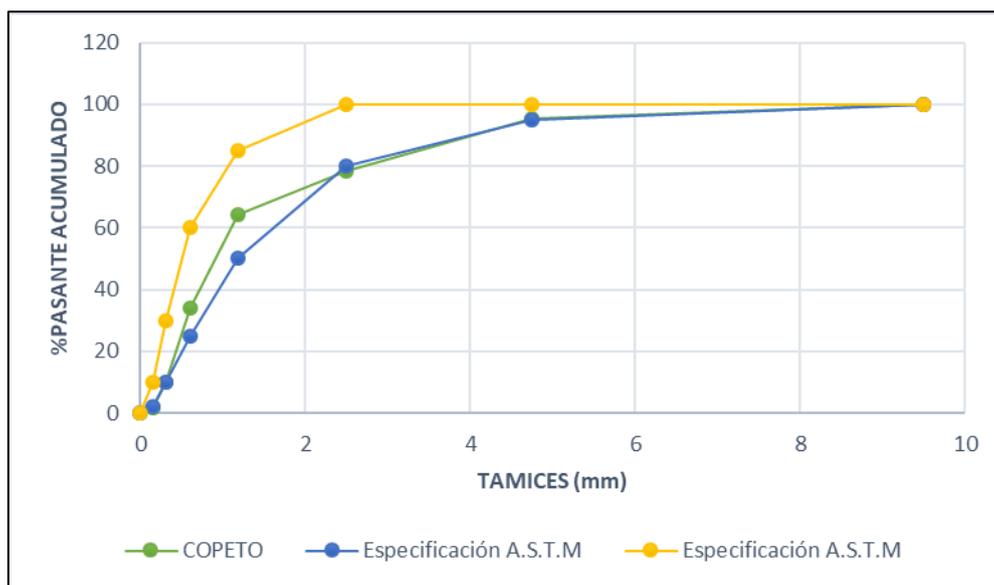
$$MF = \frac{7,947 + 34,543 + 46,628 + 55,126 + 69,686 + 97,374}{100} = 3,11$$

**4.1.2.2. Copeto.**

**Tabla 16:** Granulometría del Agregado Fino de Copeto

TAMIZ "pulg."	PESO PARCIAL "grs"	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	Especificación A.S.T.M
3/8"	0	0	0	100	100
N. 4	93,4	4,718	4,718	95,282	95 – 100
N. 8	332,6	16,800	21,517	78,483	80 – 100
N. 16	279,9	14,138	35,655	64,345	50 – 85
N. 30	601,1	30,362	66,017	33,983	25 – 60
N. 50	478,1	24,149	90,166	9,834	10 a 30
N. 100	160	8,082	98,247	1,753	2 a 10
Fondo	34,7	1,753	100	0	0
TOTAL	1979,8	100			

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 19:** Curva granulométrica del agregado fino de Copeto

**Fuente:** (Normas ASTM C33, 2018)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

$$MF = \frac{4,718 + 21,517 + 35,655 + 66,017 + 90,166 + 98,247}{100} = 3,16$$

## 4.2. Densidad Saturada Superficie Seca y Absorción

Referente a las densidades encontradas en los agregados grueso y finos de los dos materiales presentan valores similares, aunque los valores de densidades de los materiales extraídos de la mina de Copeto presentan mayor densidad tal como se aprecia en las Tablas 17 y 18.

**Tabla 17:** D.S.S.S del Agregado Fino

D.S.S.S. (DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA)		
Roca–Arena	2564,10256	Kg/m <sup>3</sup>
Mina de Copeto	2631,57895	Kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** (Norma ACI, 2012)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 18:** D.S.S.S del Agregado Grueso

D.S.S.S. (DENSIDAD SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA)		
Roca–Arena	2680,96514	Kg/m <sup>3</sup>
Mina de Copeto	2695,41779	Kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** (Norma ACI, 2012)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

Respecto a la absorción, el material proveniente de Manabí, tanto el agregado grueso como el fino presentan mayor porcentaje que el extraído de Santo Domingo, tal como se indica en las Tablas 19 y 20.

**Tabla 19:** Absorción de los Agregado Fino

ABSORCION		
Roca–Arena	5,15	%
Mina de Copeto	1,96	%

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 20:** Absorción del Agregado Grueso

ABSORCION		
Roca–Arena	5,37	%
Mina de Copeto	1,77	%

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 4.3. Peso Volumétrico Suelto (P.V.S) y Varillado (P.V.V)

Los ensayos para conocer los pesos volumétricos sueltos y varillados muestran distintos resultados, tanto para los agregados gruesos como el fino. Referente al agregado fino, el material de Copeto presentan mayor peso volumétrico en comparación con el agregado fino de Manabí, tal como se nota en la Tabla 21.

**Tabla 21:** P.V.S. del Agregado Fino del Material Roca-Arena

P.V.S. (PESO VOLUMETRICO SUELTO)		
Roca-Arena	1507,04	kg/m <sup>3</sup>
Mina de Copeto	1673,21	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

En lo referente al agregado grueso, el peso volumétrico suelto como el varillado del material de Roca – Arena presenta valores mayores a los obtenidos con el agregado de la mina de Copeto, tal como se aprecia en las Tablas 22 y 23.

**Tabla 22:** P.V.S. del Agregado Grueso

<b>P.V.S. (PESO VOLUMETRICO SUELTO)</b>		
<b>Roca-Arena</b>	1218,71337	kg/m <sup>3</sup>
<b>Mina de Copeto</b>	1165,23743	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 23:** P.V.V. del Agregado Grueso

<b>P.V.V. (PESO VOLUMETRICO VARILLADO)</b>		
<b>Roca-Arena</b>	1298,927	kg/m <sup>3</sup>
<b>Mina de Copeto</b>	1285,558	kg/m <sup>3</sup>

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 4.4. Ensayo de Abrasión de los Ángeles

El desgaste mostrado por los materiales cumple con la norma ASTM C131, la cual indica que el desgaste no debe exceder el 50%, verificando que los agregados son aptos para ser utilizados en hormigones hidráulicos. También se aprecia que el material roca arena presenta un mayor desgaste con respecto al material de Copeto sometido al mismo Método B, tal como se observa en la Tabla 24.

**Tabla 24:** Material Roca-Arena

<b>Resultados</b>	
<b>MÉTODO</b>	B
<b>N.º ESFERAS</b>	11
<b>TIEMPO DE ROTACION</b>	15 min
<b>PESO INICIAL</b>	5000
<b>PESO FINAL</b>	3496,8
<b>% DE PERDIDA</b>	30,06

Fuente: (Norma ASTM C-131, 2014)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Tabla 25: Material de Copeto

Resultados	
MÉTODO	B
N.º ESFERAS	11
TIEMPO DE ROTACION	15 min
PESO INICIAL	5000
PESO FINAL	4166,7
% DE PERDIDA	16,67

Fuente: (Norma ASTM C-131, 2014)  
Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 4.5. Ensayo de Sulfato

Los agregados cumplen de una manera correcta la norma AASHTO T104, la cual indica que el porcentaje de perdida no debe exceder el 20%, verificando que los dos materiales cumplen con la normativa y que el material de la mina de Copeto presenta menor porcentaje de perdida, tal como se parecía en las Tabla 26 y 27.

Tabla 26: Material de Copeto

MALLAS		Graduación de la muestra original % RETENIDO	Peso antes del ensayo Gr.	Peso después del ensayo Gr.	% PÉRDIDA REAL	% PÉRDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE					
1	3/4	39,22	1000	993,4	0,66	0,259
3/4	1/2	29,41	750	746,3	0,49	0,144
1/2	3/8	19,61	500	497,5	0,5	0,098
3/8	4	11,76	300	297,4	0,867	0,10
					Σ	0,601

Fuente: (Norma AASHTO T104, 2016)  
Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Tabla 27: Material Roca-Arena

MALLAS		Graduación de la muestra original % RETENIDO	Peso antes del ensayo Gr.	Peso después del ensayo Gr.	% PÉRDIDA REAL	% PÉRDIDA CORREGIDA
PASA	RETIENE					
1	¾	39,22	1000	967,5	3,25	1,27
3/4	½	29,41	750	719,0	3,1	0,91
1/2	3/8	19,61	500	473,4	5,32	1,043
3/8	4	11,76	300	276,7	7,77	0,91
					Σ	4,133

Fuente: (Norma AASHTO T104, 2016)  
Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 4.6. Diseño de Mezcla de Hormigón

La elaboración de la dosificación de los hormigones para una resistencia de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$  se muestra a continuación:

- Primero se deberá establecer un valor de asentamiento en función del tipo de estructura según las necesidades técnicas, para lo cual se utilizará la siguiente tabla 28.

**Tabla 28:** Cantidad de agua y aire incluido en función del revenimiento del hormigón

REVENIMIENTO	9,5mm	13,mm	19mm	25mm	38mm	51mm	76mm	152mm
CM	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	6 "
<b>HORMIGON SIN AIRE INCLUIDO</b>								
2,5 A 5	207,5	197,6	182,8	177,8	163	153,1	143,3	123,5
5 A 10	227,2	217,3	202,5	192,6	177,8	168	158	138,3
15 A 20	242	227,2	212,4	202,5	187,7	177,8	168	148,2
<b>CANTIDAD DE AIRE ENTRAMPADO EN EL HORMIGON</b>	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

**Fuente:** (Norma ACI - 212, 2010)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

- Mediante la Tabla anterior se establecerá la cantidad de agua y aire incluido por metro cúbico de hormigón, y cuyo valor se le aumentará el porcentaje de absorción de los agregados A este valor se incrementa el porcentaje de absorción de los agregados.
- Se escogerá la relación agua/cemento por medio de la resistencia a la compresión de diseño que se requiera, se usará la tabla 29

**Tabla 29:** Relación agua/cemento

Relación agua/cemento	Resistencia kg/cm <sup>2</sup>
0,70 - 0,65	140
0,65 - 0,60	190
0,60 - 0,55	210
0,55 - 0,50	250
0,50 - 0,45	290
0,45 - 0,40	310
0,40 - 0,35	350
0,35 - 0,30	390
0,3	410

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Con los resultados de los ensayos de prueba se concluyó que la relación a/c = 0,4 es la indicada.

- También se realizó la corrección de la cantidad de agua por puzolana según la resistencia a la compresión que se requiera, por lo tanto, se utilizara la siguiente tabla 30.

**Tabla 30:** Corrección de cantidad de agua

Resistencia kg/cm <sup>2</sup>	Variación de agua
210	5%
250	8%
290	11%
310	13%
350	15%

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

$$\text{Masa de agua} = W_a + (0,15 * W_a) + (\text{Abs. A. G.} * W_p) + (\text{Abs. A. F.} * W_a)$$

$$\text{Masa de agua} = 212,4 + (0,15 * 212,4) + (0,0177 * 968,7794) + (0,0196 * 630,556)$$

$$\text{Masa de agua} = 273,7662$$

- Luego se procederá con el cálculo de las masas tanto de agregados como de cemento mediante los valores obtenido con anterioridad.

$$\text{cemento} = \frac{\text{masa del agua}}{\text{relacion a/c}} = \frac{273,7662}{0,40} = 684,415\text{kg}$$

Para el cálculo de la masa del agregado grueso se lo determina por medio de la relación entre el tamaño máximo nominal y el módulo de finura, este último será promediado de la arena de río y trituración. De lo cual se utilizará la siguiente tabla 31.

**Tabla 31:** Volumen de agregado grueso para diferentes módulos de finura

Tamaño máximo del agregado		Módulo de finuras			
pulg	mm	2,48	2,6	2,8	3
3/8 "	9,5	0,44	0,44	0,42	0,4
1/2 "	12,7	0,55	0,53	0,51	0,49
3/4 "	19,1	0,65	0,63	0,62	0,59
1 "	25,4	0,7	0,68	0,66	0,84
1 1/2 "	38,1	0,76	0,74	0,72	0,78
2 "	50,8	0,79	0,77	0,75	0,73
3 "	76,2	0,84	0,82	0,8	0,78
6 "	152,4	0,9	0,88	0,86	0,84

**Fuente:** (Norma ASTM C-29, 2017)

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

$$\text{Agregado grueso} = \frac{\text{P. V. V.} * 0,59}{\text{D. S. S. S.}} = \frac{1285,558 * 0,59}{2695,418} = 0,2814\text{m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 0,2814\text{m}^3 * \frac{2695,418\text{kg}}{\text{m}^3} = 790,77 \text{ kg}$$

El cálculo de la masa del agregado fino se lo obtiene restando la unidad menos volumen total de los componentes de la mezcla:

$$\text{Agregado fino} = 1 - (\text{cemento} + \text{agua} + \text{AG} + \text{aire})$$

$$\text{Agregado fino} = 1 - (0,2173 + 0,2738 + 0,2814 + 0,02) = 0,2076\text{m}^3$$

Según la norma A.C.I., el agregado fino no debe exceder de un 40% del volumen total de los agregados. A continuación, se procederá a realizar la respectiva corrección.

$$\text{Agregado grueso} = 0,2814\text{m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 0,2076\text{m}^3$$

$$\text{Agregado total} = 0,2814 + 0,2076 = 0,489\text{m}^3$$

$$\% \text{ Agregado fino} = \frac{0,2076 * 100}{0,489} = 42,45 \%$$

Al tener un 42,45% de agregado fino en el diseño se realiza la corrección, teniendo en consideración el volumen total de agregados por 40% y una vez obtenida la cantidad de agregado fino proceder a restar al total de agregado la cantidad de fino corregido para determinar el volumen de agregado grueso necesario.

$$\text{Agregado fino corregido} = \frac{0,489 * 40}{100} = 0,1956$$

$$\text{Agregado grueso corregido} = 0,489 - 0,1956 = 0,2934$$

Pesos de los agregados corregidos con un 40% de agregado fino.

$$\text{Agregado fino} = \text{DSSS} * \text{volumen de aren} = 2631,579 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,1956 \text{ m}^3 = 514,73\text{kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 2695,418 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,2934 \text{ m}^3 = 790,77 \text{ kg}$$

Por lo consiguiente, a los resultados obtenidos se le deberá incrementar un 3% como factor de seguridad.

En la tabla 32 se muestra los resultados obtenido para las diferentes dosificaciones de hormigones de resistencia de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$  para el material de la cantera Copeto.

**Tabla 32:** Resultados de los ensayos del material de Copeto

Componentes del hormigón (kg)	Diseño F'c 350 kg/cm <sup>2</sup> COPETO	Diseño F'c 210 kg/cm <sup>2</sup> COPETO
<b>Cemento</b>	684,416	410,229
<b>Agr. FINO</b>	514,694	635,401
<b>Agr. GRUESO</b>	790,769	976,223
<b>Agua</b>	273,766	246,137
<b>Aditivo</b>	1%	1%
<b>PRUEBAS EN HORMIGON FRESCO</b>		
<b>Revenimiento</b>	19,6	8
<b>Temperatura</b>	28,5	29,3

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

El mismo procedimiento se utilizó para la elaboración de la dosificación de todos los hormigones realizados, en la Tabla 33 se aprecian los resultados obtenidos por los materiales de Roca-Arena fraccionado (R.A-F) y Roca-Arena Unificado (R.A-U).

**Tabla 33:** Resultados de los ensayos del material Roca-Arena

Componentes del hormigón (kg)	Diseño F'c 350 kg/cm <sup>2</sup> ROCA-ARENA UNIFICADO	Diseño F'c 350 kg/cm <sup>2</sup> ROCA-ARENA FRACCIONADO	Diseño F'c 210 kg/cm <sup>2</sup> ROCA-ARENA UNIFICADO	Diseño F'c 210 kg/cm <sup>2</sup> ROCA-ARENA FRACCIONADO
<b>Cemento</b>	684,416	820,224	410,229	526,032
<b>Agr. FINO</b>	1305,463	270,942	1611,624	510,140
<b>Agr. GRUESO</b>		766,367		800,085
<b>Agua</b>	273,766	328,089	246,137	315,619
<b>Aditivo</b>	1%	1%	1%	1%
<b>PRUEBAS EN HORMIGON FRESCO</b>				
<b>Revenimiento</b>	18	16,4	7	7,5
<b>Temperatura (°C)</b>	30,2	29,5	28	30

Fuente: (Norma ACI, 2012)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Como se aprecia en la Tabla 33, el material Roca-Arena Unificado (R.A-U) presenta cantidad de agregado fino y grueso en un solo valor, debido a que este material se lo comercializa como una mezcla bien graduada de agregados.

#### 4.7. Resultados de Ensayos a Compresión

Para poder determinar la Resistencia a Compresión del hormigón, se realizaron 48

cilindros de 10 cm de diámetro y 20 cm de longitud, se ensayaron 9 cilindros para cada diseño de hormigón, en las diferentes edades 7, 21 y 28 días.

Habiendo realizado 4 dosificaciones (2 para cada tipo de material como son Roca-Arena fraccionado (R.A-F) y Cantera Copeto) y una mezcla adicional utilizando las dosificaciones de Copeto, en el cual se reemplazó la cantidad de agregados fino y grueso por el material Roca-Arena unificado (R.A-U).

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del ensayo de compresión a las edades de 7, 21 y 28 días de las resistencias a la compresión de 35 MPa y 21 MPa.

Una vez conocida la dosificación con los materiales de Copeto para un  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> con el material roca-arena unificado (R.A-U), se logró comprobar que a la edad de 7 días el material Copeto y R.A-U generan resistencias aproximadas entre sí, pero el material R.A-F produce una resistencia mayor de un 5,3% con respecto a las otras dos resistencias como se observa en la siguiente Tabla 34.

**Tabla 34:** Ensayo de Compresión  $F'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en probetas de 7 días de edad

Identificación de cilindro	Resistencia		Promedio de valores	
	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
<b>COPETO 1</b>	181,083	86,230	165,049	78,595
<b>COPETO 2</b>	166,935	79,493		
<b>COPETO 3</b>	147,130	70,062		
<b>R.A-F 1</b>	183,912	87,577	176,367	83,984
<b>R.A-F 2</b>	169,765	80,840		
<b>R.A-F 3</b>	175,424	83,535		
<b>R.A-U 1</b>	170,897	81,379	161,843	77,068
<b>R.A-U 2</b>	152,788	72,756		

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

A continuación, se puede apreciar que las resistencias a la compresión de los cilindros a las edades de 21 y 28 días del material Roca-Arena Unificado siguen siendo similares a la dosificación patrón que se obtuvo del material Santo Domingo,

como se aprecia en las siguientes tablas 35 y 36.

**Tabla 35:** Ensayo de Compresión  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en probetas de 21 días de edad

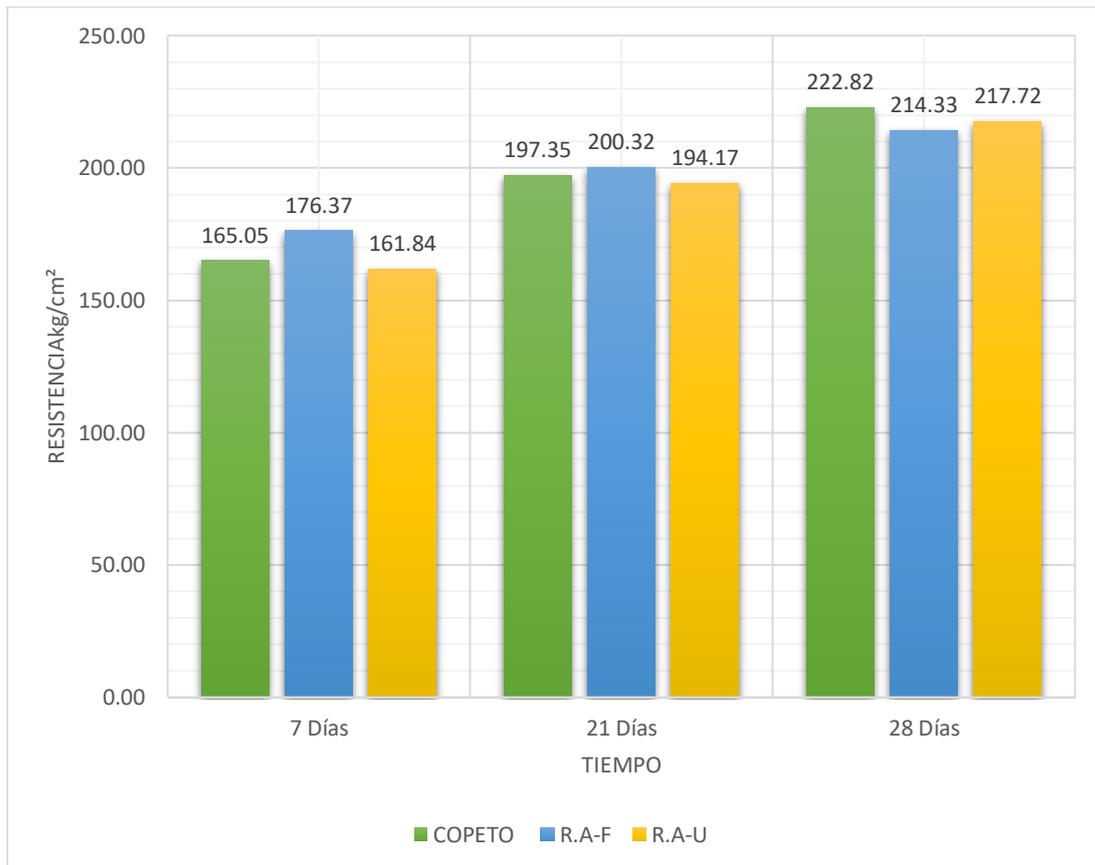
Identificación de cilindro	Resistencia		Promedio de valores	
	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
<b>COPETO 1</b>	203,718	97,009	197,352	93,977
<b>COPETO 2</b>	197,352	93,977		
<b>COPETO 3</b>	190,985	90,945		
<b>R.A-F 1</b>	199,898	95,190	200,323	95,392
<b>R.A-F 2</b>	197,352	93,977		
<b>R.A-F 3</b>	203,718	97,009		
<b>R.A-U 1</b>	190,985	90,945	194,169	92,461
<b>R.A-U 2</b>	197,352	93,977		

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 36:** Ensayo de Compresión  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en probetas de 28 días de edad

Identificación de cilindro	Resistencia		Promedio de valores	
	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
<b>COPETO 1</b>	229,183	109,135	222,816	106,103
<b>COPETO 2</b>	222,816	106,103		
<b>COPETO 3</b>	216,450	103,072		
<b>R.A-F 1</b>	216,450	103,072	214,328	102,061
<b>R.A-F 2</b>	210,084	100,040		
<b>R.A-F 3</b>	216,450	103,072		
<b>R.A-U 1</b>	222,816	106,103	217,723	103,678
<b>R.A-U 2</b>	212,631	101,253		

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 20:** Comparación de Resistencias a la Compresión  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a diferentes edades  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

Realizando la dosificación de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  con la misma proporción obtenida con materiales de Copeto, los testigos elaborados con R.A-U presentan una caída de la resistencia con respecto al material de Santo Domingo, obteniendo una diferencia en la resistencia de 30% aproximadamente, mientras tanto el material R.A-F, la dosificación realizada partiendo la muestra en fracciones cumple con el porcentaje de resistencia requerida a los 7 días, como se indica en la siguiente tabla 37.

**Tabla 37:** Ensayo de Compresión  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  en probetas de 7 días de edad

Identificación de cilindro	Resistencia		Promedio de valores	
	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
COPETO 1	394,703	112,772	392,581	112,166
COPETO 2	375,605	107,316		
COPETO 3	407,436	116,410		
R.A-F 1	356,506	101,859	314,065	89,733
R.A-F 2	318,309	90,945		
R.A-F 3	267,380	76,394		
R.A-U 1	318,309	90,945	286,478	81,851
R.A-U 2	254,647	72,756		

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Con respecto a la resistencia a 21 y 28 días se observa una disminución con respecto a la muestra patrón que se obtuvo con el material de Santo Domingo, tal como se aprecia en las tablas 38 y 39.

**Tabla 38:** Ensayo de Compresión  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  en probetas de 21 días de edad

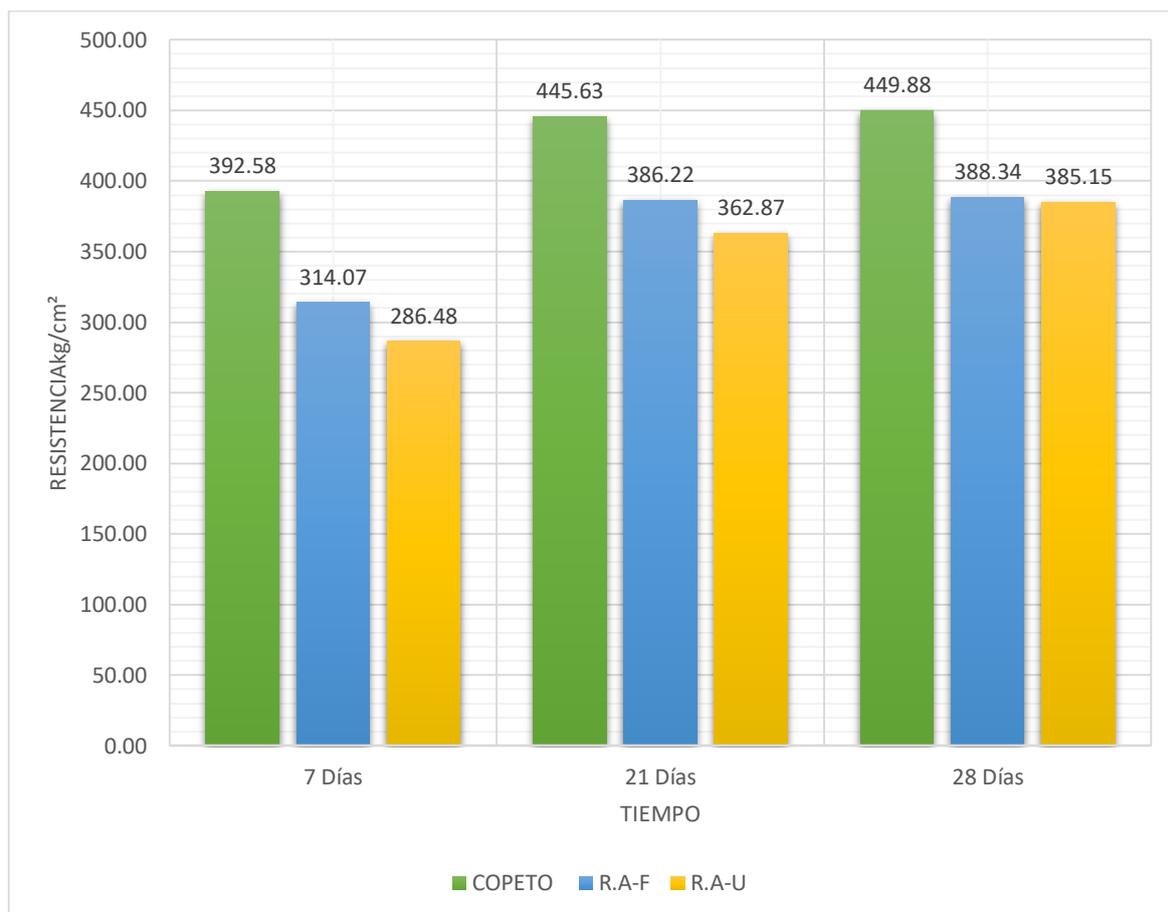
Identificación de cilindro	Resistencia		Promedio de valores	
	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
COPETO 1	445,633	127,324	445,633	127,324
COPETO 2	420,168	120,048		
COPETO 3	471,098	134,599		
R.A-F 1	381,971	109,135	386,215	110,347
R.A-F 2	394,703	112,772		
R.A-F 3	381,971	109,135		
R.A-U 1	369,239	105,497	362,872	103,678
R.A-U 2	356,506	101,859		

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 39:** Ensayo de Compresión  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  en probetas de 28 días de edad

Identificación de cilindro	Resistencia		Promedio de valores	
	kg/cm <sup>2</sup>	%	kg/cm <sup>2</sup>	%
COPETO 1	420,168	120,048	449,877	128,536
COPETO 2	458,365	130,961		
COPETO 3	471,098	134,599		
R.A-F 1	375,605	107,316	388,337	110,953
R.A-F 2	394,703	112,772		
R.A-F 3	394,703	112,772		
R.A-U 1	388,337	110,953	385,154	110,044
R.A-U 2	381,971	109,135		

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 21:** Comparación de Resistencias a la Compresión  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  a diferentes edades de probetas

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 4.8. Resultados de Ensayos a Flexión

Para el ensayo se elaboró 48 vigas de sección de  $15 \times 15,5 \times 53,5 \text{ cm}$  de largo, las cuales fueron sometidas al ensayo en distintas edades como son a 7, 21 y 28 días.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del ensayo de flexión realizado en vigas con la dosificación para  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  donde se observa en las tablas 10, 41 y 42 que los módulos de rotura cumplen con la tenacidad requerida utilizando cualquiera de los materiales.

**Tabla 40:** Ensayo de rotura a Flexión en vigas de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  de prueba a 7 días de edad

Identificación de viga	MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MR (MPa.)	Promedio MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio MR (MPa.)	%
COPETO 1	30,123	2,955	34,424	3,377	80,404
COPETO 2	37,865	3,715			
COPETO 3	35,284	3,461			
R.A-F 1	33,994	3,335	35,284	3,461	82,413
R.A-F 2	35,284	3,461			
R.A-F 3	36,574	3,588			
R.A-U 1	28,187	2,765	28,510	2,797	66,590
R.A-U 2	28,832	2,828			

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Tabla 41: Ensayo de rotura a Flexión en vigas de F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> de prueba a 21 días de edad

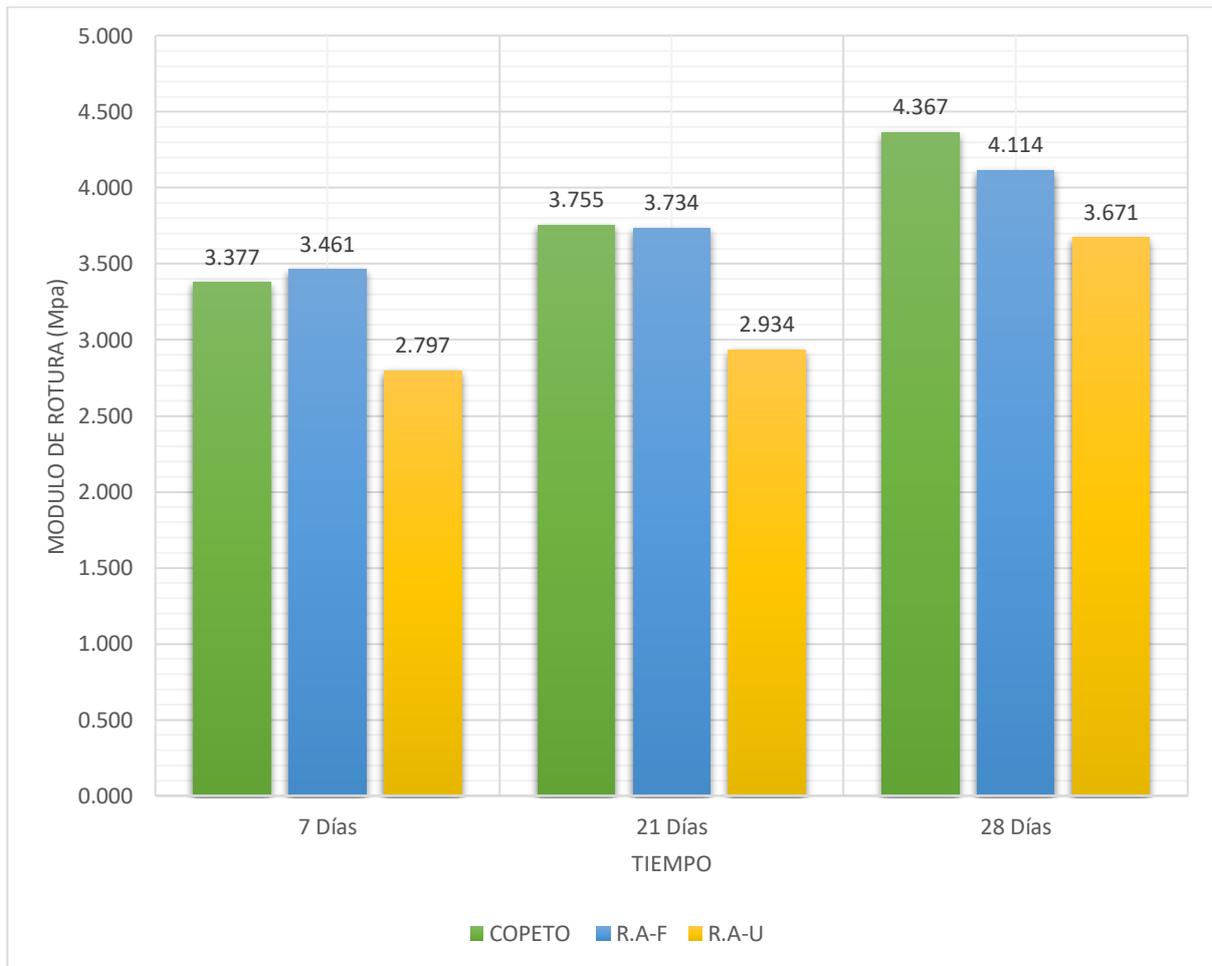
Identificación de viga	MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MR (MPa.)	Promedio MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio MR (MPa.)	%
COPETO 1	36,129	3,544	38,280	3,755	89,410
COPETO 2	41,290	4,051			
COPETO 3	37,419	3,671			
R.A-F 1	37,419	3,671	38,065	3,734	88,908
R.A-F 2	40,000	3,924			
R.A-F 3	36,774	3,608			
R.A-U 1	30,774	3,019	29,903	2,934	69,845
R.A-U 2	29,032	2,848			

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Tabla 42: Ensayo de rotura a Flexión en vigas de F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> de prueba a 28 días de edad

Identificación de viga	MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MR (MPa.)	Promedio MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio MR (MPa.)	%
COPETO 1	45,806	4,494	44,516	4,367	103,977
COPETO 2	45,806	4,494			
COPETO 3	41,935	4,114			
R.A-F 1	46,452	4,557	41,935	4,114	97,949
R.A-F 2	41,935	4,114			
R.A-F 3	37,419	3,671			
R.A-U 1	36,129	3,544	37,419	3,671	87,401
R.A-U 2	38,710	3,797			

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 22:** Comparación del Módulo de rotura en vigas de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a diferentes edades  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

En el caso de los especímenes elaborados con la dosificación  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  se constata que la mezcla con R.A-U no cumple con el parámetro requerido, sin embargo, los moldes realizados con agregados de la mina de Copeto y Roca Arena fraccionado producen valores satisfactorios.

**Tabla 43:** Ensayo de rotura a Flexión en vigas de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  de prueba a 7 días de edad

Identificación de viga	MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MR (MPa.)	Promedio MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio MR (MPa.)	%
COPETO 1	50,768	4,980	49,262	4,833	115,063
COPETO 2	49,477	4,854			
COPETO 3	47,542	4,664			
R.A-F 1	45,606	4,474	42,811	4,200	99,994
R.A-F 2	40,445	3,968			
R.A-F 3	42,381	4,158			
R.A-U 1	38,510	3,778	38,187	3,746	89,194
R.A-U 2	37,865	3,715			

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 44:** Ensayo de rotura a Flexión en vigas de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  de prueba a 21 días de edad

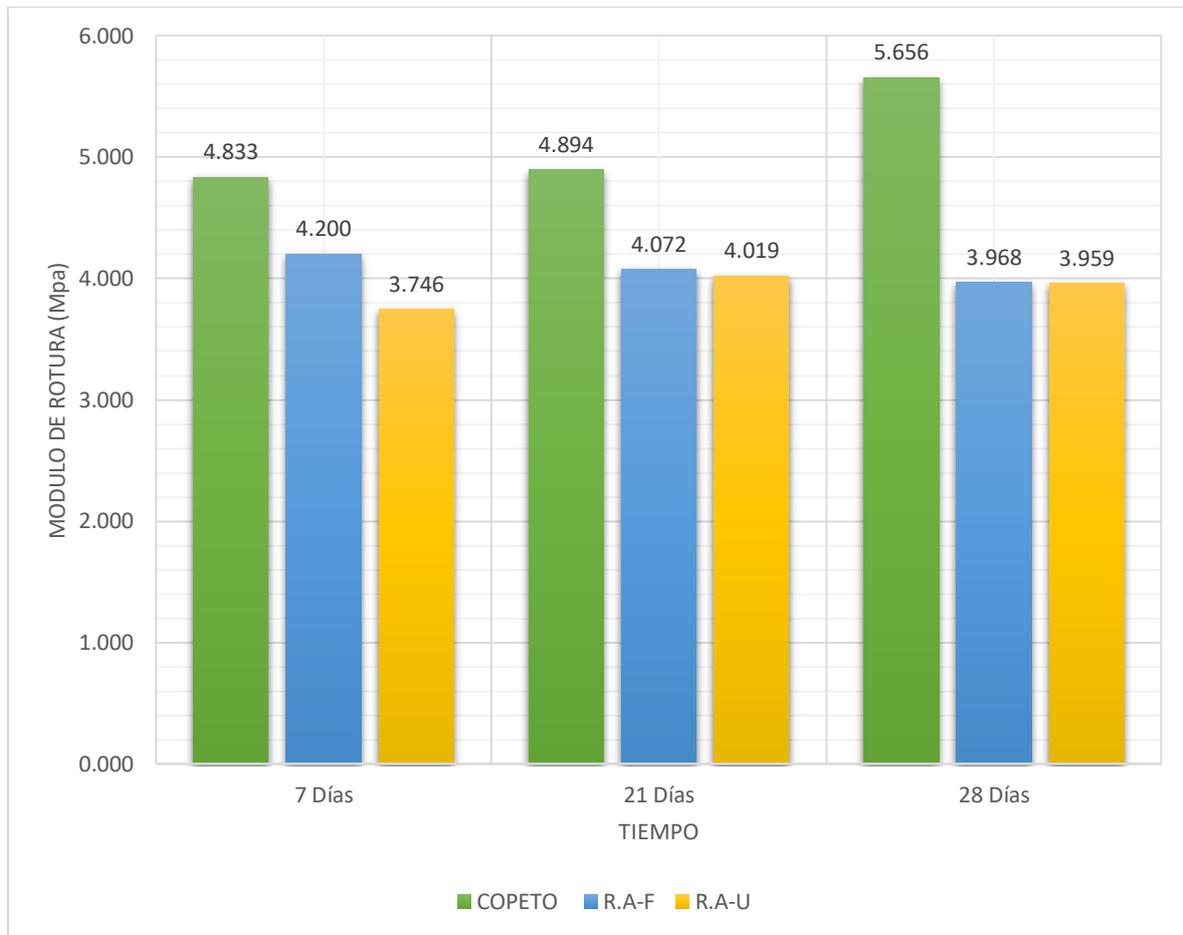
Identificación de viga	MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MR (MPa.)	Promedio MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio MR (MPa.)	%
COPETO 1	49,032	4,810	49,892	4,894	116,535
COPETO 2	51,613	5,063			
COPETO 3	49,032	4,810			
R.A-F 1	38,065	3,734	41,505	4,072	96,945
R.A-F 2	37,419	3,671			
R.A-F 3	49,032	4,810			
R.A-U 1	43,226	4,240	40,968	4,019	95,689
R.A-U 2	38,710	3,797			

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 45:** Ensayo de rotura a Flexión en vigas de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  de prueba a 28 días de edad

Identificación de viga	MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MR (MPa.)	Promedio MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio MR (MPa.)	%
COPETO 1	52,903	5,190	57,656	5,656	134,668
COPETO 2	56,774	5,570			
COPETO 3	63,290	6,209			
R.A-F 1	38,903	3,816	40,452	3,968	94,483
R.A-F 2	43,548	4,272			
R.A-F 3	38,903	3,816			
R.A-U 1	40,645	3,987	40,355	3,959	94,257
R.A-U 2	40,065	3,930			

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 23:** Comparación del Módulo de rotura de vigas de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  a diferentes edades  
**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

#### 4.9. Correlación entre la Resistencia a la Compresión y la Resistencia a la Tracción por Flexión

La correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura para un hormigón de peso normal indica el ACI 318-8 que se puede determinar a través de la siguiente ecuación.

$$M_r = K\sqrt{f'c} \text{ (Mpa)}$$

Donde:

- $M_r$  = Modulo de rotura
- $F'c$  = Resistencia a la compresión

- K= factor de correlación varía entre 0,62 hasta 0,83

La ecuación anterior indica que el Módulo de Rotura ( $M_r$ ) es directamente proporcional a la resistencia a la compresión ( $F'c$ ).

**Tabla 46:** Correlación para hormigones de  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

MATERIAL	COPETO	R.A-F	R.A-U
Edad (días)	28	28	28
F' C (MPa)	21,858	21,026	21,359
MR (MPa)	4,367	4,114	3,671
CORRELACION	0,934	0,897	0,794

Fuente: (Norma ACI 318-8, 2008)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 47:** Correlación para hormigones de  $F'c= 350 \text{ kg/cm}^2$

MATERIAL	COPETO	R.A-F	R.A-U
Edad (días)	28	28	28
F' C (MPa)	44,133	38,096	37,784
MR (MPa)	5,656	3,968	3,959
CORRELACION	0,851	0,643	0,644

Fuente: (Norma ACI 318-8, 2008)

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Al realizar un promedio de los resultados obtenidos de la correlación como se muestran en las tablas 46 y 47, se puede verificar que la dosificación realizada para los hormigones de  $F'c= 21 \text{ MPa}$  no cumplen con el rango especificado en la norma, mientras los hormigones de  $F'c= 35 \text{ MPa}$  si se encuentran dentro del rango anteriormente mencionado, corroborando por este método la validez de los resultados obtenidos en los ensayos.

#### 4.10. Análisis de Resultados

Como indican los resultados obtenidos por los ensayos realizados se logró comprobar que el material Roca-Arena presentan unas propiedades y características propias de un material apto para la elaboración de hormigones.

En el ensayo granulométrico cumple con las franjas granulométricas especificadas por la norma A.S.T.M. C33, en algunos casos presentando una leve variación en un

tamiz tanto en agregado grueso como fino y a su vez cabe recalcar que el material roca arena proporcionado por el fabricante deberá ser examinado para obtener un conocimiento de cuál es la proporción que posee entre la cantidad de agregado grueso y fino.

En cuanto el ensayo de absorción tanto del agregado grueso como el fino del material Roca-Arena se obtuvo que ambos agregados presentan un gran porcentaje de absorción con respecto a lo estandarizado el cual es un 2%, en relación con los ensayos D.L.A y desgaste del sulfato cumple su norma A.S.T.M C131 y AASHTO T104 respectivamente, como se indica en las siguientes tablas 48 y 49.

**Tabla 48:** Resultados de los Ensayos para Agregados Gruesos

ENSAYOS	Roca-Arena	Copeto
<b>Absorción</b>	5,37	1,77
<b>D. L. A</b>	30,06%	16,67%
<b>Sulfato</b>	4,133	0,601

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 49:** Resultados de los Ensayos para Agregados Finos

ENSAYOS	Roca-Arena	Copeto
<b>Absorción</b>	5,15	1,96

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

A continuación, se presenta la Tabla 50 con los porcentajes de la resistencia a compresión según la edad del hormigón dada por la ACI.

**Tabla 50:** Porcentaje de la Resistencia según su edad

Edad (días)	Porcentaje en relación con la resistencia requerida
<b>1</b>	16 %
<b>3</b>	40%
<b>7</b>	65%
<b>14</b>	90%
<b>28</b>	99%

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

Los resultados obtenidos en las probetas de  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  con respecto a la relación con la resistencia requerida en distintas edades son las que se muestran a continuación en las tablas 51 y 52 respectivamente.

**Tabla 51:** Resultados de los ensayos a Compresión en cilindros de  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ 

Edad (días)	COPETO		R.A-F		R.A-U	
	F' C (kg/cm <sup>2</sup> )	%	F' C (kg/cm <sup>2</sup> )	%	F' C (kg/cm <sup>2</sup> )	%
7	165,049	78,595	176,367	83,984	164,672	78,415
21	197,352	93,977	200,323	95,392	194,169	92,461
28	222,816	106,103	214,328	102,061	217,723	103,678

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Tabla 52:** Resultados de los ensayos a Compresión en cilindros de  $F'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ 

Edad (días)	COPETO		R.A-F		R.A-U	
	F' C (kg/cm <sup>2</sup> )	%	F' C (kg/cm <sup>2</sup> )	%	F' C (kg/cm <sup>2</sup> )	%
7	392,581	112,166	314,065	89,733	286,478	81,851
21	445,633	127,324	386,215	110,347	362,872	103,678
28	449,877	128,536	388,337	110,953	385,154	110,044

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

Teniendo en consideración los porcentajes establecidos por el ACI se puede comprobar que los hormigones realizados superan las resistencias de diseño establecidas.

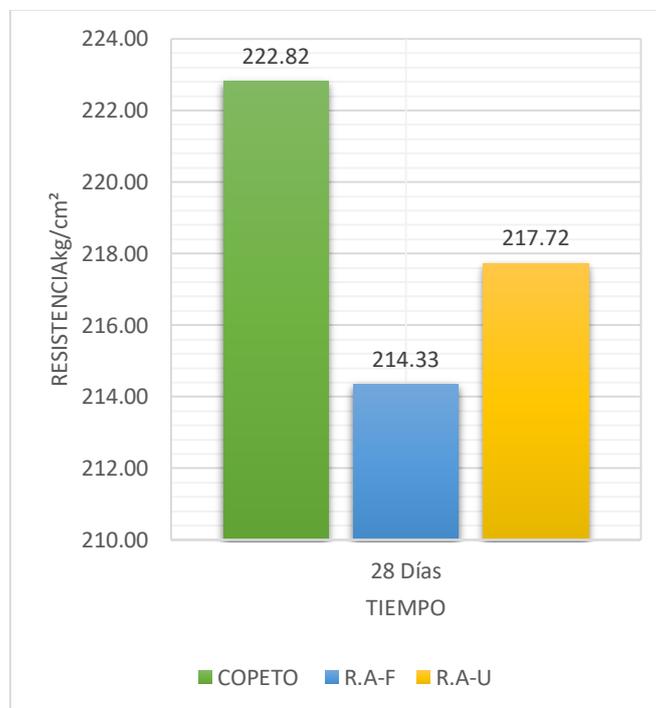
El material R.A-U para un  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  presenta resistencias similares a la de Copeto, recalcar que estos cilindros fueron diseñados manteniendo la misma dosificación. Por otra parte, el diseño de  $F'c=350 \text{ kg/cm}^2$  presenta una resistencia menor de casi un 30% respecto a la de Copeto, pero aun así cumple con los porcentajes establecidos por la ACI.

Al analizar las resistencias generadas por los cilindros y viguetas a la edad de 28 días se comprobó que para los cilindros de resistencia de 21 MPa del R.A-F reflejaron valores similares a las resistencias de los cilindros de Copeto, de la misma manera los cilindros realizados con R.A-U se mantuvieron con resistencias aproximadas a los materiales nombrados anteriormente. Con relación a las viguetas, los módulos de rotura generados presentan valores aproximados entre sí como se puede apreciar en la siguiente tabla 53.

**Tabla 53:** Resultados de los Cilindros de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 Días

MATERIAL	COPETO	R.A-F	R.A-U
Edad (días)	28	28	28
F' C (MPa)	21,858	21,026	21,359
MR (MPa)	4,367	4,114	3,671

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

**Ilustración 24:** Comparación de Resistencias a la Compresión de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días

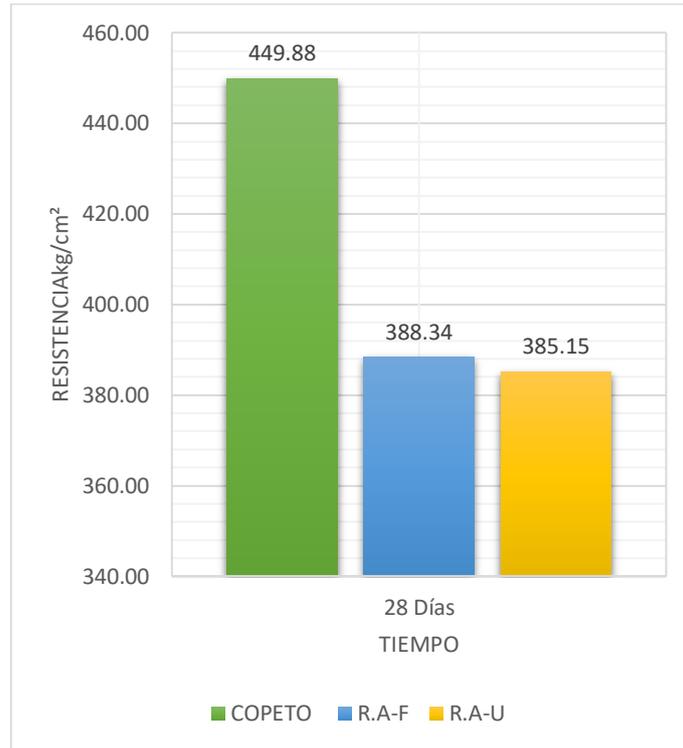
Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal

A diferencia de los resultados obtenidos por los diseños de  $F'c = 21 \text{ MPa}$ , los cilindros y viguetas de  $F'c = 35 \text{ MPa}$  reflejan valores de resistencia diferentes entre los materiales indicados, constatando que el material de la cantera Copeto genera mayor resistencia a compresión y flexión, indicando que el material Roca-Arena posee deficiencias para lograr resistencias elevadas.

**Tabla 54:** Resultados de los Cilindros de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 Días

MATERIAL	COPETO	R.A-F	R.A-U
Edad (días)	28	28	28
F' C (MPa)	44,133	38,096	37,784
MR (MPa)	5,656	3,968	3,959

Elaborado por: Arauz Danny – Ayo Aníbal



**Ilustración 25:** Comparación de Resistencias a la Compresión de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 28 días

**Elaborado por:** Arauz Danny – Ayo Aníbal

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- Las informaciones obtenidas concernientes a las propiedades físico-mecánicas de los materiales ensayados expresan que los valores de densidad de los agregados finos de ambos materiales son similares, es decir que ocupan el mismo espacio en un volumen establecido, aunque el agregado fino del material Roca-Arena presenta un mayor porcentaje de absorción de 5% mientras que el de Copeto tiene un 2%. Con respecto al P.V.S de ambos materiales se observa que el agregado fino del material Copeto P.V.S.=1673,21 kg/m<sup>3</sup> genera un valor superior que el material Roca-Arena P.V.S.=1507,04 kg/m<sup>3</sup>.
- Respecto al agregado grueso de los materiales ensayados presentan los mismos valores en densidad, en la absorción el material Roca-Arena presenta un 5% mientras, el material de la cantera Copeto un 2%, y referente al P.V.S Y P.V.V del material Roca-Arena expresa un valor superior a los generados por el material Copeto, como se expresa en las tablas 22 y 23.
- Se logró comprobar que el material Roca-Arena posee una granulometría correctamente proporcionada cumpliendo con la norma para hormigones A.S.T.M. C33, tanto la fracción gruesa como fina. En cambio, la fracción grueso del material de Copeto no cumple la normativa debido a que las franjas se encuentran por debajo de los parámetros establecidos como se expresa en la ilustración 17.
- Respecto a la dosificación de diseño, la mezcla que se realizó con agregados

de Santo Domingo requiere menor porcentaje de cemento con respecto a la elaborada del material Roca-Arena fraccionado para obtener la resistencia de diseño.

- De acuerdo con el análisis de los parámetros del hormigón en estado fresco se pudo observar que los revenimientos de las dosificaciones de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  diseñada con un revenimiento entre 5 cm a 10 cm, generan resultados acordes al diseño y referente a la dosificación  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  con un revenimiento de 15 cm a 20 cm presentan la misma trabajabilidad, cumpliendo con el diseño. En lo que se refiere a la temperatura los hormigones diseñados no manifiestan un cambio significativo entre ellos, observando que se encuentran por debajo de los  $32^\circ\text{C}$ .
- En lo que respecta a los hormigones para una dosificación de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el material Roca-Arena Fraccionado (R.A-F) genera resistencias superiores en un 5% a las otras dosificaciones, mientras que Roca-Arena Unificado (R.A-U) y Copeto tienen resistencias similares, cumpliendo la resistencia de diseño.
- Se verificó que el material Roca-Arena Unificado posee inconvenientes para lograr la resistencia de  $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , mientras el material Roca-Arena Fraccionado si logra superar las resistencias establecidas.
- Se comprobó que el material Roca-Arena posee propiedades óptimas para realizar hormigones cumpliendo con las resistencias de diseño establecidas, utilizando este material de manera fraccionada como unificada, pero surge un problema el cual es que requiere de una gran cantidad de cemento al momento de realizar un diseño fraccionado de este material

## 5.2. Recomendaciones

- Se deberá realizar los ensayos correspondientes para conocer las propiedades del material a utilizar como son la granulometría, densidad, absorción, peso volumétrico suelto y varillado, por lo cual hay que cerciorarse de realizar una buena granulometría para asegurarse de que el material está bien proporcionado.
- Al utilizar el material Roca-Arena con la dosificación recomendada o especificada por el fabricante, se deberá aumentar de un 5% a 10% la cantidad de agua.
- Se sugiere utilizar el material Roca-Arena en dosificaciones de resistencias superiores a  $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$  siempre y cuando se conozca el verdadero proporcionamiento y sus propiedades físico-mecánicas del material.
- Se recomienda utilizar el material Roca-Arena cuando se tenga espacios reducidos en obra.

## Bibliografía

(INEN), S. E. (2014). *NTE INEN 1108*. Quito: Norma Técnica Ecuatoriana.

A. M. Aguirre(\*), R. M. (Enero de 2013). *Durabilidad del hormigón armado expuesto a condiciones agresivas*. Obtenido de Materiales de Construcción:  
<http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/download/1270/1398>.

American Society for Testing and Materials. (2018). *Normas ASTM C33*. Pensilvania: Materials Performance and Characterization.

Garrido Hernández, A. (2008). *Materiales de Construcción II*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.

Garrido Hernández, Antonio. (2008). *Materiales de Construcción II*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena - Arquitectura Técnica .

Ing Ottazzi, G. (2004). *Materiales de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento de Concreto Armado. Tesis de Magister en Ingeniería Civil*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón, (. (03 de 05 de 2019). *Pestaña de Laboratorios*. Obtenido de INECYC: <https://www.inecyc.org.ec/laboratorio/>

International, A. S. (2018). *Norma ASTM C33*. Pensilvania: Materials Performance and Characterization.

lapahuaman. (01 de 10 de 2015). *Agua para Concreto y Mortero*. Obtenido de Tecnología de Materiales: <http://tecnololapa.blogspot.com/2015/10/semana-9-agua-para-concreto-y-morteros.html>

Megarok, E. (27 de 12 de 2018). *RocArena*. Obtenido de Megarok:  
<http://megarok.com.ec/web/rocarena-mas-informacion/>

Profesor Garrido Hernández, A. (18 de 01 de 2012). *Historia del hormigón* .

Obtenido de Materiales de Construcción II:

[http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6202/mod\\_resource/content/1/Hormigon\\_01.\\_Historia.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6202/mod_resource/content/1/Hormigon_01._Historia.pdf)

Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2014). *NTE INEN 1108*. Quito.

Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2014). *NTE INEN 1108*. Quito:

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria.

## Anexos



Material Roca-Arena



Material Cantera de Copeto



Ensayo Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos



Ensayo de Densidad y Absorción de Agregados Finos



Ensayo de Densidad y Absorción de Agregados Gruesos



Ensayo de Peso Volumétrico Suelto



Ensayo de Peso Volumétrico Varillado



Ensayo de Abrasión de los Ángeles



Ensayo de la Resistencias al Sulfato



Elaboración del Hormigón



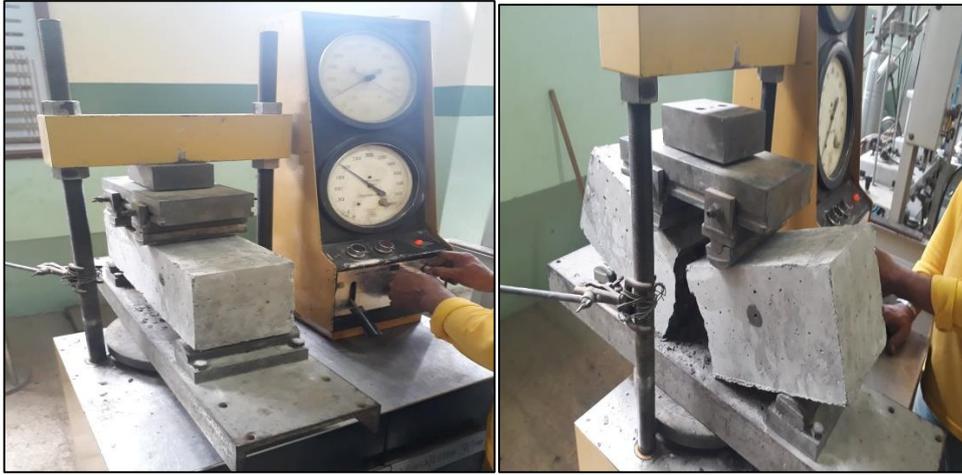
Ensayo de Revenimiento del Hormigón



Probeta y Viguetas para Ensayar



Ensayo de Resistencia a la Compresión



Ensayo de Resistencia a la Flexión



Universidad de Guayaquil

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 10



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis Comparativo de Hormigones con Resistencia de 35 y 21 MPa utilizando Materiales de Cantera de Santo Domingo de los Tsáchilas y Portoviejo		
<b>AUTOR(ES):</b>	Arauz Abad Danny Gabriel Ayo Cedeño Aníbal Wladimir		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES):</b>	Ing. Gino Flor Chávez, M.Sc Ing. Javier Córdova Rizo, M.Sc		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad de Guayaquil		
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Ciencias Matemáticas y Físicas		
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>			
<b>GRADO OBTENIDO:</b>			
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	2019	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	77
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Reducción de costo y espacios de acopio de los agregados en obra		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	< ANALISIS COMPARATIVO-HORMIGON-PAVIMENTO RIGIDO-AGREGADOS-ENSAYOS>		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de elaborar un análisis comparativo entre un nuevo material que está siendo comercializado en la provincia de Manabí llamado Roca-Arena, el cual es extraído de cantera Picoazá ubicada en la ciudad de Portoviejo, con la finalidad de comprobar que tan propicio es realizar hormigones de resistencia de 35 y 21 MPa, las cuales son utilizadas para la elaboración de pavimentos rígidos y obras de artes en carreteras de la provincia. El material Roca-Arena surge de la necesidad de reducir los espacios de acopio en obra, así como también reducir los gastos en transporte, debido a que este material es una mezcla pre elaborada combinado agregados finos y gruesos listos para ser utilizada en la dosificación según la resistencia del hormigón que se requiere. Debido a la demanda que tiene en la provincia de Manabí y la poca información que existe de dicho material, da la necesidad de realizar ensayos de laboratorio y un análisis comparativo de resistencia con otro material extraído de la cantera de la ciudad de Santo Domingo, con la finalidad de observar el comportamiento que tendrá este nuevo material. Se elaboró la dosificación para hormigones con dos resistencias diferentes usadas en obras viales, las cuales fueron sometidas a diferentes ensayos para así verificar si la dosificación es la correcta para obtener la resistencia deseada, obteniendo mejores resultados con los especímenes elaborados con material de la mina de Copeto.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0987697537 0986739657	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:dannyaz24@hotmail.com">dannyaz24@hotmail.com</a> <a href="mailto:anibalayo23@gmail.com">anibalayo23@gmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS</b>		
	<b>Teléfono: 2 – 283348</b>		
	<b>E-mail:</b>		