



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCION)**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**TEMA**

**DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO  
PARA VIGAS**

**TUTOR**

**ING. CIVIL. KLEBER MOSCOSO RIERA MSC.**

**AUTORES**

**SANTIAGO DANIEL REYES GARCIA**

**CARLOS ALBERTO VILLIGUA QUIJIJE**

**GUAYAQUIL**

**2019**

|   |  |
|---|--|
| <b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>   |  |
| <b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>   |  |
| <b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b><br>Diseño de Concreto Utilizando Escoria de Acero Para Vigas   |  |
| <b>AUTOR/ES:</b><br>Santiago Daniel Reyes García<br>Carlos Alberto Villigua Quijije   | <b>REVISORES O TUTORES:</b><br>ING. CIVIL. KLEBER MOSCOSO RIERA<br>MSC |
| <b>INSTITUCIÓN:</b><br><b>Universidad Laica Vicente<br/>Rocafuerte de Guayaquil</b>   | <b>Grado obtenido:</b><br>INGENIERO CIVIL                              |
| <b>FACULTAD:</b><br>INGENIERÍA, INDUSTRIA Y<br>CONSTRUCCIÓN   | <b>CARRERA:</b><br>INGENIERÍA CIVIL                                    |
| <b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b><br>2019  | <b>N. DE PAGS:</b><br>103  |
| <b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y construcción   |  |
| <b>PALABRAS CLAVE:</b> Hormigón, viga, piedra, arena, construcción  |  |
| <b>RESUMEN:</b><br>Actualmente existe daños al medio ambiente al momento de extraer los agregados para la elaboración de diferentes tipos de concretos llámese estos piedra, arena, cemento o agua. Este proyecto de tesis diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas, es demostrar que se puede sustituir el agregado grueso piedra y sustituirlo por la escoria de |  |

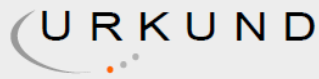
acero negra en tamaño nominal de ¾” de pulgada “pasando por su respectivo tamiz y todas las pruebas que exigen las normativas del A.C.I (American Concrete Institute) o NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción).

Después del respetivo análisis de las muestras del agregado propuesto para el diseño del concreto se llegó a la conclusión de que este cumple con las resistencias y durabilidad requerida para esto se realizaron 5 diseños de concreto el primero con el 100% de los materiales tradicionales y los demás sustituyendo el agregado piedra de ¾” pulgada por escoria de acero manteniendo el tamaño nominal de ¾” de pulgada y el resto sustituyendo en porcentajes de 25% , 50% ,75% y 100% mediante los ensayos de granulometría, roturas de cilindros a la compresión, arrojando resultados por encima de los 28 Mpa cumpliendo así con la resistencia requerida.

Actualmente las compañías producen un promedio de 11723.50 toneladas de escoria de acero anual creando así la disponibilidad de este material generando un ahorro en costos de \$7,68 por m3 de concreto obteniendo y disminuyendo el impacto ambiental por la explotación de canteras.

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>   | <b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>   |  |
| <b>DIRECCIÓN URL:</b>   |   |  |
| <b>ADJUNTO PDF:</b>   | <b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>   | <b>NO</b> <input type="checkbox"/>                                       |
| <b>CONTACTO CON AUTOR:</b><br>Santiago Daniel Reyes García<br>Carlos Alberto Villigua Quijije | <b>Teléfono:</b><br>0990882741<br>0939154933  | <b>E-mail:</b><br>Santy_drg191@hotmail.com<br>Carlosvilligua@hotmail.com |
| <b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>  | MAE. Ing. Alex Salvatierra Espinoza, Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción<br>Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241<br>E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec |  |

## CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: tesis villigua reyes.docx (D55488600)  
Submitted: 11/09/2019 17:41:00  
Submitted By: kmoscosor@ulvr.edu.ec  
Significance: 5 %

Sources included in the report:

TESIS HORMIGON RECICLADO VERDUGO-RONQUILLO.docx (D41744913)  
Tesis Diseu00F1o de hormigu00F3n con cantos rodados provenientes del ru00EDo  
Chanchan.docx (D13045515)

Instances where selected sources appear:

10

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Kleber Moscoso Riera".

ING. CIVIL. KLEBER MOSCOSO RIERA MSC

C.I. # 090896062-8

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

Los estudiantes egresados SANTIAGO DANIEL REYES GARCIA y CARLOS ALBERTO VILLIGUA QUIIJE, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, (Diseño de Concreto Utilizando Escoria de Acero Para Vigas), corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor

Firma:

  
SANTIAGO DANIEL REYES GARCIA

C.I. 093063360-7

Firma:

  
CARLOS ALBERTO VILLIGUA QUIIJE

C.I. 130876794-4

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación (Diseño de Concreto Utilizando Escoria de Acero Para Vigas, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado (Diseño de Concreto Utilizando Escoria de Acero Para Vigas), presentado por los estudiantes **SANTIAGO DANIEL REYES GARCIA y CARLOS ALBERTO VILLIGUA QUIJJE** como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



ING. CIVIL. KLEBER MOSCOSO RIERA MSC

C.I. # 090896062-8

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por el bienestar, salud y todas las bendiciones que me ha brindado a lo largo de esta etapa de mi carrera.

Agradezco a mi familia padre, madre, hermanos a todos los profesores de catedra que impartieron sus conocimientos durante mi etapa estudiantil y a todas las personas que creyeron en mí ya que con el apoyo incondicional de ellos he logrado tener la fortaleza necesaria para cumplir esta meta.

**SANTIAGO DANIEL REYES GARCIA**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de tesis va dedicado a Dios por darme fortaleza y bendiciones a lo largo de mi carrera universitaria dedico este nuevo logro a mi padre, madre hermanos profesores y a todos los que me aprecian ya que con sus consejos y apoyo incondicional hoy puedo cumplir un sueño más ser Ingeniero Civil

**SANTIAGO DANIEL REYES GARCIA**



## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por tanto amor y tanta bondad de permitirme sonreír todos mis logros que son el resultado de su ayuda, el trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y le agradezco a mi madre que se encuentra en el cielo, mi padre y mis hermanos, gracias a ellos ésta meta está cumplida.

Un agradecimiento de manera especial a mi esposa y mis hijos por estar presentes no solo en esta etapa importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome el apoyo necesario para no decaer, buscando siempre lo mejor para mí.

Debo agradecer al Ing. Juan Carlos Salinas Villena, Exdirector de Obras Públicas, del Gobierno Autónomo descentralizado Municipal del Cantón General Antonio Elizalde (Bucay), por ser el animador y brindarme todo ese apoyo incondicional para que empiece y termine la carrera de Ingeniería Civil.

También un agradecimiento a mis compañeros de trabajo, mis compañeros y profesores de esos 6 años de clases, mis amigos y todas las personas que hicieron posible esta realidad. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor y a su inmensa bondad, lo difícil de lograr esta meta se ha notado menos.

**CARLOS ALBERTO VILLIGUA QUIIJE**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi amada esposa Heidy del Pilar Rodríguez Silva, a mis hijos Carlos Alberto y Carol Valentina Villigua Rodríguez, porque han estado conmigo siempre. A mis padres Ninfa Ubaldina Quijije Catagua (†) y Silvano Bernardino Villigua Cedeño, mis hermanos Ramón Hipólito, María Deorgina, Felicísimo Monserrate, Ignacia de los Ángeles, Zoilita Candelaria Villigua Quijije, Delia Villigua Cevallos, Junior, Ramón y Silvana Villigua Huerta, y de manera especial a mis suegros Sergio Rodríguez y María Silva, así como también a mi tía Justina Quijije Catagua, y demás familiares por todo ese apoyo brindado para poder culminar de una manera satisfactoria este proyecto. Sin la cooperación desinteresada de cada uno de ustedes no hubiese sido posible su finalización.

**CARLOS ALBERTO VILLIGUA QUIJJE**

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....                 | ii   |
| CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO.....                          | iv   |
| CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR .....                       | vi   |
| AGRADECIMIENTO .....  | vii  |
| DEDICATORIA .....   | viii |
| AGRADECIMIENTO .....  | ix   |
| DEDICATORIA .....   | x    |
| INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| CAPÍTULO I.....   | 2    |
| DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....                                   | 2    |
| 1.1. Tema .....   | 2    |
| 1.2. Planteamiento del problema.....                              | 2    |
| 1.3. Formulación del problema .....                               | 3    |
| 1.4. Sistematización del problema .....                           | 3    |
| 1.5. Objetivo general .....                                       | 3    |
| 1.6. Objetivos específico .....                                   | 3    |
| 1.7. Justificación de la investigación .....                      | 3    |
| 1.7. Justificación de la investigación .....                      | 4    |
| 1.8. Delimitación del Problema .....                              | 6    |
| 1.9. Hipótesis .....  | 6    |
| 1.10 Línea de investigación de la institución / facultad.....     | 6    |
| CAPITULO II.....  | 7    |
| 2. Marco Teórico .....  | 7    |
| 2.1. Antecedentes históricos.....                                 | 7    |
| 2.2. Marco Conceptual .....                                       | 8    |
| 2.3. Conceptos Generales .....                                    | 9    |
| 2.3.1. Criterios Técnicos.....                                    | 9    |
| 2.3.2. Composición del hormigón armado.....                       | 12   |
| 2.4. Marco Legal .....  | 18   |
| 2.4.1. Norma Ecuatoriana De La Construcción - NEC NEC-Se-Hm ..... | 19   |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.4.2. Estructuras De Hormigón Armado. ....   | 19        |
| 2.4.3. A.C. I.....  | 19        |
| <b>CAPÍTULO III</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>3.1. Metodología de la investigación</b> .....                                       | <b>20</b> |
| 3.1.1. Métodos basados en la resistencia a la compresión dosificación.....              | 20        |
| 3.1.1.1 Método ACI Para Hormigón Convencional .....                                     | 20        |
| 3.1.1.2. Selección del revenimiento .....   | 20        |
| <b>3.2. Tipo de investigación</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>3.3. Enfoque</b> .....   | <b>21</b> |
| <b>3.4. Técnicas e instrumentos</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>3.5. Población</b> .....   | <b>23</b> |
| <b>3.6 Muestra</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>3.7. Encuesta</b> .....  | <b>24</b> |
| 3.7.1 Análisis de resultados.....   | 24        |
| 3.7.2. Análisis del Revenimiento para elementos de concreto .....                       | 32        |
| 3.7.3. Cálculo del agua de mezclado y contenido de aire .....                           | 33        |
| 3.7.4. Relación Agua/Cemento ACI .....  | 34        |
| 3.7.5. Cálculo del contenido del cemento.....   | 37        |
| 3.7.6 Estimación del contenido del agregado grueso.....                                 | 37        |
| 3.7.7. Estimación del contenido de la escoria de acero.....                             | 39        |
| 3.7.8. Estimación del contenido del agregado fino .....                                 | 40        |
| 3.7.9. Ajustes por humedad del agregado .....   | 42        |
| <b>CAPÍTULO IV</b> .....  | <b>44</b> |
| <b>4.1. Fundamentación de la propuesta</b> .....  | <b>44</b> |
| <b>4.2 Propiedades físicas de los materiales</b> .....                                  | <b>45</b> |
| 4.2.1. Análisis de las propiedades físicas de la piedra .....                           | 45        |
| 4.2.2. Análisis de las propiedades físicas de la escoria de acero .....                 | 46        |
| 4.2.3 Análisis de las propiedades físicas del agregado fino.....                        | 47        |
| <b>4.3 Calculo para un diseño de concreto de 280 Mpa</b> .....                          | <b>48</b> |
| <b>4.4. Diseño y dosificación del concreto utilizando escoria de acero para vigas</b> . | <b>49</b> |
| 4.4.1. Dosificación de los materiales para los diseños de concreto.....                 | 50        |
| 4.4.2. Ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros de concreto .....         | 55        |

|  |    |
|--|----|
| 4.4.3. Análisis de precios unitarios.....  | 60 |
| 4.4.4. Diagrama comparativo de costos del diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas..... | 65 |
| 4.4.5. Resumen de costos para 1 m3 de concreto utilizando escoria de acero para vigas .....              | 67 |
| CONCLUSIONES .....   | 68 |
| RECOMENDACIONES.....   | 70 |
| BIBLIOGRAFÍA.....  | 71 |
| ANEXO 1.....   | 77 |
| ANEXO 2 .....  | 84 |
| ANEXO 3 .....  | 86 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Muestra de distribución normal .....   | 23 |
| Tabla 2 Tenencia de vivienda .....   | 25 |
| Tabla 3 Tenencia de vivienda .....   | 26 |
| Tabla 4 Tenencia de vivienda .....   | 27 |
| Tabla 5 Tenencia de vivienda .....   | 28 |
| Tabla 6 Tenencia de vivienda .....   | 29 |
| Tabla 7 Tenencia de vivienda .....   | 30 |
| Tabla 8 Tenencia de vivienda .....   | 31 |
| Tabla 9 Análisis del Revenimiento para elementos de concreto .....   | 32 |
| Tabla 10 Tamaño de tamaños máximos y mínimos.....  | 33 |
| Tabla 11 Cuando se tiene menos de 15 registros .....   | 35 |
| Tabla 12 relación agua/cemento.....  | 35 |
| Tabla 13 Relación agua/cemento o agua/materiales cementantes máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas ..... | 36 |
| Tabla 14 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto .....   | 37 |
| Tabla 15 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto .....   | 38 |
| Tabla 16 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena.....            | 39 |
| Tabla 17 Primera estimación del peso del concreto.....   | 40 |
| Tabla 18 Análisis de las propiedades físicas de la escoria de piedra .....   | 45 |
| Tabla 19 Porcentaje de pasante acumulado piedra .....  | 45 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Tabla 20 | Análisis de las propiedades físicas de la escoria de acero ..... | 46 |
| Tabla 21 | Porcentaje de pasante acumulado de escoria de acero.....         | 46 |
| Tabla 22 | Análisis de las propiedades físicas del agregado fino.....       | 47 |
| Tabla 23 | Porcentaje de pasante acumulado de agregado fino.....            | 47 |
| Tabla 24 | sin datos para la desviación de la resistencia .....             | 48 |
| Tabla 25 | Dosificación agregado grueso piedra 100%.....                    | 50 |
| Tabla 26 | Dosificación 75% piedra 25% escoria de acero.....                | 51 |
| Tabla 27 | Dosificación de agregado 25% piedra 75% escoria de acero .....   | 52 |
| Tabla 28 | Dosificación de agregado 50 % piedra 50% escoria de acero .....  | 53 |
| Tabla 29 | Dosificación de agregado 0% piedra 100% escoria de acero .....   | 54 |
| Tabla 30 | Precios unitarios 100% piedra 0% escoria de acero .....          | 60 |
| Tabla 31 | Precios unitarios 75% piedra 25% escoria de acero .....          | 61 |
| Tabla 32 | Precios unitarios 25% piedra 75% escoria de acero .....          | 62 |
| Tabla 33 | Precios unitarios 50% piedra 50% escoria de acero .....          | 63 |
| Tabla 34 | Precios unitarios 0% piedra 100% escoria de acero .....          | 64 |
| Tabla 35 | Dosificación en porcentaje del Diseño # 1.....                   | 65 |
| Tabla 36 | Dosificación en porcentaje del Diseño # 2.....                   | 65 |
| Tabla 37 | Dosificación en porcentaje del Diseño # 3.....                   | 65 |
| Tabla 38 | Dosificación en porcentaje del Diseño # 4.....                   | 66 |
| Tabla 39 | Dosificación en porcentaje del Diseño # 5.....                   | 66 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|          |                                      |    |
|----------|--------------------------------------|----|
| Figura 1 | Ensayo a la compresión 1 .....       | 55 |
| Figura 2 | Ensayo a la compresión diseño 2..... | 56 |
| Figura 3 | Ensayo a la compresión diseño 3..... | 57 |
| Figura 4 | Ensayo a la compresión diseño 4..... | 58 |
| Figura 5 | Ensayo a la compresión diseño 5..... | 59 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 1 Tenencia de vivienda. ....                                     | 25 |
| Gráfico 2 Tenencia de vivienda. ....                                     | 26 |
| Gráfico 3 Tenencia de vivienda.....                                      | 27 |
| Gráfico 4 Tenencia de vivienda. ....                                     | 28 |
| Gráfico 5 Tenencia de vivienda. ....                                     | 29 |
| Gráfico 6 Tenencia de vivienda. ....                                     | 30 |
| Gráfico 7 Tenencia de vivienda. ....                                     | 31 |
| Gráfico 8 Ensayo a la compresión diseño 1 .....                          | 55 |
| Gráfico 9 Ensayo a la compresión diseño 2 .....                          | 56 |
| Gráfico 10 Ensayo a la compresión diseño 3 .....                         | 57 |
| Gráfico 12 Ensayo a la compresión diseño 4 .....                         | 58 |
| Gráfico 13 Ensayo a la compresión diseño 5 .....                         | 59 |
| Gráfico 14 Comparación de costos para 1 m <sup>3</sup> de concreto ..... | 66 |

## INTRODUCCIÓN

Los costos ambientales generados a partir de la explotación y consumo de los agregados pétreos en mezclas de concreto, obligan a evaluar alternativas que ayuden a mitigar esta situación y otras. Una considerada a nivel mundial es el uso de subproductos generados durante los procesos de producción de algunas industrias en particular.

La producción de acero va en aumento debido a la demanda en los diferentes sectores donde se utiliza; situación que tiene un alto impacto, por lo que la cantidad de escoria generada también crece. Por lo tanto, se busca investigar otra alternativa para la realización de mezclas de concreto, siendo esta la escoria como agregado en concreto.

La escoria como agregado grueso en mezclas de concreto tiene su punto de origen en el material conocido comúnmente como chatarra, la cual después de procesos de trituración, temperatura y enfriamiento, da como resultado un material rugoso denominado escoria. La escoria siderúrgica de horno eléctrico pasa un proceso de trituración que da como resultado un agregado de diferentes tamaños adecuados para su uso.

La escoria tiene muchos usos comerciales y raramente se desecha. A menudo se vuelve a procesar para separar algún otro metal que contenga. Otro aspecto muy importante que debe señalarse sobre el uso de la escoria es que es un material con un bajo grado de abrasión o desgaste respecto de otros agregados; esto da como resultado que sea útil para soportar grandes presiones de tráfico.

Con base a lo anterior, se utilizará la escoria como un agregado grueso para la utilización de mezclas de concreto rígido, realizando diferentes ensayos según normas de la ASTM, para que posteriormente este agregado se mezcle con los diferentes cementos que se están utilizando actualmente en el país y realizar una serie de ensayos como: compresión, resistencia a la flexión con dos puntos de carga, entre otro



## **CAPÍTULO I**

### **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Tema**

Diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas

#### **1.2. Planteamiento del problema**

La búsqueda actual de conseguir alternativas para minimizar el problema ambiental, la explotación de recursos naturales por la explotación cada vez mayor del material pétreo en las canteras ubicadas en los cerros de la ciudad.

Se plantea aprovechar los materiales resultantes de los procesos de producción del acero como es la escoria, residuo de la fabricación de varillas de acero, el cual tendría que ser desalojado y ubicado en alguna parte de la ciudad creando contaminación ambiental.

En este proyecto se pretende estudiar los resultados de diferentes tipos de concretos tradicionales sustituyendo el agregado grueso, la piedra por escoria de acero, de esta forma se la reutilizaría y no sería material contaminante expuesto al medio ambiente.

Se conserva el medio ambiente al no explotar canteras para la extracción de material pétreo creando un equilibrio del medio, y se retira la escoria de acero que es un residuo de fabricación para ser utilizado en el área de la construcción como es el hormigón para vigas.

Más concretamente el objetivo es llegar a conocer si la escoria de acero se puede utilizar en la elaboración de mezclas de concreto hidráulico.

Para desarrollar este trabajo, se considerará la relación agua/cemento y se añadieron Escoria de acero, para estudiar los efectos directos sobre las propiedades físico-mecánicas de los concretos estudiados.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cómo sería el uso de la escoria de acero en el Diseño de concreto para vigas?

### **1.4. Sistematización del problema**

- ¿De qué manera se puede utilizar la escoria para el diseño de concreto?
- ¿Cómo sería el comportamiento de la viga utilizando la escoria de acero?
- ¿Cuál sería la dosificación de la escoria de acero para la resistencia del concreto?

### **1.5. Objetivo general**

Evaluar un diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas en resistencia y durabilidad.

### **1.6. Objetivos específico**

- Analizar el comportamiento de la escoria de acero, mediante ensayos a la compresión.
- Describir como es el uso de escoria de acero estimando su resistencia a la compresión en vigas.
- Formular el resultado del ensayo de flexión de la escoria de acero en la utilidad y resistencia de la viga en el Diseño de concreto como elemento estructural.
- Establecer mediante ensayos una propuesta para el diseño de concreto utilizando la escoria de acero en sustitución de un porcentaje de la piedra triturada.

### **1.7. Justificación de la investigación**

Se analiza el estudio del diseño de concreto utilizando la escoria de acero para vigas como elemento estructural, el problema que se presenta con la producción de acero es el desperdicio denominado escoria de acero, diseño de concreto utilizando escoria de acero para la resistencia y durabilidad de la viga como elemento estructura.

## **1.7. Justificación de la investigación**

Se analiza el estudio del diseño de concreto utilizando la escoria de acero para vigas como elemento estructural, el problema que se presenta con la producción de acero es el desperdicio denominado escoria de acero, diseño de concreto utilizando escoria de acero para la resistencia y durabilidad de la viga como elemento estructural, como presente debemos:

- Analizar el comportamiento de la escoria de acero, mediante ensayos de flexión en vigas de concreto como elemento estructural.
- Describir como es el uso de Escoria de acero, como es su resistencia a la flexión en vigas de concreto como elemento estructural.
- Tratar sobre la importancia, la innovación, la motivación del tema, los beneficiarios de su tema.
- Formular el resultado del ensayo de flexión de la escoria de acero en la utilidad y resistencia de la viga en el Diseño de concreto como elemento estructura.

Lo importante del estudio de la escoria como agregado del concreto es la utilización del mismo como material reciclado del medio de producción, al sacarlo del círculo de reciclaje es muy importante destacar su reutilización en el concreto para vigas como elemento estructural, el presente estudio se lo realiza con el fin de utilizar la escoria de acero y reemplazarlo con los agregados gruesos del concreto, Al reemplazar la escoria por la piedra se puede observar el valor de la acción comparándola de la siguiente forma: al extraer la piedra de la explotación de las canteras crea un desbalance en el medio ambiente al ser eliminados los cerros de la ciudad con su vegetación, utilizando la escoria producto de la producción del acero se lo considera un material de desecho el cual tendría que ser depositado en algún lugar de la ciudad creando contaminación, si comparamos la acción de las dos actividades podríamos apreciar con la piedra se evitaría la explotación de las canteras ayudando al mantenimiento del medio ambiente no se utilizaría recursos naturales, se evitaría un problema a largo plazo, contrario sería la actividad de sacar del medio a la escoria la cual es un desecho de producción y reutilizarla para la elaboración de concreto.

El tema propuesto es muy innovador el evitar una explotación de recursos naturales y reemplazándolo con material de desecho que contaminan el medio, se podría decir mantenemos el medio ambiente al no extraer materiales pétreos del recurso natural y reutilizar un material el cual va a ser depositado en algún lugar de la ciudad creando contaminación del medio.

Buscar alternativas para disminuir el impacto ambiental por la explotación cada vez mayor de las canteras y aprovechar los materiales resultantes de los procesos de producción, en este documento se pretende estudiar los resultados en diferentes tipos de concreto tradicionales aumentado en ellos los agregados, para desarrollar este trabajo, se considera el estudio de Escoria de acero, para estudiar los efectos directos sobre las propiedades mecánicas de los concretos estudiados.

El método aplicado en la presente investigación es el Descriptivo con enfoque cuantitativo, por el medio del cual se recabará la información necesaria que permita llegar a conclusiones que den respuesta a los objetivos planteados en la presente investigación.

Se realizará una investigación del tipo descriptivo con enfoque cuantitativo, en donde se estudiará a la viga como elemento estructural de hormigón en relación al uso de la Escoria de acero las propiedades de la Escoria de acero como elemento estructural para vigas de hormigón armado,

La propuesta se desarrollará en la Ciudad de Guayaquil en los laboratorios de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, la muestra de escoria será seleccionada en una de las fábricas de la localidad.

El objetivo principal de este informe es comparar la resistencia teórica a tracción calculada con ensayos experimentales de probetas de Escoria de acero, para establecer los efectos de la misma y determinar con precisión si se consigue o no una mejora en la resistencia de este elemento estructural. Para esto se necesita entender varios conceptos fundamentales que nos permitan entender con profundidad el informe que se presenta.

## **1.8. Delimitación del Problema**

Campo: Educación Superior. Tercer Nivel de Grado.

Área: Ingeniería Civil.

Aspecto: Investigación Experimental.

Tema: Diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas.

Delimitación espacial: Guayaquil – Guayas

Delimitación temporal: 6 meses

## **1.9. Hipótesis**

Cuando el proyecto tenga mayor dato cuantitativo, es decir, por medio de los ensayos de laboratorios se podrá diseñar la viga a flexión con Escoria de acero.

El proyecto de diseño de una viga de concreto utilizando Escoria de acero, será factible desde el punto de vista de la aceptación de la misma como agregado en la elaboración de vigas como elemento estructural, el proyecto será rentable económicamente por la disminución de la explotación de material pétreo en las canteras y reemplazarlo con los residuos de la producción de acero en las fábricas.

## **1.10 Línea de investigación de la institución / facultad**

### **Línea de Investigación**

#### **ULVR**

- Diseño de concreto
- Tecnología del concreto

#### **FIIC**

- Medio ambiente
- Innovación en nuevos agregados para el concreto

#### **Sublínea**

- Agregados del concreto

## CAPITULO II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Antecedentes históricos

En Francia se originó el hormigón armado. En 1854 el industrial Lambot descubre el interesante hecho, es decir: el aumento de resistencia del hormigón al armarlo con hierro y construye la primera embarcación con estos materiales, que aún se conserva y se exhibe en el Parque de Miraval. (Coignet & Monier, 1875)

En 1861 el Ing. Coignet obtiene una patente ya para la ejecución de ciertas estructuras de hormigón armado. En 1867, J. Monier, obtiene también la patente para la construcción de cubos y tuberías con este material y consigue reducir notablemente los espesores de las estructuras, debido a la adecuada y razonable distribución de la armadura metálica (Coignet & Monier, 1875).

En los años posteriores al 1875 el Ing. Hennebicq estudia científicamente este nuevo tipo de construcción y llega así a ejecutar obras de cierta importancia y magnitud (Coignet & Monier, 1875).

Recién en 1884, una Empresa constructora de Alemania, adquiere los derechos de la patente perfeccionada de Monier para aplicar el hormigón armado en ese país. Más o menos en esta misma época el Ing. Emperger de la Universidad de Viena se interesa por el hormigón armado y lo estudia, aplicándole las leyes y reglas de la Mecánica Aplicada a las Construcciones llega así a fundar la actual teoría del cálculo, basándose además en los resultados de numerosísimos ensayos mecánicos de estructuras de hormigón armado. Con todo derecho se le llama "abuelo del hormigón armado" (Coignet & Monier, 1875).

Paralelamente a los estudios e investigaciones de Emperge. Los profesores Mörsch y Probst, a su vez, contribuyeron eficazmente al estudio y perfeccionamiento de métodos de cálculo de este nuevo sistema de construcción, llegando así estos investigadores y muy especialmente el ilustre profesor Dr. Ing. Marcus a formar una teoría científica para el cálculo del Hormigón Armado (Coignet & Monier, 1875).

En E.E.U.U. en el año 1875, se inician los ensayos de aplicación de este nuevo material en las construcciones. En ese año, Ward aplica por primera vez, el hormigón armado en la construcción de entresijos, como también Hyatt en varias clases de estructuras. Pero recién en el año 1890, se generaliza y se adopta este sistema de construcción en las obras en general (Coignet & Monier, 1875).

## **2.2. Marco Conceptual**

### **Viga**

Se denomina viga a un elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión en las vigas la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

### **Hormigón simple**

Es un hormigón que se lo utiliza tal como sale de la hormigonera sin agregarle algo más y se utiliza para fabricar elementos que están sujetos únicamente a compresión tales como pavimentos y ciertos tipos de cimentación y muros de gravedad.

### **Hormigón ciclópeo**

Es un hormigón al cual se le introduce rocas mayores de 10 cm, generalmente entre 10 y 20 cm, este tipo de hormigón es económico presenta menos retracción o encogimiento y lo utilizamos en ciertos tipos de cimentación y muros de contención y gravedad.

### **Hormigón armado**

Es un hormigón al cual se le introduce varillas de acero con el objetivo primordial que soporte esfuerzo de tracción, aunque muchas veces deliberadamente se le introducen varillas para que soporte esfuerzos de compresión y flexión este tipo de vigas así fabricadas se las conoce como vigas reforzadas para compresión.

### **Hormigón pretensado**

Es un hormigón armado cuyo acero se tensa antes del fraguado, este tipo de hormigón es más económico que el hormigón ortodoxo cuando lo utilizamos en construcción de edificios.

### **Hormigón post-tensado**

Es un hormigón cuyo acero se tensa después del fraguado cuando ya el hormigón ha obtenido resistencia, este tipo de hormigón es más económico cuando se utiliza especialmente en puentes de grandes luces y cargas pesadas.

## **2.3. Conceptos Generales**

### **2.3.1. Criterios Técnicos**

#### **Resistencia**

Dentro de la ingeniería la resistencia de un elemento cualquiera se define como la capacidad para soportar esfuerzos y fuerzas aplicadas sin llegar al estado de rotura, adquiriendo deformaciones temporales o permanentes (Institute, 2004).

Sin embargo, dentro del diseño de elementos de concreto armado se podrá encontrar varias definiciones de acuerdo al tipo de carga aplicada, al tipo de ensayo realizado, tipo de diseño, etc. Por lo tanto, como parte del alcance del presente trabajo de investigación, consideraremos las siguientes definiciones generales de la siguiente manera:



### **Resistencia requerida**

La resistencia requerida es la resistencia que un elemento o sección transversal debe tener para resistir las cargas amplificadas o los momentos, fuerzas internas y combinaciones de cargas correspondientes según lo estipulado en la Normativa Vigente (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015).

### **Resistencia nominal**

La resistencia nominal es la resistencia de un elemento o una sección transversal calculada con las disposiciones, los límites e Hipótesis del método de diseño por resistencia según lo estipulado en la Normativa Vigente (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015) antes de aplicar cualquier factor de reducción de resistencia.

### **Resistencia de diseño**

La resistencia de diseño es la resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia  $\phi$  que corresponda, según lo estipulado en la Normativa Vigente (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015).

El factor de reducción de resistencia ( $\phi$ ) es un factor menor que la unidad que reduce la resistencia para considerar las incertidumbres en los materiales y en las dimensiones (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015).

La determinación de los factores de reducción de resistencia hay que tener en cuenta lo siguiente:

- La probabilidad de existencia de miembros con una resistencia baja debida a variaciones en la resistencia de los materiales y las dimensiones.
- Las inexactitudes en las ecuaciones de diseño.
- Reflejar la ductilidad disponible y la confiabilidad requerida para el elemento sometido a los efectos de carga en consideración.
- Reflejar la importancia del elemento en la estructura.

## **Rigidez**

La rigidez se puede definir como la propiedad que tiene un material para oponerse a la deformación. La rigidez del material se cuantifica mediante el módulo de elasticidad o de Young (E). Antmarea un mismo esfuerzo, el material 11 con mayor E se deforma menos, obedeciendo la Ley de Hooke (Institute, 2004)

$$E = \sigma \varepsilon$$

La Norma permite adoptar cualquier suposición razonable para la estimación de la rigidez en flexión (EI) y en torsión (GJ) de las columnas, vigas, muros, etc. Las suposiciones que se hagan deberán ser consistentes a lo largo de todo el análisis.

Las rigideces EI y GJ que se adopten para el análisis estructural, idealmente deberían reflejar:

- El grado de fisuración y de acción inelástica a lo largo de cada elemento antes de la fluencia.
- El efecto de la duración de la carga. Cargas de corta duración y cargas sostenidas que producen fluencia plástica (creep) en el concreto comprimido.

## **Ductilidad**

La ductilidad se define como la propiedad de la estructura de soportar deformaciones una vez alcanzado su límite elástico; es decir, la capacidad de deformarse en el rango inelástico sin colapsar (Institute, 2004).

La ductilidad es una de las propiedades más importantes en el comportamiento de las edificaciones de concreto armado ante sismos severos y poco frecuentes. El comportamiento dúctil de una sección de concreto armado se logra principalmente por la ductilidad del acero de refuerzo, permitiendo alcanzar grandes deformaciones luego de superar el límite de elasticidad. Caso contrario sucede con el concreto, el cual es un material frágil y con poca resistencia a la tracción. (Borunda R. , Cepeda, Salas, & Medrano, 2013).

La ductilidad de una estructura permite la predicción de la capacidad última de una estructura, que es el criterio más importante para el diseño de estructuras bajo cargas convencionales. En la práctica del diseño resistente a los terremotos, el término ductilidad se utiliza para evaluar el comportamiento sísmico de estructuras, mediante la indicación de la cantidad de energía sísmica que puede ser disipada mediante deformaciones plásticas (Civiles., CIR SOC 201-205 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. , 2005).

Los tipos de ductilidad que se utilizan son los siguientes (Civiles., CIR SOC 201-205 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. , 2005)

- Ductilidad del material o ductilidad axial, que caracteriza a las deformaciones plásticas del propio material.
- Ductilidad de la sección transversal, o ductilidad de curvatura, que se refiere a las deformaciones plásticas de la sección transversal, teniendo en cuenta la interacción entre las partes que componen la sección transversal en sí.
- Ductilidad del elemento, o la ductilidad de rotación, cuando se consideran las propiedades del elemento.
- Ductilidad de la estructura, o ductilidad de desplazamiento, que considera el comportamiento de toda la estructura.

### **2.3.2. Composición del hormigón armado**

Los hormigones empleados deben tener una composición determinada experimentalmente a partir de ensayos realizados en las condiciones más aproximadas posible a las reales y de acuerdo a las Especificaciones técnicas requeridas, a fin de garantizar: Las resistencias mecánicas requeridas por el proyecto, Una homogeneidad y una compacidad satisfactoria, así como el correcto recubrimiento de las armaduras y su protección, asegurando así la durabilidad de la obra ante las condiciones de utilización y el medio ambiente a los cuales la misma está expuesta.

Los agregados deben ser de naturaleza y preparación tales que permitan obtener, la constancia de calidad y durabilidad de los hormigones. Pueden ser constituidos de arena, cantos rodados, piedra triturada, y otros productos cuyo empleo sea de uso

corriente. Debe ser evitado el empleo de agregados física o químicamente alterables o que puedan reaccionar con el cemento en las condiciones en que son utilizados.

El agregado fino es la arena natural, debiendo obedecer los requerimientos de la AASHTO M80. El agregado grueso es el material procedente del producto de la trituración de roca sana o de cantos rodados, debiendo obedecer a los requerimientos de la AASHTO M80. Para su uso, los agregados deben estar limpios y libres de cualquier materia extraña.

Una estructura de hormigón armado está formada: de hormigón (cemento portland, arena y piedra) y de una armadura metálica, que consta de hierros redondos, la que se coloca donde la estructura - debido a la carga que soporta - está expuesta a esfuerzos de tracción. En cambio, se deja el hormigón solo, sin armadura metálica, donde este sufre esfuerzos de compresión.

Tal disposición de los dos materiales (hormigón y hierro) está basado en el hecho de que el hormigón resiste de por sí muy bien a la compresión (hasta 50 Kg. por cm<sup>2</sup>, siendo que el hierro presenta una gran resistencia a la tracción, de 1000 a 1200 Kg. por cm: y más).

## Agua

El agua es uno de los componentes fundamentales en la elaboración del hormigón, y juega un papel principal en la reacción química que genera el endurecimiento del hormigón. Esta se utiliza en las diversas etapas en la elaboración del hormigón, empezando por el lavado de los agregados, el mezclado y la etapa final de curado.

Es el agua el componente que se puede adquirir de manera más fácil y el más económico, para la elaboración del hormigón, y la dosificación de este es tan importante como la de los aglomerantes o los agregados. La cantidad de agua aplicada va a determinar la consistencia, plasticidad, maleabilidad, resistencia final, asentamiento, y permeabilidad.

Como agua para la mezcla, deberá ser utilizada la que es reconocidamente aceptable, considerando el uso que se le da corrientemente. En caso de no existir antecedentes, el agua debe ser analizada para determinar su "pH", el porcentaje de ácido carbónico, de sulfatos, de cloruros y de otras sales o impurezas. El agua debe ser limpia, prácticamente exenta de materia orgánica y de productos químicos capaces de

perjudicar la durabilidad de la obra. Se debe obedecer todo lo dispuesto en la AASHTO T26

### **Pureza del agua.**

Es de vital importancia que el agua utilizada para la elaboración del hormigón sea de la más alta calidad, ya que juega un papel determinante en la resistencia del hormigón. Si el agua poseyera algún contaminante químico, esto podría desencadenar una reacción que comprometería la resistencia de la mezcla, también pueden interferir en la hidratación del aglomerante, modificar el tiempo de fraguado, pueden aparecer manchas, entre otros.

Los contaminantes que pueden estar presentes en el agua pueden estar en estado de suspensión o disueltas, los cuales podrían ser: cloruros, sales ferrosas, sales inorgánicas, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, ácidos, aceites, materia orgánica, y sedimentos.

Muchas veces se pueden usar aguas que no son aptas para el consumo humano, pero que cumplen las condiciones para ser usadas como agua para mezclas. La aptitud de las aguas para su uso en mezclas de mortero se puede establecer por medio de la norma IRAM (Certificación, 1986), considerando nocivas para la mezcla aquellas que posean un alto contenido de los contaminantes antes mencionados.

Si existe alguna duda sobre la calidad y pureza del agua destinada a la elaboración de mezclas, es necesario realizar pruebas de laboratorio y así determinar si es apta. Se puede sospechar de la calidad del agua si posee espuma, si es gaseosa, si posee un olor, o color particular, o si posee impurezas.

El agua que se utilice en el lavado de los agregados tampoco debe contener impurezas que puedan afectar la mezcla para morteros.

Finalmente, el agua de contacto debe ser considerada como factor determinante en la integridad del mortero, es necesario que se tomen las provisiones en el diseño, principalmente en zonas costeras.

### **Agua de mezclado.**

El agua de mezclado es la que se requiere para elaborar el hormigón que en conjunto con la humedad contenida del agregado (Mancha, 2017), tiene la función de reaccionar con el aglomerante al producirse la hidratación de este.

Servir como lubricante entre los componentes de la mezcla para una mejor manejabilidad.

Ocupar el espacio necesario en la mezcla para la hidratación del producto y aumento de volumen.

### **Agua de curado.**

La pureza del agua de mezclado también se establece a partir de la norma IRAM 1601, y debe ser de tan alta calidad como el agua de mezclado, esto debido a que los morteros en la corta edad de fraguado son considerablemente permeables. Las sustancias contenidas en el agua de curado también pueden producir manchas o decoloraciones en la superficie del mortero.

La temperatura del agua en esta etapa también es un factor de alta importancia, ya que, si la diferencia de temperatura entre la superficie del mortero y el agua es mucha, pudiesen producirse fisuras debido a la contracción o dilatación brusca de la superficie (Mancha, 2017).

### **Agua de contacto.**

Si el hormigón va a estar en contacto permanente o intermitente con agua, es importante analizar su composición y pureza, ya que pone en riesgo la integridad y durabilidad de este. De igual forma se debe tomar en cuenta el nivel freático, ya que el agua contenido en el subsuelo puede poseer agentes que puedan afectar al hormigón.

Por medio del reglamento CIRSOC 201-2005 (Civiles., CIR SOC 201-205 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. , 2005), se establece el nivel de agresividad del ataque por agentes presentes en el agua, pudiendo ser moderado, fuerte o muy fuerte.

Se debe evitar o prever el contacto con los siguientes tipos de agua:

- Agua selenitosa ( $H_2O+SO_4Ca$ )
- Agua magnésica ( $H_2O+SO_4Mg$ )
- -Aguas de mar (alto contenido en sales)
- -Aguas residuales (puede contener diversos contaminantes)

### **Agua de Lavado.**

El agua utilizada para lavar agregados como para equipos para la elaboración de hormigón, no debe contener residuos que produzcan capas o revestimientos en estos elementos, y que posteriormente se transfieran al mortero.

### **Cemento.**

El cemento Portland es el tipo más común de cemento de uso general en todo el mundo como ingrediente básico del concreto, los morteros, estucos y lechada no especial.

Fue desarrollado a partir de otros tipos de cal hidráulica en Inglaterra a mediados del siglo XIX, y generalmente proviene de la piedra caliza. Es un polvo fino, producido calentando piedra caliza y minerales de arcilla en un horno para formar clínker, moliendo el clínker y agregando 2% a 3% de yeso.

Hay varios tipos de cemento Portland disponibles. El más común, llamado cemento Portland ordinario (OPC), es de color gris, pero el cemento Portland blanco también está disponible. Su nombre se deriva de su similitud con la piedra de Portland, que fue extraída en la isla de Portland en Dorset, Inglaterra. Fue nombrado por Joseph Aspdin que obtuvo una patente para ello en 1824. Sin embargo, William Aspdin es considerado como el inventor del cemento Portland "moderno" debido a sus desarrollos en la década de 1840 (Sanjúan Barbudo M. Á., 2014).

El cemento Portland es cáustico, por lo que puede causar quemaduras químicas. (Sanjúan Barbudo M. Á., 2014). El polvo puede causar irritación o, con exposición severa, cáncer de pulmón, y puede contener algunos componentes peligrosos; como la sílice cristalina y el cromo hexavalente. Las preocupaciones ambientales son la alta energía requerida para extraer, fabricar y transportar el cemento; y la contaminación atmosférica relacionada, incluida la liberación de gases de efecto invernadero (por ejemplo, dióxido de carbono), dioxinas, NOx, SO2 y partículas.

El bajo costo y la disponibilidad generalizada de la piedra caliza, las lutitas y otros materiales naturales que se utilizan en el cemento Portland lo convierten en uno de los materiales de menor costo ampliamente utilizados en el último siglo. El concreto producido a partir del cemento Portland es uno de los materiales de construcción más versátiles del mundo.

## **Agregados**

### **Arena.**

Los depósitos de arena provienen de canales fluviales, llanuras inundables de ríos y depósitos glaciares. Existen depósitos de arena y grava de gran calidad, junto con la tecnología que le permite procesar el material en casi cualquier calidad para casi cualquier aplicación.

Como uno de los recursos naturales más accesibles, la arena se ha utilizado desde los primeros días de la civilización principalmente como material de construcción. A principios del siglo XX, la producción de arena para la construcción era relativamente pequeña y sus usos limitados. Hoy en día, el tonelaje anual de producción de arena y grava ocupa el segundo lugar en la industria de minerales no combustibles después de la piedra triturada (Villegas Martínez C. A., 2013).

La arena de construcción se utiliza para hacer concreto, para la construcción de carreteras, para mezclar con asfalto, como relleno de construcción y en la producción de materiales de construcción como bloques de hormigón, ladrillos y tuberías. La arena y la grava también pueden usarse para tejer tejas; en carreteras heladas en el invierno para una mayor tracción; como material de paisaje; en entradas de vehículos o estacionamientos; y también para filtración de agua.

La arena en sí viene en varios tamaños de grano. Se usa para propósitos cotidianos y proviene de muchas fuentes. La arena de la playa viene en granos muy finos y se usa en parques infantiles, canchas de voleibol, bunkers de campos de golf y areneros. También se puede usar en sacos de arena o para revestir los pisos de las arenas y otras superficies. La arena es principalmente de cuarzo, formada por la erosión de rocas ígneas como el granito.

El cuarzo está molido, pero no se descompone químicamente después de un tiempo, todo lo que queda son los pequeños granos que se depositan en lechos de ríos y playas.

### **Piedra Triturada**

La piedra a ser utilizadas será sana, limpia, sin vestigios de descomposición. El porcentaje de desgaste por el ensayo deberá ser inferior al 40%. Su granulometría deberá ser del tipo llamado cuarta y/o quinta procedente de rocas silíceas. Salvo indicación en contrario deberá cumplir con los requisitos establecidos en las normas.



## **Escoria de acero**

El método de fabricación de acero en hornos eléctricos con revestimiento básico es el más general y el único que permite tratar cualquier materia prima que contenga hierro, para obtener un acero que si bien puede ser de muy buena calidad, también puede ser de calidad deficiente, pero que siempre será acero.

En el horno eléctrico básico es posible tratar desde un mineral de hierro a un arrabio con alto contenido de carbono, silicio manganeso, y obtener un buen acero. La única condición que hay que exigir a las materias primas es que las impurezas que contengan puedan ser eliminadas en el horno, ya sea por oxidación o por reducción.

Por lo tanto, se debe cuidar que el Cu, As, Sn, como impurezas más nocivas no se encuentren en la materia prima. En algunos casos el Ni, y el Mo pueden ser también perjudiciales para cumplir con la especificación que se haya fijado. La oxidación y reducción son la clave del horno eléctrico.

## **Escorias Oxidantes**

La misión de la escoria oxidante es eliminar de la carga todos los elementos que puedan separarse de ella por oxidación y, o salgan a la atmósfera o queden retenido de alguna forma en la escoria. Hay que tener en cuenta que al eliminar los elementos oxidables no podemos hacerlo a voluntad, de una manera selectiva, sino que, si hay una oxidación, ésta será en mayor o menor grado efectivo para todos los que se puedan oxidar. En general, la fase oxidante tiene por misión eliminar de la colada el carbono y el fósforo, aunque simultáneamente se elimina el silicio, Manganeso, Cromo, Wolframio, y en general todos los elementos oxidables.

## **2.4. Marco Legal**

La constitución de la República del Ecuador en el artículo 413 indica: "El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientales limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

#### **2.4.1. Norma Ecuatoriana De La Construcción - NEC NEC-Se-Hm**

La norma ecuatoriana de la construcción nos da los lineamientos y especificaciones respecto al hormigón y sus agregados.

Cementos clasificados de acuerdo a requisitos de desempeño, según los requerimientos establecidos en la norma NTE INEN 2380 (ASTM C 1157)

NTE INEN 872(ASTM C 33): agregados para hormigón. Requisitos.

NTE INEN 2 566 (ASTM C702): Reducción de muestras a tamaño de ensayo.

Escorias de altos hornos granuladas molidas. Las escorias de altos hornos granuladas molidas deben cumplir con las especificaciones de ASTM C 989 mientras no exista NTE INEN correspondiente.

Durabilidad del hormigón (NEC-SE-HM, 3.2)

#### **2.4.2. Estructuras De Hormigón Armado.**

- NTE INEN 156 (ASTM C 188): Cemento hidráulico. Determinación de la densidad.
- NTE INEN 157 (ASTM C 187): Cemento hidráulico. Determinación de la consistencia normal. Método de Vicat.
- NTE INEN 158 (ASTM C 191): Cemento hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat.
- NTE INEN 863 (ASTM C88): Determinación de la solidez de los agregados

#### **2.4.3. A.C. I**

El método A.C.I. es un método de dosificación para el diseño de mezclas de hormigón; se basa en medir los materiales (cemento, agua, grava y arena) en peso y volumen, y se diseña tanto para una mezcla en estado fresco como endurecido.

La norma que rige los diseños de mezclas de concreto es la A.C.I 211.1 que, a su vez, está basa en la norma ASTM C33, donde se hace referencia a las especificaciones granulométricas

ACI 201 Durabilidad del hormigón

## **CAPÍTULO III**

### **3.1. Metodología de la investigación**

El método aplicado en la presente investigación es el Descriptivo con enfoque cuantitativo, por el medio del cual se recabará la información necesaria que permita llegar a conclusiones que den respuesta a los objetivos planteados en la presente investigación.

El objetivo principal de este informe es comparar la resistencia teórica a compresión y tracción calculada con ensayos experimentales de cilindros de escoria de acero, analizar las resistencias obtenidas en el laboratorio.

- Las probetas de acero ensayadas a compresión.
- Las probetas de CFRP ensayadas a compresión.
- El elemento compuesto de acero y CFRP.

#### **3.1.1. Métodos basados en la resistencia a la compresión dosificación**

##### **3.1.1.1 Método ACI Para Hormigón Convencional**

El método de dosificación del ACI (Instituto Americano de Concreto) se basa en tablas empíricas, como resultado de extensas investigaciones fundamentadas en los trabajos experimentales de Abrams y Talbot, este método le da mayor importancia a la influencia de la forma de la partícula y parte solo de su composición granulométrica (ACI 211.1).

##### **3.1.1.2. Selección del revenimiento**

Tabla tomada de ACI en este caso para el diseño de concreto utilizando escoria de acero utiliza un revenimiento como máximo de 10 cm y mínimo de 2,5 cm.

### **3.2. Tipo de investigación**

Se realizará una investigación del tipo descriptivo con enfoque cuantitativo, en donde se estudiará a la viga como elemento estructural de hormigón en relación al uso de la Escoria de acero las propiedades de la Escoria de acero como agregado para cemento en vigas de hormigón.

Las pruebas realizadas posteriormente a las vigas están sujetas a normativas aplicadas en los ensayos de laboratorio, para determinar de esta forma si el acero reciclado es apto para ser utilizado en la viga, y si la viga cumple con los estándares de calidad.

### **3.3. Enfoque**

La investigación se enfocará en explorar y describir las propiedades que aporta la escoria de acero a la viga, comprobando por medio de esto la viabilidad de la estructura diseñada.

#### **Acero.**

Para ensayar el acero se siguió la norma ASTM E8, la cual indica las especificaciones del material que se va ensayar, como obtener y preparar el material y como ensayar el material. (Materials., Standard Test Methods for Testing of Metallic Materials, ASTM E08M, 1997) Para elaborar las probetas se usó el método de chorro de agua para evitar deformaciones y debilitación producto del calor cuando se corta el acero con plasma. Posterior a esto se preparó la superficie del acero, quitando el óxido con lijas de distinto grosor y conseguir el perfil de anclaje adecuado para recibir la resina que fija el tejido de fibra de carbono. Para pegar la fibra de carbono en las probetas de acero primero se saturó con resina la fibra y la probeta, luego se las junto teniendo cuidado de la orientación de la fibra, ya que tiene que estar alineada lo más exacto posible, luego de eso se dejó secar la resina con un peso externo entre la cara de acero y la fibra de carbono para asegurar la adherencia. Según la norma las probetas deben tener las siguientes medidas:

- “Ancho de las mordazas: 10 mm
- Largo de las mordazas: 56 mm
- Radio de transición: 6 mm Largo de la sección de falla: 32mm Ancho de la sección de falla:6mm Largo total: 100mm Espesor: 5 mm” (Materials., Standard Test Methods for Testing of Metallic Materials, ASTM E08M, 1997))

### **Acero reciclado.**

Para ensayar el acero reciclado se siguió la norma ASTM D3039, la cual indica las especificaciones del material que se va ensayar, como obtener y preparar el material y como ensayar el material. (Materials., Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, 19 de Febrero de 2000)

Para realizar las probetas de fibra de carbono primero se prepara la superficie donde se van a realizar, esta superficie tiene que ser lo más lisa posible, de preferencia tiene que ser un plástico estirado sobre un soporte liso de madera, para garantizarnos que la fibra no tenga imperfecciones en ambas caras. Para endurecer la fibra se coloca resina en la superficie y luego con ayuda de una espátula se reparte resina en toda la sección de la fibra teniendo cuidado de que este saturada por completo, luego de esto se deja secar por 24 horas.

Cuando se tiene la primera lámina de fibra se repite el proceso para agregar una capa adicional en las mordazas y así cumplir con el grosor específico que se requiere. Cuando ambas laminas se encuentran unidas se procede a recortar la fibra con ayuda de un disco de corte lo más delgado posible. Según la norma las probetas deben tener las siguientes medidas: “Ancho de la probeta 15 mm Largo de las mordazas 56 mm Espesor de las mordazas 1.5 mm Espesor de falla 1 mm” (Materials., Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, 19 de Febrero de 2000) Se adjunta la hoja técnica del CARBOWRAP, del distribuidor local, en donde se encuentra la información y características del tejido y la resina, así como datos del sistema, esta información es valiosa pues permite datos de referencia para los ensayos que se están ejecutando en estos estudios.

### **3.4. Técnicas e instrumentos**

La escoria de acero para llevar a cabo las pruebas de la presente investigación procede de las fábricas de acero de la ciudad de Guayaquil al momento de fundir el acero.

El primer paso para obtener la escoria de acero es la recolección de residuos de la fabricación de acero el cual se lo funde a temperaturas muy elevadas mediante electrodo, creando una colada de acero fundido en el que se le añade diferentes tipos de químicos para obtener la resistencia requerida y luego se lo vierte en moldes que le

darán la forma para obtener barras de acero y es durante este proceso que se extrae la escoria de acero para luego ser almacenada.

### 3.5. Población

Para la realización de la encuesta es necesario obtener datos estadísticos actuales de la población en el entorno a desarrollar el proyecto, además que dicha encuesta servirá para dar información sobre el tema de la investigación en general a la población, su posible aceptación al mismo y su posible preferencia en relación a los métodos actuales.

Cabe recalcar que dicha encuesta también nos servirá como punto de inicio de la investigación y su justificación para la realización del mismo. Según proyecciones estadísticas del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en la ciudad de Guayaquil existe una población actual de 2,671.801.00 habitantes de los cuales en el último censo del año 2010 el 43.60 % de estos se encuentran entre los 20 y 49 años.

### 3.6 Muestra

Se realizará una encuesta con preguntas relacionadas a nuestro tema que es el uso de la escoria como agregado en el cemento para vigas a personas cuya actividad este enmarcada en el área de la construcción.

Mediante tablas y gráficos se analizará los resultados de la encuesta.

Para la elección de nuestra muestra, utilizamos las siguientes formulas estadísticas:

$$N_0 = (Z^2PQ) / (d^2)$$

$$n = \frac{NO}{1 + \frac{N_0}{M}}$$

Dónde:

Z es el nivel de confianza y se obtiene de las tablas de distribución normal.

**Tabla 1** Muestra de distribución normal

|                           |      |      |      |      |        |      |      |
|---------------------------|------|------|------|------|--------|------|------|
| <b>Z</b>                  | 1.28 | 1.65 | 1.96 | 2.17 | 2.24   | 2.33 | 2.58 |
| <b>NIVEL DE CONFIANZA</b> | 80 % | 90 % | 95 % | 97 % | 97,5 % | 98 % | 99 % |

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

- Para un nivel de confianza del 90% Z = 1.65

- Para un nivel de confianza del 95%  $Z = 1.96$
- Para un nivel de confianza del 99%  $Z = 2.58$
- $P =$  probabilidad de que suceda el evento
- $Q =$  probabilidad de que no suceda el evento

Cuando no se conoce estos valores se asume 0.5 para cada uno, puesto que corresponde a los valores que dan máximo producto de  $P$  por  $Q$

$d =$  Margen de error de muestreo

$N =$  Tamaño de población.

Se utilizó un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10% para obtener nuestra muestra.

$$N_o = \{ (1.96^2)(0.5)(0.5) \} / (0.1^2)$$

$$N_o = 96,04$$

$$n = \frac{96.04}{1 + \frac{96.04}{2,671.801}}$$

$$n = 96,04$$

Para los análisis del muestreo se realizó la encuesta a 96 profesionales y conocedores de la rama de la construcción dentro de Andec S.A para lo cual obtuvimos las siguientes muestras para llevar a cabo nuestro proyecto.

Encuesta realizada a profesionales de la rama de la construcción de edad entre 25 y 60 años.

### **3.7. Encuesta**

#### **3.7.1 Análisis de resultados**

Resultado de las encuestas realizadas en porcentajes y cantidad de personas para el proyecto del “Diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas”

## Ver anexo 1 formato de la encuesta

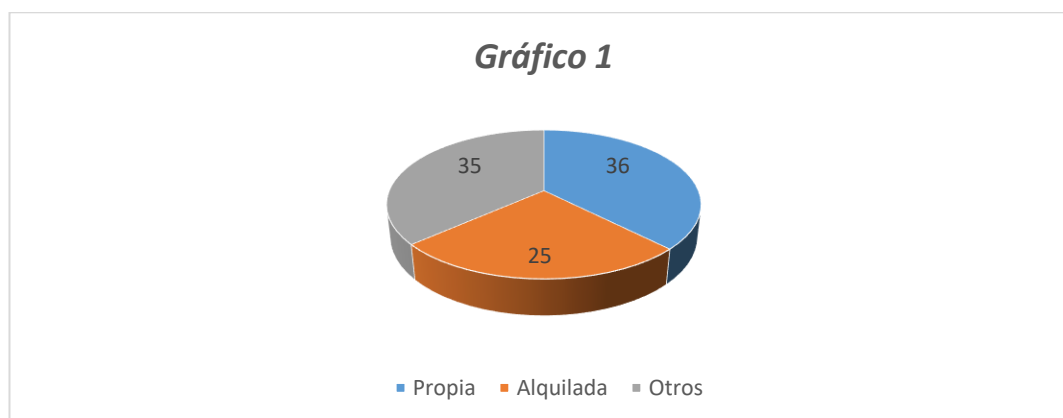
### Pregunta 1. ¿La vivienda donde reside es?

Tabla 2 *Tenencia de vivienda*

| Opciones  | Número | Porcentaje |
|-----------|--------|------------|
| Propia    | 36     | 37.50 %    |
| Alquilada | 25     | 26.04 %    |
| Otros     | 35     | 36.45 %    |
| Total     | 96     | 100%       |

*Fuente:* Encuesta a usuarios.

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)



**Gráfico 1** Tenencia de vivienda.

*Fuente:* Encuesta a usuarios.

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### Análisis:

Una cantidad de 36 personas dijeron tener casa propia, en alquiler 25 personas y en otras 35 personas lo cual es bueno para el proyecto ya que los que alquilan y otros podrían utilizar escoria de acero en nuevos diseños de concreto.



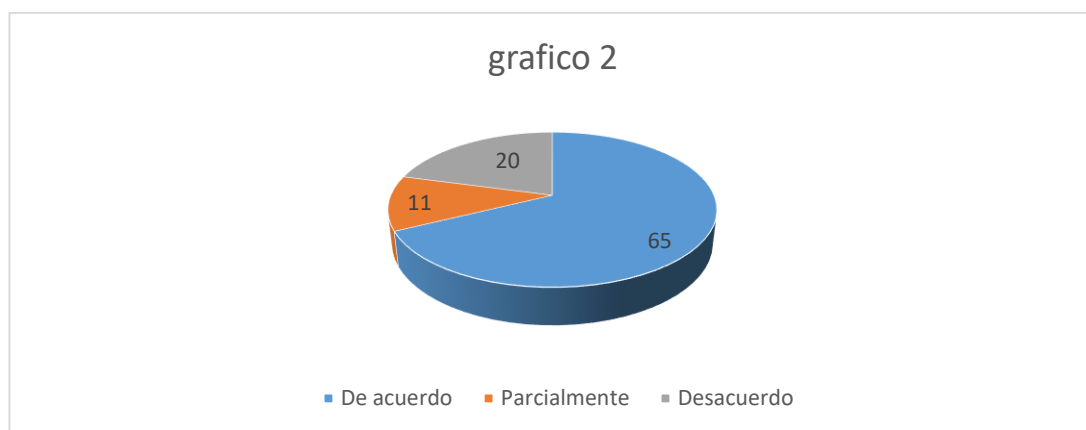
**Pregunta 2.** ¿Está usted de acuerdo en construir su vivienda con nuevos materiales en vez de comprarla ya construida con los materiales del concreto tradicional?

Tabla 3 *Tenencia de vivienda*

| Opciones     | Número | Porcentaje |
|--------------|--------|------------|
| De acuerdo   | 65     | 67.71 %    |
| Parcialmente | 11     | 11.46 %    |
| Desacuerdo   | 20     | 20.83 %    |
| Total        | 96     | 100%       |

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)



**Gráfico 2** *Tenencia de vivienda.*

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)

**Análisis:**

Un total de 65 personas encuestadas dijeron que prefieren construir su casa con nuevos materiales 11 parcialmente y 20 prefieren las casas con materiales tradicionales ya terminadas.

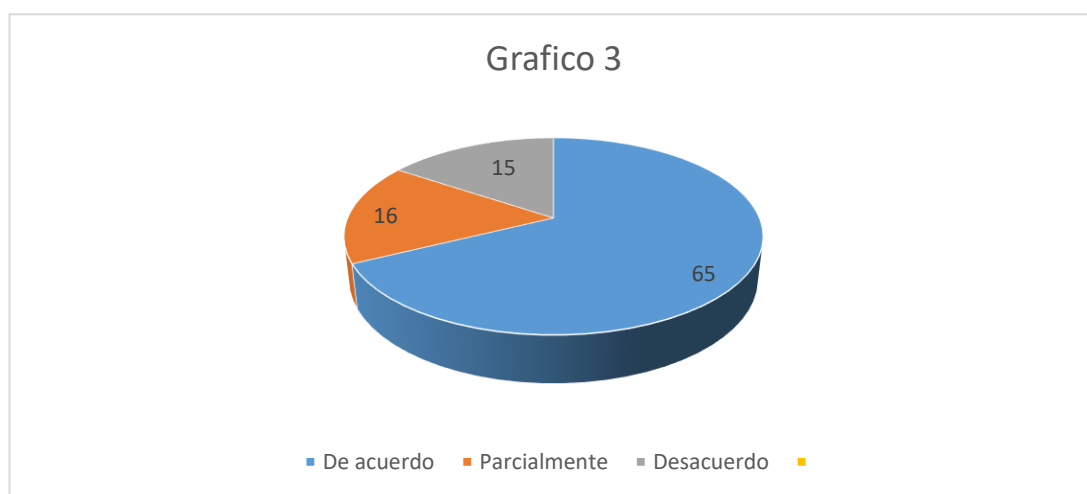
**Pregunta 3.** ¿Estaría usted de acuerdo en la implementación de nuevos métodos y técnicas en la construcción con materiales tradicionales?

Tabla 4 *Tenencia de vivienda*

| Opciones     | Número | Porcentaje |
|--------------|--------|------------|
| De acuerdo   | 65     | 67.71 %    |
| Parcialmente | 16     | 16.67 %    |
| Desacuerdo   | 15     | 15.62 %    |
| Total        | 96     | 100%       |

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)



**Gráfico 3** *Tenencia de vivienda.*

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)

**Análisis:**

De las encuestadas de un total de 96 personas 65 estuvieron de acuerdo en implementar nuevo material como agregado grueso ,16 parcialmente y 15 estaban en desacuerdo.

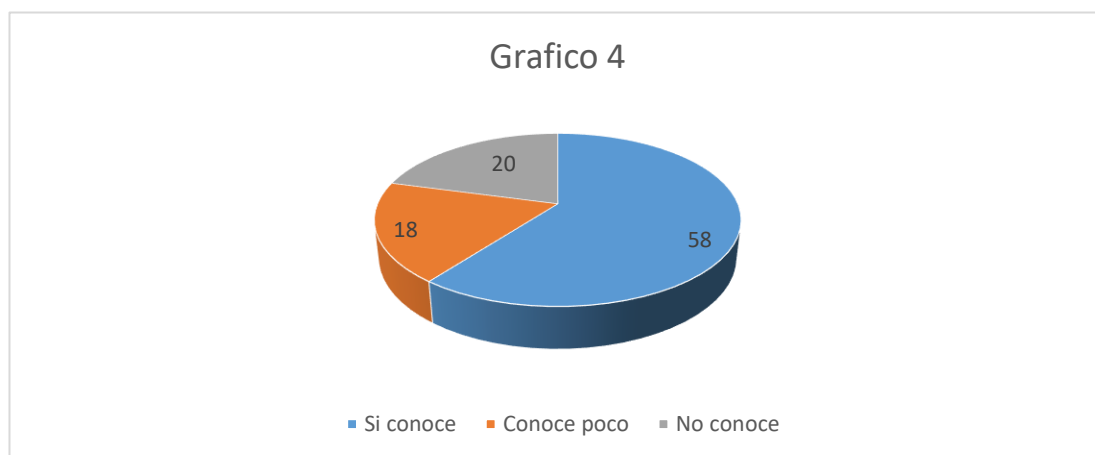
**Pregunta 4.** ¿Conoce actualmente sobre otros métodos constructivos a parte de la construcción con los materiales tradicionales?

Tabla 5 Tenencia de vivienda

| Opciones    | Número | Porcentaje |
|-------------|--------|------------|
| Si conoce   | 58     | 60.42 %    |
| Conoce poco | 18     | 18.75 %    |
| No conoce   | 20     | 20.83 %    |
| Total       | 96     | 100%       |

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)



**Gráfico 4** Tenencia de vivienda.

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)

#### **Análisis:**

De un total de 96 personas 58 dijeron conocer nuevos métodos con materiales diferentes 18 conocen lo básico y 20 encuestados dijeron no conocer del tema.

**Pregunta 5.** ¿Estaría dispuesto a implementar nuevas técnicas en el diseño de concretos utilizando escoria de acero para vigas si se diera el caso?

Tabla 6 *Tenencia de vivienda*

| Opciones | Número | Porcentaje |
|----------|--------|------------|
| Si       | 41     | 42.71 %    |
| No       | 16     | 16.67 %    |
| No sabe  | 39     | 40.62 %    |
| Total    | 96     | 100%       |

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)



**Gráfico 5** *Tenencia de vivienda.*

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### **Análisis:**

La mayoría de encuestados se mostró interesados en implementar nuevos materiales en este caso 41 de 96 personas dijeron que si 16 dijeron que no y 39 se mostraron indecisos.

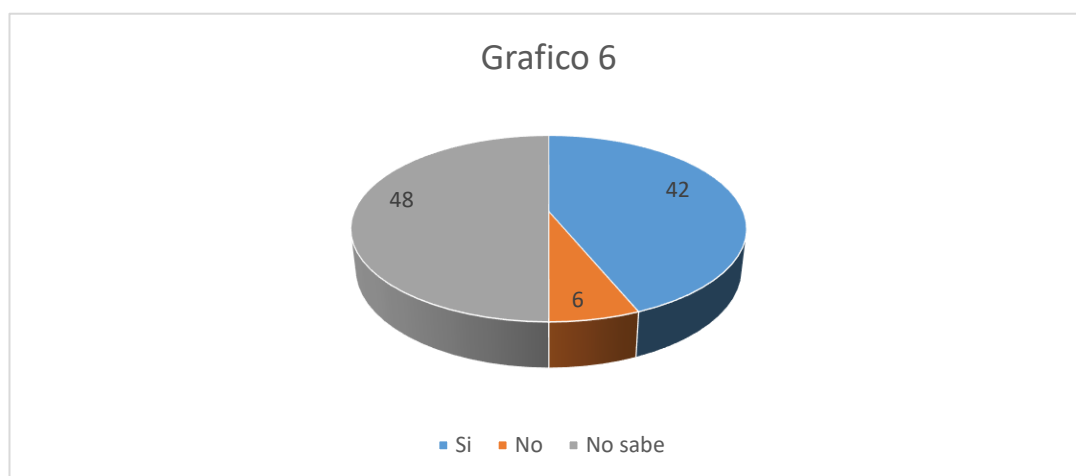
**Pregunta 6.** ¿Usted cree que sea posible la reutilización de la escoria de acero para el diseño de concretos utilizándolo como agregado grueso?

Tabla 7 Tenencia de vivienda

| Opciones | Número | Porcentaje |
|----------|--------|------------|
| Si       | 42     | 43.75 %    |
| No       | 6      | 6.25 %     |
| No sabe  | 48     | 50 %       |
| Total    | 96     | 100%       |

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)



**Gráfico 6** Tenencia de vivienda.

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### **Análisis:**

De acuerdo a los resultados 42 personas creen que es posible la reutilización de la escoria de acero en concretos 6 personas no lo reutilizarían y 48 encuestados dijeron no saber si se podría reutilizar.

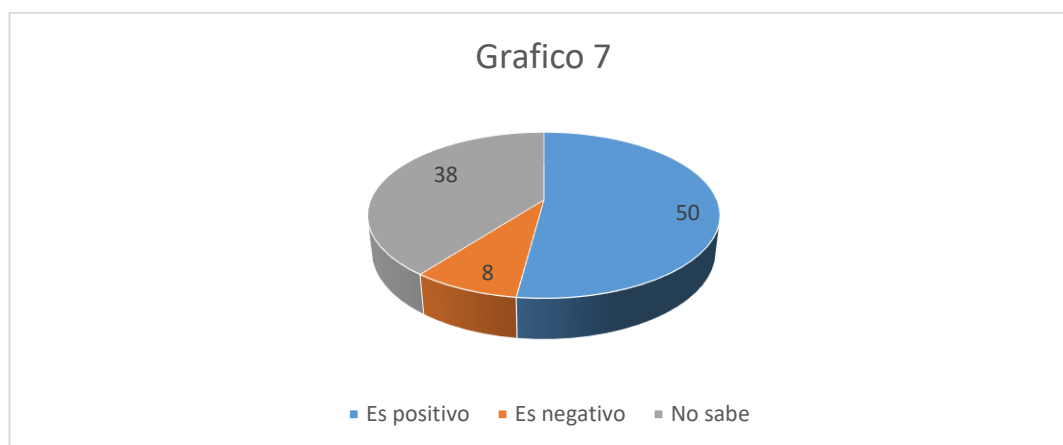
**Pregunta 7.** ¿Qué opinión tiene respecto a este proyecto de investigación?

Tabla 8 *Tenencia de vivienda*

| Opciones    | Número | Porcentaje |
|-------------|--------|------------|
| Es positivo | 50     | 52.08 %    |
| Es negativo | 8      | 8.34 %     |
| No sabe     | 38     | 39.58 %    |
| Total       | 96     | 100%       |

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)



**Gráfico 7** *Tenencia de vivienda.*

**Fuente:** Encuesta a usuarios.

**Elaborado por:** Reyes, S & Villigua, C. (2019)

**Análisis:**

De un total de 96 encuestados 50 personas dieron muy buenas referencias en cuanto a su opinión respecto al proyecto de investigación, 8 lo vieron con poca expectativa y 38 no sabían que opinar acerca del proyecto

## 2.7.2. Análisis del Revenimiento para elementos de concreto

Tabla 9 Análisis del Revenimiento para elementos de concreto

| TIPOS DE CONSTRUCCIÓN  | REVENIMIENTO EN cm |        |
|--|--------------------|--------|
|  | Máximo             | Mínimo |
| muros de cimentación y zapatas                                     | 7.5                | 2.5    |
| zapatas, cajones de cimentación y muros de subestructura sencillos | 7.5                | 2.5    |
| vigas y muros reforzados   | 10                 | 2.5    |
| columnas para edificios  | 10                 | 2.5    |
| pavimentos y losas   | 7.5                | 2.5    |
| concreto masivo  | 7.5                | 2.5    |

Fuente (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015)

El ACI recomienda que el tamaño nominal del agregado no sea superior a  $1/5$  de la dimensión menor de la pieza a hormigonar, ni mayor que  $3/4$  del espaciamiento libre entre barras individuales, ni de  $1/3$  del espesor de una losa (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015).

Tamaño máximo recomendado (cm) en función de dimensión mínima de la sección (ACI)

**Tabla 10** *Tamaño de tamaños máximos y mínimos*

| Dimensión<br>Mínima (Cm) | Tamaño Máximo Recomendado (cm)    |                    |                   |   |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|---|
|                          | Muros armados,<br>vigas y pilares | Muros sin armadura | Losas muy armadas | Losas débilmente<br>armadas o sin<br>armadura |
| 6-12                     | 1.25 - 2.0                        | 2                  | 2.0 - 2.5         | 2.0 -4.0                                      |
| 14 - 28                  | 2.0 - 4.0                         | 4                  | - 4.0             | 4.0 - 7.5                                     |
| 30 -74                   | 4.0 - 7.5                         | 7.5                | 4.0 - 7.5         | - 7.5   |
| >= 76                    | 4.0 - 7.5                         | 1.5                | 4.0 - 7.6         | 7.5 - 15.0                                    |

*Fuente:* (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015)

El método A.C.I recomienda que los agregados estén bien graduados, para que haya variedad de tamaños y prefiere trabajar con materiales angulosos antes que redondeados. (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015)

### 3.7.3. Cálculo del agua de mezclado y contenido de aire

La cantidad de agua por volumen unitario del concreto que se necesita para obtener determinado asentamiento depende del tamaño máximo del agregado, del contenido de aire incluido, de la temperatura del hormigón y del uso de aditivos químicos (Peralta N. , 2010)



Para el diseño se debe suponer que los agregados están saturados y superficialmente secos, pero en la práctica no encontramos así a los materiales, pues en época caliente estarán secos y en épocas de lluvias estarán húmedos, valores que se deberán ajustar (Peralta N. , 2010).

#### **3.7.4. Relación Agua/Cemento ACI**

La relación agua/cemento ( $a/c$ ) es de mucha importancia no solo para alcanzar la resistencia de diseño ( $f'_{cr}$ ) sino para obtener otros factores como la durabilidad, esta relación determina la porosidad del hormigón endurecido y a mayor porosidad menor resistencia y por ende menor durabilidad (Peralta N. , 2010).

La resistencia promedio seleccionada ( $f'_{cr}$ ) a los 28 días curados y en condiciones normales debe exceder la resistencia especificada.

Los valores que están por debajo del valor promedio pueden representar problemas, si están significativamente por debajo de  $f'c$ . De ahí que se recomiendan 3 casos para estimar el valor de  $f'c$  en función de la disponibilidad de registros de ensayos previos y toman en cuenta el valor de la desviación estándar “s” obtenida (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015) pues en época caliente estarán secos y en épocas de lluvias estarán húmedos, valores que se deberán ajustar (Peralta N. , 2010).

La resistencia promedio seleccionada ( $f'_{cr}$ ) a los 28 días curados y en condiciones normales debe exceder la resistencia especificada.

Los valores que están por debajo del valor promedio pueden representar problemas, si están significativamente por debajo de  $f'c$ . De ahí que se recomiendan 3 casos para estimar el valor de  $f'c$  en función de la disponibilidad de registros de ensayos previos y toman en cuenta el valor de la desviación estándar “s” obtenida (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015)

Tabla 11 Cuando se tiene menos de 15 registros

| Esfuerzo a compresión especificado $f'_c$ , Kg/cm <sup>2</sup> | Esfuerzo promedio requerido a |
|--|-------------------------------|
| < 210  | $f'_c + 70$                   |
| 210 – 350  | $f'_c + 84$                   |
| > 350  | $1.10 f'_c + 49$              |

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Esfuerzo promedio requerido a compresión cuando no se dispone datos para establecer una desviación estándar (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015).

Una vez determinado el valor  $f'_c$  y si el concreto a diseñarse será con o sin inclusión de aire, se determina la relación A/C de la siguiente tabla

### Relación agua/cemento según resistencia a la compresión

Tabla 12 relación agua/cemento

| Resistencia a la compresión a los 28 días (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Relación agua-cemento por peso       |                                      |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
|   | concreto sin aire<br><i>incluido</i> | concreto con aire<br><i>incluido</i> |
| 420,00  | 0,41                                 | 0,00                                 |
| 400,00  | 0,42                                 | 0,00                                 |
| 350,00  | 0,47                                 | 0,39                                 |
| 300,00  | 0,54                                 | 0,45                                 |
| 280,00  | 0,57                                 | 0,48                                 |
| 250,00  | 0,61                                 | 0,52                                 |
| 210,00  | 0,68                                 | 0,59                                 |
| 200,00  | 0,69                                 | 0,60                                 |
| 150,00  | 0,79                                 | 0,70                                 |
| 140,00  | 0,82                                 | 0,74                                 |

*Fuente:* (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015)

Los valores son estimados para resistencias promedio de concretos que contengan no más de 2% para concreto sin aire incluido y 6% de contenido de aire total para concreto con aire incluido (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015).

Para condiciones de exposición severa la relación A/C o agua/materiales cementantes se deben mantener baja, aun cuando el requerimiento de resistencia pueda cumplirse con valores mayores.

### **Abrasión de los ángulos**

Es la prueba más importante y más aplicada para la corroboración de la calidad del agregado grueso, este determina el desgaste del agregado grueso, menor de 1½” (38 mm), utilizando la máquina de Los Ángeles. (Peralta N. , 2010)

**Tabla 13** Relación agua/cemento o agua/materiales cementantes máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas

| Tipo de estructura   | Estructura continuamente húmeda o frecuentemente expuesta a congelamiento y deshielo | Estructura expuesta a agua de mar o sulfatos |
|--|--|--|
| Secciones delgadas (bardas, bordillos, comisas y trabajos ornamentales) y secciones con menos de 5 mm de recubrimiento sobre el refuerzo | 0,45   | 0,40   |
| Todas las estructuras  | 0,50   | 0,45   |

Fuente: (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015)

### 3.7.5. Cálculo del contenido del cemento

El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua mezclado encontrado en 3.1.4 dividido para la relación A/C determinado según paso en 3.1.5, no obstante, la especificación incluye un límite mínimo separado sobre el cemento, además de los requerimientos de resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en el criterio que conduzca a utilizar una mayor cantidad de cemento (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015).

$$C = A / (A/C)$$

Dónde:

C = Cantidad de cemento por m<sup>3</sup> de concreto

A = Cantidad de agua por m<sup>3</sup> de concreto

A/C = relación agua/cemento

### 3.7.6 Estimación del contenido del agregado grueso

En la tabla 3.7 se muestra el volumen de agregado en m<sup>3</sup>, con base al peso volumétrico varillado seco (PVV), para un m<sup>3</sup> de concreto. Se puede observar que el volumen de agregado grueso varillado en seco por m<sup>3</sup> de hormigón depende del tamaño máximo del agregado y del módulo de finura. (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015).

**Tabla 14** Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto

| Tamaño Máximo Nominal del Agregado<br>(mm y pulg) |        | Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto, para distintos módulos de finura de la arena. |      |      |      |
|---|--------|--|------|------|------|
|   |        | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
| 9.5   | (3/8") | 0.50   | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 12.5  | (1/2") | 0.59   | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 19  | (3/4") | 0.66   | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 25  | (1")   | 0.71   | 0.69 | 0.67 | 0.65 |

|      |          |      |      |      |      |
|------|----------|------|------|------|------|
| 37.5 | (1 1/2") | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 50   | (2")     | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 75   | (3")     | 0.82 | 0.80 | 0.78 | 0.76 |
| 150  | (6")     | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

**Fuente:** (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015).

### Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.

**Tabla 15** Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto

| Tamaño Máximo Nominal del Agregado (mm y pulg) |          | Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto, para distintos módulos de finura de la arena. |      |      |      |
|--|----------|--|------|------|------|
|  |          | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
| 9.5  | (3/8")   | 0.50   | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 12.5   | (1/2")   | 0.59   | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 19   | (3/4")   | 0.66   | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 25   | (1")     | 0.71   | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 37.5   | (1 1/2") | 0.75   | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 50   | (2")     | 0.78   | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 75   | (3")     | 0.82   | 0.80 | 0.78 | 0.76 |
| 150  | (6")     | 0.87   | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

**Fuente:** (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015).

Los volúmenes que se indican en la tabla anterior, se basan en agregados en condiciones de varillado en seco, como se describe en la norma ASTM C29. Estos volúmenes se han seleccionado a partir de relaciones empíricas para producir concreto con un grado de trabajabilidad adecuado a la construcción reforzada común. Para pavimentos de concreto, pueden incrementarse en un 10% aproximadamente, (ACI, ACI 211.1: Manual of concrete practice) (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015).

### 3.7.7. Estimación del contenido de la escoria de acero

Para determinar el contenido de la escoria de acero se aplicará el mismo procedimiento que el agregado grueso ya que está clasificado dentro del tamiz de 3/4 “y cumple el tamaño máximo nominal de la norma ASTM C29

**Tabla 16** Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de la arena

| Tamaño Máximo Nominal del Agregado (mm y pulg) |          | Volumen de agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto, para distintos módulos de finura de la arena. |      |      |      |
|--|----------|--|------|------|------|
|  |          | 2.4  | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
| 9.5  | (3/8")   | 0.50   | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 12.5   | (1/2")   | 0.59   | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 19   | (3/4")   | 0.66   | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 25   | (1")     | 0.71   | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 37.5   | (1 1/2") | 0.75   | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 50   | (2")     | 0.78   | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 75   | (3")     | 0.82   | 0.80 | 0.78 | 0.76 |
| 150  | (6")     | 0.87   | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

**Fuente:** (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015)

### 3.7.8. Estimación del contenido del agregado fino

El ACI proporciona 2 formas de determinar el contenido de agregado fino, se da por el método de peso o por el método de volumen absoluto (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015).

#### Agregado fino por el método del peso.

El peso requerido de agregado fino es la diferencia entre el peso del concreto fresco y el peso total de los demás componentes (cantidad de agua, cemento y agregado grueso) determinados previamente en  $\text{Kg/m}^3$  (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015).

Para determinar el peso del concreto fresco la ACI propone la tabla siguiente con la cual se obtiene un cálculo tentativo.

**Tabla 17** Primera estimación del peso del concreto

| Tamaño Máximo<br>Nominal del Agregado |          | Primera estimación del peso del concreto fresco $\text{Kg/m}^3$ |                            |
|---------------------------------------|----------|---|----------------------------|
|                                       |          | Concreto sin aire   | Concreto con aire incluido |
| 9.5                                   | (3/8")   | 2280  | 2200                       |
| 12.5                                  | (1/2")   | 2310  | 2230                       |
| 19                                    | (3/4")   | 2345  | 2275                       |
| 25                                    | (1")     | 2380  | 2290                       |
| 37.5                                  | (1 1/2") | 2410  | 2350                       |
| 50                                    | (2")     | 2445  | 2345                       |
| 75                                    | (3")     | 2490  | 2405                       |
| 150                                   | (6")     | 2530  | 2435                       |

**Fuente:** (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015)

Cuando se desea un cálculo teóricamente exacto del peso del concreto fresco por metro cúbico el ACI recomienda la siguiente fórmula (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015):

$$U = 10G_a (100-A) + C(1-G_a/G_c) - W(G_a-1)$$

Dónde:

- U: Peso del concreto fresco, por m<sup>3</sup>.
- G<sub>a</sub>: Promedio pesado del peso específico de la combinación de Agregado fino y grueso, a granel en condición SSS.
- G<sub>c</sub>: Peso específico del cemento (generalmente es 3.15) A: Porcentaje de contenido de aire.
- W: Requerimiento de agua de mezclado, kg/m<sup>3</sup>
- C: Requerimiento de cemento, kg/m<sup>3</sup>

#### **Agregado fino por el método de volumen absoluto.**

Un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregados finos recomendado por la ACI 211.1, implica el empleo de volúmenes desplazados por los componentes (determinación de gravedades específicas). En este caso, el volumen total desplazado por los componentes conocidos (el agua, aire, cemento y agregado grueso) se resta del volumen unitario del concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen ocupado por cualquier componente en el concreto es igual a su peso dividido entre la densidad de ese material (siendo ésta el producto del peso unitario del agua por el peso específico del material) (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete structure, 2015)

Con las cantidades de cemento, agua y agregado grueso establecido y la cantidad aproximada de aire atrapado de 1% que se determinó en la tabla del numeral 3.3 y 3.4, según el caso, el contenido de arena puede calcularse como:



- $\text{Peso volumétrico} = \text{Peso} / \text{Volumen}$
- $\text{Volumen} = \text{Peso} / \text{peso volumétrico}$
- $\text{Gravedad específica} = \text{Peso volumétrico} / \text{Peso volumétrico del agua}$
- $\text{Peso volumétrico} = \text{gravedad específica} \times \text{peso volumétrico del agua} (1000 \text{kg/m}^3)$ .
- $\text{Volumen} = \text{Peso} / (\text{gravedad específica} \times \text{peso volumétrico del agua})$  Para entender mejor se propone el siguiente ejemplo:
- Volumen de agua:  $181 / (1.00 \times 1000) = 0.181 \text{ m}^3$
- Volumen sólido de cemento:  $292 / (3.15 \times 1000) = 0.093 \text{ m}^3$
- Volumen sólido de agregado grueso:  $1136 / (2.68 \times 1000) = 0.424 \text{ m}^3$
- Volumen de aire atrapado (1%):  $1/100 = 0.010 \text{ m}^3$
- Volumen sólido de los ingredientes excepto agregado fino =  $0.708 \text{ m}^3$
- Volumen sólido de agregado fino requerido =  $1.000 - 0.708 = 0.292 \text{ m}^3$
- Peso requerido de agregado fino =  $0.292 \times 2.64 \times 1000 = 771 \text{ kg}$  por  $\text{m}^3$  de concreto.

### 3.7.9. Ajustes por humedad del agregado

Los agregados están generalmente húmedos y sus pesos secos obtenidos según pasos anteriores se deben incrementar con el porcentaje de agua que contienen los agregados tanto por absorción, de la siguiente manera (ACI318S, Guide for the design and construction of externally bonded frp systems for strengthening concrete estruture, 2015)

#### **Agregado fino húmedo.**

$\text{Agregado fino seco} (1 + Waf) \text{ Agregado grueso húmedo} = \text{Agregado grueso seco} (1 + wag)$

Dónde:

$Waf = \text{Porcentaje de humedad del agregado fino}$

$Wag = \text{Porcentaje de humedad del agregado grueso}$

**Agregado fino húmedo.**

Agregado fino seco (1+ waf) Agregado grueso húmedo = Agregado grueso seco(1+wag)

Dónde:

Waf = Porcentaje de humedad del agregado fino

Wag= Porcentaje de humedad del agregado grueso

Continuando con el ejemplo.

Agregado fino húmedo = 771 (1+0.06) = 817 kg por m<sup>3</sup> de concreto

Agregado grueso húmedo = 1136 (1+0.02) = 1159 kg por m<sup>3</sup> de concreto

Conocida la cantidad de cemento y agua, se determina la cantidad de arena y grava de acuerdo a la proporción de la mezcla óptima. Partiendo de la necesidad de los materiales para 1 m<sup>3</sup> de concreto con un 2 o 3% de aire atrapado.

## CAPÍTULO IV

### 4.1. Fundamentación de la propuesta

Dado que en nuestro país existe un gran número de construcciones ubicadas en zonas sísmicas que deben ser reforzadas y/o reparadas, la aplicación de estas nuevas técnicas puede resultar una buena opción, siempre y cuando se cuente con una metodología racional de diseño. Para incorporar el uso de la escoria de acero para vigas y reparación de elementos de concreto reforzado a la práctica común es necesario realizar estudios tanto teóricos como experimentales que permitan: establecer el comportamiento estructural de elementos.

El objetivo principal de este estudio es determinar el efecto del refuerzo mediante la Escoria de acero en las propiedades mecánicas de vigas de concreto reforzado sujetas a flexión bajo la acción de carga creciente y carga cíclica reversible, principalmente en lo que se refiere a la resistencia y capacidad de Deformación, presentar observaciones y recomendaciones acerca del uso de este tipo de material e identificar necesidades de investigación con el fin de establecer una metodología racional de diseño.

Las pruebas se realizarán en dos etapas. En la primera etapa se realizarán pruebas experimentales a flexión en vigas de concreto sujetas a carga creciente, con refuerzo adicional de Escoria de acero en cuatro de ellas y en la segunda etapa se realizarán pruebas en cuatro sub-ensamblajes viga columna sujetos a carga cíclica reversible, con refuerzo adicional de la Escoria de acero en dos de ellas. reparados o reforzados mediante estas técnicas, definir las ventajas y desventajas del uso de estos materiales de manera que sea posible establecer bajo qué condiciones pueden resultar una buena solución y fijar una metodología de diseño y evaluación de elementos reparados o reforzados mediante estas técnicas.

## 4.2 Propiedades físicas de los materiales

### 4.2.1. Análisis de las propiedades físicas de la piedra

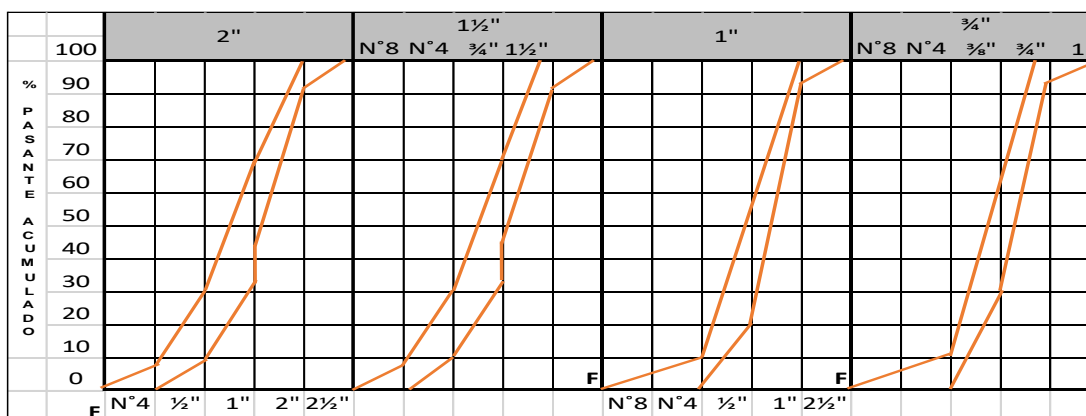
Tabla 18 Análisis de las propiedades físicas de la escoria de piedra

| ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO           |              |                   |             |                              |        |        |        |
|---|--------------|-------------------|-------------|------------------------------|--------|--------|--------|
| DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA |              |                   |             |                              |        |        |        |
| PROYECTO: VIGAS                                     |              |                   |             | FUENTE DEL MATERIAL: CANTERA |        |        |        |
| MUESTRA: PIEDRA                                     |              | FECHA: 17/12/2018 |             |                              |        |        |        |
| DESCRIPCION DEL MATERIAL: AGREGADO GRUESO           |              |                   |             |                              |        |        |        |
| TAMIZ   | Peso parcial | % Retenido        | % Que pasan | Especificaciones A.S.T.M     |        |        |        |
|   |              |                   |             | 2"                           | 1 1/2" | 1"     | 3/4"   |
| 2 1/2"  | 0            | 0                 | 0           | 100                          | ***    | ***    | ***    |
| 2"  | 0            | 0                 | 0           | 95-100                       | ***    | ***    | ***    |
| 1 1/1"  | 0            | 0                 | 0           | ***                          | 100    | ***    | ***    |
| 1"  | 0            | 0                 | 0           | 35-70                        | ***    | 95-100 | 100    |
| 3/4"  | 0            | 0                 | 0           | ***                          | 35-70  | ***    | 90-100 |
| 1/2"  | 570.7        | 0                 | 0           | ***                          | ***    | 25-60  | ***    |
| 3/8"  | 0            | 0                 | 0           | ***                          | 10-30  | ***    | 20-5   |
| N. 4  | 4494.1       | 0                 | 0           | 0-5                          | 0-5    | 0-10   | 0-10   |
| N. 8  | 56.4         | 0                 | 0           | ***                          | ***    | ***    | 0-5    |
| FONDO   | 137.4        |                   |             |                              |        |        |        |
| TOTAL   | 5258.6       |                   |             |                              |        |        |        |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### Porcentaje de pasante acumulado piedra

Tabla 19 Porcentaje de pasante acumulado piedra



Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

## 4.2.2. Análisis de las propiedades físicas de la escoria de acero

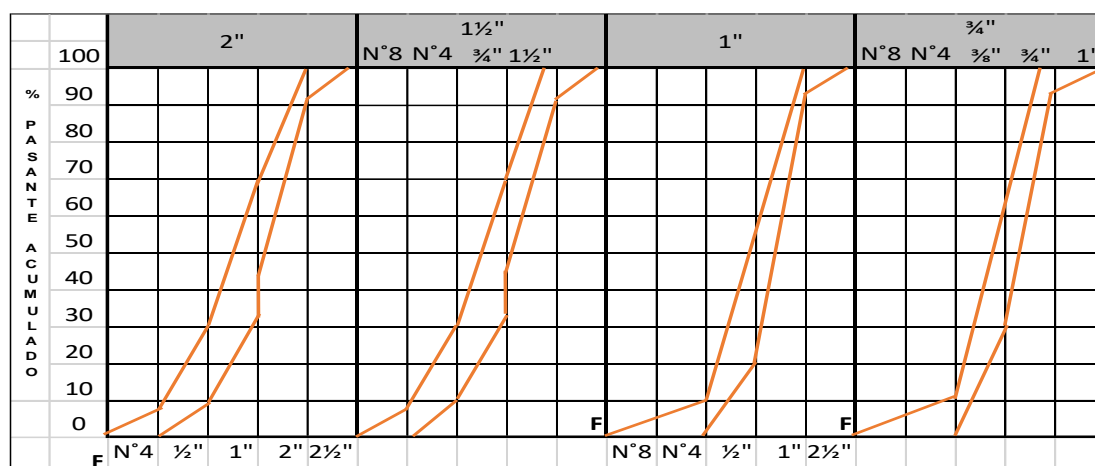
Tabla 20 Análisis de las propiedades físicas de la escoria de acero

| ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO GRUESO                           |              |            |             |                          |        |        |        |
|---|--------------|------------|-------------|--------------------------|--------|--------|--------|
| PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS |              |            |             |                          |        |        |        |
| MUESTRA: ESCORIA DE ACERO      FECHA: 17/12/2018                    |              |            |             |                          |        |        |        |
| DESCRIPCION DEL MATERIAL: AGREGADO GRUESO                           |              |            |             |                          |        |        |        |
| TAMIZ   | Peso parcial | % Retenido | % Que pasan | Especificaciones A.S.T.M |        |        |        |
|   |              |            |             | 2"                       | 1.1/2" | 1"     | 3/4"   |
| 2 1/2"  | 0            | 0          | 0           | 100                      | ***    | ***    | ***    |
| 2"  | 0            | 0          | 0           | 95-100                   | ***    | ***    | ***    |
| 1 1/1"  | 0            | 0          | 0           | ***                      | 100    | ***    | ***    |
| 1"  | 0            | 0          | 0           | 35-70                    | ***    | 95-100 | 100    |
| 3/4"  | 244.9        | 0          | 0           | ***                      | 35-70  | ***    | 90-100 |
| 1/2"  | 0            | 0          | 0           | ***                      | ***    | 25-60  | ***    |
| 3/8"  | 4964.5       | 0          | 0           | ***                      | 10-30  | ***    | 20-5   |
| N. 4  | 958.1        | 0          | 0           | 0-5                      | 0-5    | 0-10   | 0-10   |
| N. 8  | 31.3         | 0          | 0           | ***                      | ***    | ***    | 0-5    |
| FONDO   | 71.3         |            |             |                          |        |        |        |
| TOTAL   | 6270.1       |            |             |                          |        |        |        |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### Porcentaje de pasante acumulado de escoria de acero.

Tabla 21 Porcentaje de pasante acumulado de escoria de acero.



Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### 4.2.3 Análisis de las propiedades físicas del agregado fino

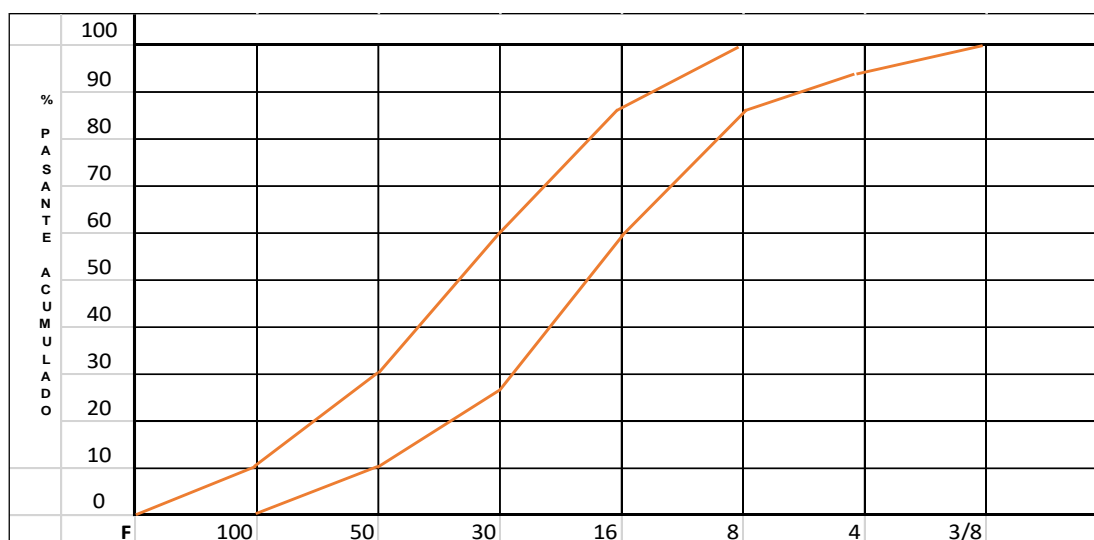
Tabla 22 Análisis de las propiedades físicas del agregado fino

| ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO                             |                     |                   |                      |                              |                          |
|---|---------------------|-------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------|
| PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS |                     |                   |                      |                              |                          |
| MUESTRA: ARENA  |                     | FECHA: 17/12/2018 |                      | FUENTE DEL MATERIAL: CANTERA |                          |
| DESCRIPCION DEL MATERIAL: AGREGADO FINO                             |                     |                   |                      |                              |                          |
| TAMIZ   | Peso parcial<br>grs | % Retenido        | % Retenido Acumulado | % Que pasa                   | Especificaciones A.S.T.M |
| 3/8   | 0                   | 0                 | 0                    | 0                            | 100                      |
| N.º4  | 1.9                 | 0                 | 0                    | 0                            | 95-100                   |
| N.º8  | 6.7                 | 0                 | 0                    | 0                            | 80-100                   |
| N.º16   | 32.1                | 0                 | 0                    | 0                            | 50-85                    |
| N.º30   | 283.9               | 0                 | 0                    | 0                            | 25-60                    |
| N.º50   | 526.5               | 0                 | 0                    | 0                            | 10-30                    |
| N.º100  | 128.8               | 0                 | 0                    | 0                            | 2-10                     |
| FONDO   | 20.9                | 0                 | 0                    | 0                            | 0                        |
| TOTAL   | 1000.8              | 0                 | 0                    | 0                            | 0                        |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### Porcentaje de pasante acumulado de agregado fino

Tabla 23 Porcentaje de pasante acumulado de agregado fino



Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### 4.3 Cálculo para un diseño de concreto de 28 Mpa

Para el cálculo del diseño de la viga utilizando la escoria como agregado grueso se analiza los materiales del hormigón, cemento, arena, piedra, escoria, agua con sus respectivas cantidades es decir la dosificación requerida para llegar a la resistencia deseada

#### 1.- Resistencia requerida

$$f'c = 28 \text{ Mpa}$$

#### 2.- Resistencia promedio a la compresión

$$f'cr = f'c + 8.5 = 36.5 \text{ Mpa}$$

Cuando no se cuenta con datos para la desviación la resistencia promedio puede determinarse con la siguiente tabla:

Tabla 24 sin datos para la desviación de la resistencia

| $f'c$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $f'cr$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------------|---------------------------------|
| < 210                          | $f'c + 70$                      |
| 210 a 350                      | $f'c + 84$                      |
| > 350                          | $f'c + 99$                      |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

#### 3.- Revenimiento (anexo 2 tabla1-1)

Según el A.C.I el requerido para vigas es de entre 100 mm y 25 mm en este caso tomaremos como revenimiento.

$$\text{Rev.} = 10 \text{ cm}$$

#### 4.- Tipo de cemento según su durabilidad GU

Tipo GU uso general con masa específica relativa 3.00

#### 5.- Selección % de aire mínimo (anexo 2 tabla 1-5)

En este caso para tamaños máximo de agregado 25 mm

$$\% \text{ aire} = 1.5$$

#### 6.-Cantidad de agua (anexo 2 tabla 1-5)

$$W_{H_2O} = 193 \text{ kg/m}^3 \text{ h}_2\text{o}$$

#### 7.- Relación agua / cemento (anexo 2 tabla 1-4)

Para una resistencia a la compresión a los 28 días de entre 25 Mpa y 30 Mpa se requiere una relación A/C de 0.46 con aire incluido

$$R=A/C$$

$$R = 0.46$$

#### 8.- Contenido de cemento

$$A/C = 0.46$$

$$A = 193 \text{ kg/m}^3$$

Entonces:

$$C=A/R$$

$$c = \frac{193 \text{ kg/m}^3}{0.46} = 419.56 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 419.56 \text{ kg/m}^3$$

El volumen por m<sup>3</sup> de concreto está dado por

$$V_c = \frac{c}{P} = \frac{419.56 \text{ kg/m}^3}{3000 \text{ kg/m}^3} = 0.112 \text{ m}^3$$

$$V_c = 0.112 \text{ m}^3$$

#### 4.4. Diseño y dosificación del concreto utilizando escoria de acero para vigas

Se calcula la dosificación requerida para obtener la resistencia deseada, se calcula las cantidades de material que se empleara en el hormigón de las resistencias detalladas a continuación con su respectiva relación de agua cemento, de los cuales presentamos los siguientes resultados.



#### 4.4.1. Dosificación de los materiales para los diseños de concreto

Tabla 25 Dosificación agregado grueso piedra 100%

| <b>PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS</b> |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| <b>RESISTENCIA SOLICITAD:</b><br>280KG/cm <sup>2</sup>                     |   |   |  |  |
|  | <b>GRAV. ESP.<br/>SSS KG/M3</b>                       | <b>P.U,<br/>SUELTO<br/>KG/M3</b>                  | <b>MF</b>                                | <b>ABSORCION %</b>   |
| AGREGADO GRUESO ESCORIA  | 2656.0  | 1366.5  |  | 2.1  |
| AGREGADO GRUESO PIEDRA   | 2719.4  | 1429.9  |  | 2.3  |
| AGREGADO FINO  | 2685.0  | 1324.2  | 3.12                                     | 4,15   |
| CEMENTO  | 3150.0  | 1200  |  |  |
| T. max de agregado grueso 25.00 mm   |   |   |  |  |
| P.U compactado del agregado grueso 1511.36kg/m <sup>3</sup>                |   |   |  |  |
| Cemento 350.91kg/m <sup>3</sup>  |   |   |  |  |
| Agua 193 kg/m <sup>3</sup>   |   |   |  |  |
| Aire confinado 1.50%   |   |   |  |  |
| Relación A/C 0.46  |   |   |  |  |
| Volumen de AG por unidad de vol. de cemento 0.55                           |   |   |  |  |
| Volumen absoluto de cemento 0.111 m <sup>3</sup>                           |   |   |  |  |
| volumen absoluto de agua 0.193 m <sup>3</sup>                              |   |   |  |  |
| volumen absoluto de agregado grueso 0.364 m <sup>3</sup>                   |   |   |  |  |
| volumen absoluto de aire confinado 0.015 m <sup>3</sup>                    |   |   |  |  |
| Total de componentes excepto arena 0.683 m <sup>3</sup>                    |   |   |  |  |
| volumen absoluto de la arena 0.317 m <sup>3</sup>                          |   |   |  |  |
|  | Dosf. En peso<br>por m <sup>3</sup> de<br>concreto kg | peso kg/saco<br>50kg                              | volumen<br>m <sup>3</sup> /saco 50<br>kg | Dosf. En<br>volumen por m <sup>3</sup><br>de concreto m <sup>3</sup> |
| Cemento  | 360.91  | 50  | 50                                       | 0.292  |
| Agua   | 193   | 27.5  | 27.5                                     | 0.193  |
| Agregado grueso  | 966.78  | 137.75  | 0.096                                    | 0.672  |
| Escoria de acero   | 0   | 0   | 0  | 0  |
| Agregado fino  | 851.15  | 121.28  | 0.064                                    | 0.448  |
| <b>Dosificación 1 saco de cemento</b>                                      |   | <b>Dosificación para 1 m<sup>3</sup> concreto</b> |  |  |
| Cemento  | 1 u   | Cemento   | 7 sacos                                  |  |
| Agua   | 27.5 litros   | Agua  | 192.5 litros                             |  |
| Agregado grueso piedra   | 3 parihuelas  | Agregado grueso piedra                            | 21 parihuelas                            |  |
| Agregado. grueso escoria de acero  | 0   | Agregado grueso escoria de acero                  | 0  |  |
| Agregado fino  | 2 parihuelas  | Agregado fino                                     | 14 parihuelas                            |  |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

**Tabla 26** Dosificación 75% piedra 25% escoria de acero

| <b>PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS</b> |  |  |                              |   |
|--|--|--|------------------------------|---|
| <b>RESISTENCIA SOLICITADA :280 KG/cm<sup>2</sup></b>                       |  |  |                              |   |
|  | <b>GRAV. ESP. SSS KG/M3</b>                | <b>P.U, SUELTO KG/M3</b>               | <b>MF</b>                    | <b>ABSORCION %</b>                            |
| AGREGADO GRUESO ESCORIA  | 2656.0                                     | 1366.5                                 |                              | 2.1   |
| AGREGADO GRUESO PIEDRA   | 2719.4                                     | 1429.9                                 |                              | 2.3   |
| AGREGADO FINO  | 2685.0                                     | 1324.2                                 | 3.12                         | 4,15  |
| CEMENTO  | 3150.0                                     | 1200                                   |                              |   |
| T. max de agregado grueso 25.00 mm   |  |  |                              |   |
| P.U compactado del agregado grueso 1511.36kg/m <sup>3</sup>                |  |  |                              |   |
| Cemento 350.91 kg/m <sup>3</sup>   |  |  |                              |   |
| Agua 193 kg/m <sup>3</sup>   |  |  |                              |   |
| Aire confinado 1.50%   |  |  |                              |   |
| Relación A/C 0.46  |  |  |                              |   |
| Volumen de AG por unidad de vol. de cemento 0.55                           |  |  |                              |   |
| Volumen absoluto de cemento 0.111 m <sup>3</sup>                           |  |  |                              |   |
| volumen absoluto de agua 0.193 m <sup>3</sup>                              |  |  |                              |   |
| volumen absoluto de agregado grueso 0.364 m <sup>3</sup>                   |  |  |                              |   |
| volumen absoluto de aire confinado 0.015 m <sup>3</sup>                    |  |  |                              |   |
| Total de componentes excepto arena 0.683 m <sup>3</sup>                    |  |  |                              |   |
| volumen absoluto de la arena 0.317 m <sup>3</sup>                          |  |  |                              |   |
|  | <b>Dosf. En peso por m3 de concreto kg</b> | <b>peso kg/saco 50kg</b>               | <b>volumen m3/saco 50 kg</b> | <b>Dosf. En volumen por m3 de concreto m3</b> |
| Cemento  | 360.91                                     | 50                                     | 50                           | 0.292   |
| Agua   | 193  | 27.5                                   | 27.5                         | 0.193   |
| Agregado grueso 75%  | 725.08                                     | 103.31                                 | 0.072                        | 0.504   |
| Escoria de acero 25%   | 241.69                                     | 34.44                                  | 0.024                        | 0.168   |
| Agregado fino  | 851.15                                     | 121.28                                 | 0.064                        | 0.448   |
| <b>Dosificación 1 saco de cemento</b>                                      |  | <b>Dosificación para 1 m3 concreto</b> |                              |   |
| Cemento  | 1 u  | Cemento                                | 7 sacos                      |   |
| Agua   | 27.5 litros                                | Agua                                   | 192.5 litros                 |   |
| Agregado grueso piedra   | 2.25 parihuelas                            | Agregado grueso piedra                 | 15.75 parihuelas             |   |
| Agregado. grueso escoria de acero  | 0.75 parihuelas                            | Agregado grueso escoria de acero       | 5.25 parihuelas              |   |
| Agregado fino  | 2 parihuelas                               | Agregado fino                          | 14 parihuelas                |   |

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

**Tabla 27** Dosificación de agregado 25% piedra 75% escoria de acero

| <b>PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS</b> |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| <b>RESISTENCIA SOLICITADA :280 KG/cm<sup>2</sup></b>                       |   |   |   |   |
|  | <b>GRAV. ESP.<br/>SSS KG/M<sup>3</sup></b>                    | <b>P.U,<br/>SUELTO<br/>KG/M<sup>3</sup></b>       | <b>MF</b>                                   | <b>ABSORCION %</b>  |
| AGREGADO GRUESO ESCORIA  | 2656.0  | 1366.5  |   | 2.1   |
| AGREGADO GRUESO PIEDRA   | 2719.4  | 1429.9  |   | 2.3   |
| AGREGADO FINO  | 2685.0  | 1324.2  | 3.12  | 4.15  |
| CEMENTO  | 3150.0  | 1200  |   |   |
| T. max de agregado grueso 25.00 mm   |   |   |   |   |
| P.U compactado del agregado grueso 1511.36 kg/m <sup>3</sup>               |   |   |   |   |
| Cemento 350.91 kg/m <sup>3</sup>   |   |   |   |   |
| Agua 193 kg/m <sup>3</sup>   |   |   |   |   |
| Aire confinado 1.50%   |   |   |   |   |
| Relación A/C 0.46  |   |   |   |   |
| Volumen de AG por unidad de vol. de cemento 0.55                           |   |   |   |   |
| Volumen absoluto de cemento 0.111 m <sup>3</sup>                           |   |   |   |   |
| volumen absoluto de agua 0.193 m <sup>3</sup>                              |   |   |   |   |
| volumen absoluto de agregado grueso 0.364 m <sup>3</sup>                   |   |   |   |   |
| volumen absoluto de aire confinado 0.015 m <sup>3</sup>                    |   |   |   |   |
| Total, de componentes excepto arena 0.683 m <sup>3</sup>                   |   |   |   |   |
| volumen absoluto de la arena 0.317 m <sup>3</sup>                          |   |   |   |   |
|  | <b>Dosf. En peso<br/>por m<sup>3</sup> de<br/>concreto kg</b> | <b>peso kg/saco<br/>50kg</b>                      | <b>volumen m<sup>3</sup>/saco<br/>50 kg</b> | <b>Dosf. En volumen por<br/>m<sup>3</sup> de concreto m<sup>3</sup></b> |
| Cemento  | 360.91  | 50  | 50  | 0.292   |
| Agua   | 193   | 27.5  | 27.5  | 0.193   |
| Agregado grueso 25%  | 241.69  | 34.44   | 0.024                                       | 0.168   |
| Escoria de acero 75%   | 725.08  | 103.31  | 0.072                                       | 0.504   |
| Agregado fino  | 851.15  | 121.28  | 0.064                                       | 0.448   |
| <b>Dosificación 1 saco de cemento</b>                                      |   | <b>Dosificación para 1 m<sup>3</sup> concreto</b> |   |   |
| Cemento  | 1 u   | Cemento   | 7 sacos                                     |   |
| Agua   | 27.5 litros   | Agua  | 192.5 litros                                |   |
| Agregado grueso piedra   | 0.75 parihuelas   | Agregado grueso piedra                            | 5.25 parihuelas                             |   |
| Agregado grueso escoria de acero   | 2.25 parihuelas   | Agregado grueso escoria de acero                  | 15.75 parihuelas                            |   |
| Agregado fino  | 2 parihuelas  | Agregado fino                                     | 14 parihuelas                               |   |

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Tabla 28 Dosificación de agregado 50 % piedra 50% escoria de acero

| <b>PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS</b> |  |   |                                      |   |
|--|--|---|--------------------------------------|---|
| <b>RESISTENCIA SOLICITADA :280 KG/cm<sup>2</sup></b>                       |  |   |                                      |   |
|  | <b>GRAV. ESP.<br/>SSS KG/M3</b>                    | <b>P.U,<br/>SUELTO<br/>KG/M3</b>                  | <b>MF</b>                            | <b>ABSORCION %</b>                                    |
| AGREGADO GRUESO ESCORIA  | 2656.0   | 1366.5  |                                      | 2.1   |
| AGREGADO GRUESO PIEDRA   | 2719.4   | 1429.9  |                                      | 2.3   |
| AGREGADO FINO  | 2685.0   | 1324.2  | 3.12                                 | 4,15  |
| CEMENTO  | 3150.0   | 1200  |                                      |   |
|  |  |   |                                      |   |
| T. max de agregado grueso  | 25.00 mm   |   |                                      |   |
| P.U compactado del agregado grueso   | 1511.36 kg/m <sup>3</sup>                          |   |                                      |   |
| Cemento  | 350.91 kg/m <sup>3</sup>                           |   |                                      |   |
| Agua   | 193 kg/m <sup>3</sup>                              |   |                                      |   |
| Aire confinado   | 1.50%  |   |                                      |   |
| Relación A/C   | 0.46   |   |                                      |   |
| Volumen de AG por unidad de vol. de cemento                                | 0.55   |   |                                      |   |
|  |  |   |                                      |   |
| Volumen absoluto de cemento  | 0.111 m <sup>3</sup>                               |   |                                      |   |
| volumen absoluto de agua   | 0.193 m <sup>3</sup>                               |   |                                      |   |
| volumen absoluto de agregado grueso  | 0.364 m <sup>3</sup>                               |   |                                      |   |
| volumen absoluto de aire confinado   | 0.015 m <sup>3</sup>                               |   |                                      |   |
| Total, de componentes excepto arena  | 0.683 m <sup>3</sup>                               |   |                                      |   |
| volumen absoluto de la arena   | 0.317 m <sup>3</sup>                               |   |                                      |   |
|  | <b>Dosf. En peso<br/>por m3 de<br/>concreto kg</b> | <b>peso kg/saco<br/>50kg</b>                      | <b>volumen<br/>m3/saco 50<br/>kg</b> | <b>Dosf. En<br/>volumen por m3<br/>de concreto m3</b> |
| Cemento  | 360.91   | 50  | 50                                   | 0.292   |
| Agua   | 193  | 27.5  | 27.5                                 | 0.193   |
| Agregado grueso 50%  | 483.39   | 68.875  | 0.048                                | 0.336   |
| Escoria de acero 50%   | 483.39   | 68.875  | 0.048                                | 0.336   |
| Agregado fino  | 851.15   | 121.28  | 0.064                                | 0.448   |
| <b>Dosificación 1 saco de cemento</b>                                      |  | <b>Dosificación para 1 m<sup>3</sup> concreto</b> |                                      |   |
| Cemento  | 1 u  | Cemento   | 7 sacos                              |   |
| Agua   | 27.5 litros  | Agua  | 192.5 litros                         |   |
| Agregado grueso piedra   | 1.5 parihuelas                                     | Agregado grueso piedra                            | 10.5 parihuelas                      |   |
| Agregado grueso escoria de acero   | 1.5 parihuelas                                     | Agregado grueso escoria de acero                  | 10.5 parihuelas                      |   |
| Agregado fino  | 2 parihuelas                                       | Agregado fino                                     | 14 parihuelas                        |   |

**Tabla 29** Dosificación de agregado 0% piedra 100% escoria de acero

| <b>PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS</b> |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| <b>RESISTENCIA SOLICITADA :280 KG/cm<sup>2</sup></b>                       |   |   |   |   |
|  | <b>GRAV. ESP. SSS KG/M3</b>                           | <b>P.U, SUELTO KG/M3</b>                          | <b>MF</b>                               | <b>ABSORCION %</b>  |
| AGREGADO GRUESO ESCORIA  | 2656.0  | 1366.5  |   | 2.1   |
| AGREGADO GRUESO PIEDRA   | 2719.4  | 1429.9  |   | 2.3   |
| AGREGADO FINO  | 2685.0  | 1324.2  | 3.12                                    | 4,15  |
| CEMENTO  | 3150.0  | 1200  |   |   |
| T. max de agregado grueso 25.00 mm   |   |   |   |   |
| P.U compactado del agregado grueso 1511.36 kg/m <sup>3</sup>               |   |   |   |   |
| Cemento 350.91 kg/m <sup>3</sup>   |   |   |   |   |
| Agua 193 kg/m <sup>3</sup>   |   |   |   |   |
| Aire confinado 1.50%   |   |   |   |   |
| Relación A/C 0.46  |   |   |   |   |
| Volumen de AG por unidad de vol. de cemento 0.55                           |   |   |   |   |
| Volumen absoluto de cemento 0.111 m <sup>3</sup>                           |   |   |   |   |
| volumen absoluto de agua 0.193 m <sup>3</sup>                              |   |   |   |   |
| volumen absoluto de agregado grueso 0.364 m <sup>3</sup>                   |   |   |   |   |
| volumen absoluto de aire confinado 0.015 m <sup>3</sup>                    |   |   |   |   |
| Total, de componentes excepto arena 0.683 m <sup>3</sup>                   |   |   |   |   |
| volumen absoluto de la arena 0.317 m <sup>3</sup>                          |   |   |   |   |
|  | <b>Dosf. En peso por m<sup>3</sup> de concreto kg</b> | <b>peso kg/saco 50kg</b>                          | <b>volumen m<sup>3</sup>/saco 50 kg</b> | <b>Dosf. En volumen por m<sup>3</sup> de concreto m<sup>3</sup></b> |
| Cemento  | 360.91  | 50  | 50                                      | 0.292   |
| Agua   | 193   | 27.5  | 27.5                                    | 0.193   |
| Agregado grueso piedra   | 0   | 0   | 0                                       | 0   |
| Escoria de acero   | 966.78  | 137.75  | 0.096                                   | 0.672   |
| Agregado fino  | 851.15  | 121.28  | 0.064                                   | 0.448   |
| <b>Dosificación 1 saco de cemento</b>                                      |   | <b>Dosificación para 1 m<sup>3</sup> concreto</b> |   |   |
| Cemento  | 1 u   | Cemento   | 7 sacos                                 |   |
| Agua   | 27.5 litros   | Agua  | 192.5 litros                            |   |
| Agregado grueso piedra   | 0   | Agregado grueso piedra                            | 0                                       |   |
| Agregado grueso escoria de acero   | 3 parihuelas  | Agregado grueso escoria de acero                  | 21 parihuelas                           |   |
| Agregado fino  | 2 parihuelas  | Agregado fino                                     | 14 parihuelas                           |   |

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

#### 4.4.2. Ensayo de resistencia a la compresión de los cilindros de concreto

| DISEÑO NORMAL 100% AGREGADOS TRADICIONALES                           |            |            |           |                                 |                   |                                |  |
|--|------------|------------|-----------|---------------------------------|-------------------|--------------------------------|--|
| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO       |            |            |           |                                 |                   |                                |  |
| PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS. |            |            |           |                                 |                   |                                |  |
| AGREGADO GRUESO: 3 U   |            |            |           |                                 |                   |                                |  |
| AGREGADO FINO: 2 U   |            |            |           | FECHA: 27/12/2018 al 17/01/2019 |                   |                                |  |
| TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO: 25,00 mm                                  |            |            |           | REVENIMIENTO: 10 cm             |                   |                                |  |
| CEMENTO:50 kg  |            |            |           | AGUA:25 L                       |                   |                                |  |
| RELACION AGUA-CEMENTO (A/C): w/(c+p):0.46                            |            |            |           | NUMERO DE SACOS DE CEMENTO: 1 u |                   |                                |  |
| RESISTENCIA: 28 Mpa  |            |            |           | MODULO DE FINURA                |                   |                                |  |
| CILINDRO DIAMETRO: 10 cm   |            |            |           | ALTURA: 20 cm                   |                   | AREA: 78.54cm <sup>2</sup>     |  |
| CILINDRO No.   | FECHA      |            | EDAD DÍAS | CARGAS MAXIMA Kg.               | AREA DEL CILINDRO | RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|  | TOMA       | ROTURA     |           |                                 |                   |                                |  |
| 1  | 20/12/2018 | 27/12/2018 | 7         | 16420                           | 78.54             | 209.06                         |  |
| 2  | 20/12/2018 | 27/12/2018 | 7         | 16930                           | 78.54             | 215.56                         |  |
| 3  | 20/12/2018 | 03/01/2019 | 14        | 17110                           | 78.54             | 217.85                         |  |
| 4  | 20/12/2018 | 03/01/2019 | 14        | 19090                           | 78.54             | 243.06                         |  |
| 5  | 20/12/2018 | 10/01/2019 | 21        | 23780                           | 78.54             | 302.77                         |  |
| 6  | 20/12/2018 | 10/01/2019 | 21        | 24100                           | 78.54             | 306.85                         |  |
| 7  | 20/12/2018 | 17/01/2019 | 28        | 25250                           | 78.54             | 321.49                         |  |
| 8  | 20/12/2018 | 17/01/2019 | 28        | 25080                           | 78.54             | 319.32                         |  |

Figura 1 Ensayo a la compresión I

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

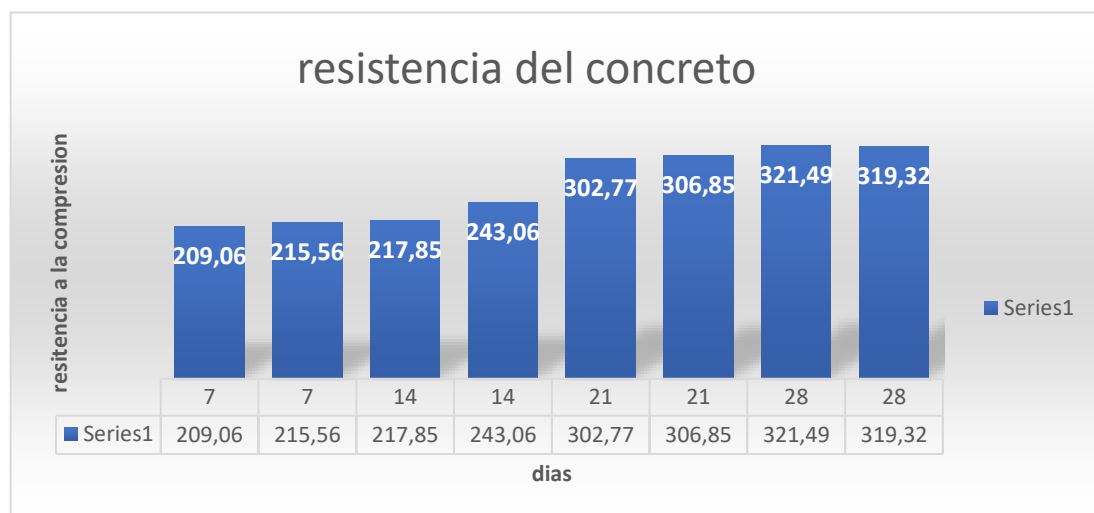


Gráfico 8 Ensayo a la compresión diseño I

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

| DISEÑO #2 CEMENTO+ARENA+ESCORIA+PIEDRA+AGUA                          |                         |            |           |                   |                                 |                                |  |
|--|-------------------------|------------|-----------|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|
| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO       |                         |            |           |                   |                                 |                                |  |
| PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS. |                         |            |           |                   |                                 |                                |  |
| AGEGADO GRUESO: 3 U  | (25 %ESCORIA+75%PIEDRA) |            |           |                   |                                 |                                |  |
| AGEGADO FINO: 2 U  |                         |            |           |                   | FECHA:                          | 28/12/2018 al 18/01/2019       |  |
| TAMAÑO MAXIMO DE AGRE 25,00 mm                                       |                         |            |           |                   | REVENIMIENTO:                   | 10 cm                          |  |
| CEMENTO: 50 KG   |                         |            |           |                   | AGUA:25 L                       |                                |  |
| RELACION AGUA-CEMENTO (A/C):   | w/(c+p):0.46            |            |           |                   | NUMERO DE SACOS DE CEMENTO: 1 u |                                |  |
| RESISTENCIA:   | 28 Mpa                  |            |           |                   | MODULO DE FINURA                |                                |  |
| CILINDRO DIAMETRO:   | 10 cm                   |            |           | ALTURA: 20 cm     | AREA:                           | 78.54 cm <sup>2</sup>          |  |
| CILINDRO No.   | FECHA                   |            | EDAD DÍAS | CARGAS MAXIMA Kg. | AREA DEL CILINDRO               | RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|  | TOMA                    | ROTURA     |           |                   |                                 |                                |  |
| 1  | 21/12/2018              | 28/12/2018 | 7         | 17950             | 78.54                           | 228.55                         |  |
| 2  | 21/12/2018              | 28/12/2018 | 7         | 18010             | 78.54                           | 229.31                         |  |
| 3  | 21/12/2018              | 04/01/2019 | 14        | 19990             | 78.54                           | 254.52                         |  |
| 4  | 21/12/2018              | 04/01/2019 | 14        | 19870             | 78.54                           | 252.99                         |  |
| 5  | 21/12/2018              | 11/01/2019 | 21        | 21750             | 78.54                           | 276.93                         |  |
| 6  | 21/12/2018              | 11/01/2019 | 21        | 22150             | 78.54                           | 282.02                         |  |
| 7  | 21/12/2018              | 18/01/2019 | 28        | 23310             | 78.54                           | 296.79                         |  |
| 8  | 21/12/2018              | 18/01/2019 | 28        | 23830             | 78.54                           | 303.41                         |  |

Figura 2 Ensayo a la compresión diseño 2

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

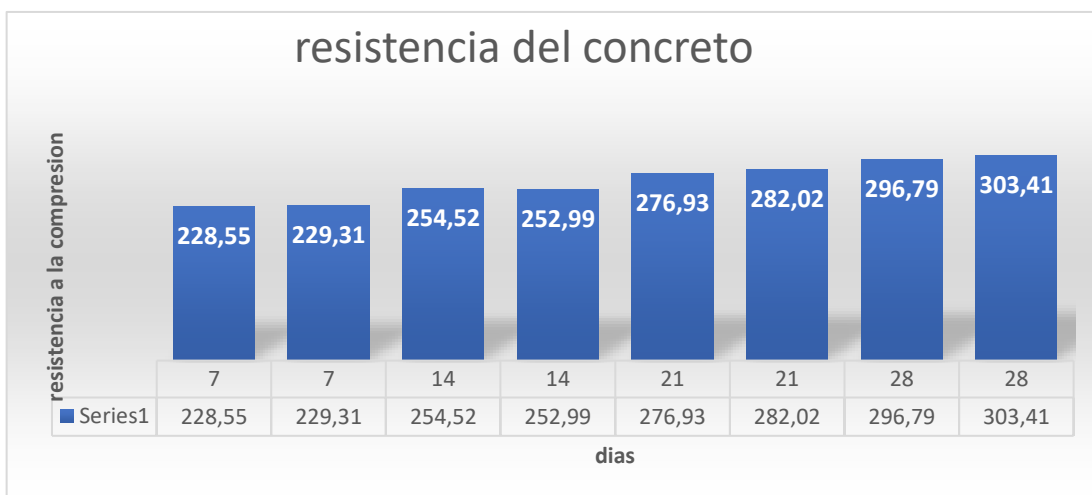


Gráfico 9 Ensayo a la compresión diseño 2

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

| ENSAYO # 3 CEMENTO+ARENA+ESCORIA+PIEDRA+AGUA                         |                         |            |           |                   |                             |                                |  |
|--|-------------------------|------------|-----------|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|
| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO       |                         |            |           |                   |                             |                                |  |
| PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS. |                         |            |           |                   |                             |                                |  |
| AGEGADO GRUESO: 3 U  | (25% PIEDRA+75%ESCORIA) |            |           |                   |                             |                                |  |
| AGEGADO FINO: 2 U  |                         |            |           |                   | FECHA:                      | 26/12/2018 al 23/01/2019       |  |
| TAMAÑO MAXIMO DE AGRE  | 25,00 mm                |            |           |                   | REVENIMIENTO:               | 10 cm                          |  |
| CEMENTO:   | 50 KG                   |            |           |                   | AGUA:                       | 25 L                           |  |
| RELACION AGUA-CEMENTO (A/C):   | w/(c+p):0.46            |            |           |                   | NUMERO DE SACOS DE CEMENTO: | 1 u                            |  |
| RESISTENCIA:   | 28 Mpa                  |            |           |                   | MODULO DE FINURA            |                                |  |
| CILINDRO DIAMETRO:   | 10 cm                   |            |           | ALTURA: 20 cm     | AREA:                       | 78.54 cm <sup>2</sup>          |  |
| CILINDRO No.   | FECHA                   |            | EDAD DÍAS | CARGAS MAXIMA Kg. | AREA DEL CILINDRO           | RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|  | TOMA                    | ROTURA     |           |                   |                             |                                |  |
| 1  | 26/12/2018              | 02/01/2019 | 7         | 16530             | 78.54                       | 210.47                         |  |
| 2  | 26/12/2018              | 02/01/2019 | 7         | 16170             | 78.54                       | 205.88                         |  |
| 3  | 26/12/2018              | 09/01/2019 | 14        | 19230             | 78.54                       | 244.84                         |  |
| 4  | 26/12/2018              | 09/01/2019 | 14        | 19100             | 78.54                       | 243.19                         |  |
| 5  | 26/12/2018              | 16/01/2019 | 21        | 21080             | 78.54                       | 268.40                         |  |
| 6  | 26/12/2018              | 16/01/2019 | 21        | 21410             | 78.54                       | 272.60                         |  |
| 7  | 26/12/2018              | 23/01/2019 | 28        | 23150             | 78.54                       | 294.75                         |  |
| 8  | 26/12/2018              | 23/01/2019 | 28        | 23005             | 78.54                       | 292.91                         |  |

Figura 3 Ensayo a la compresión diseño 3

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

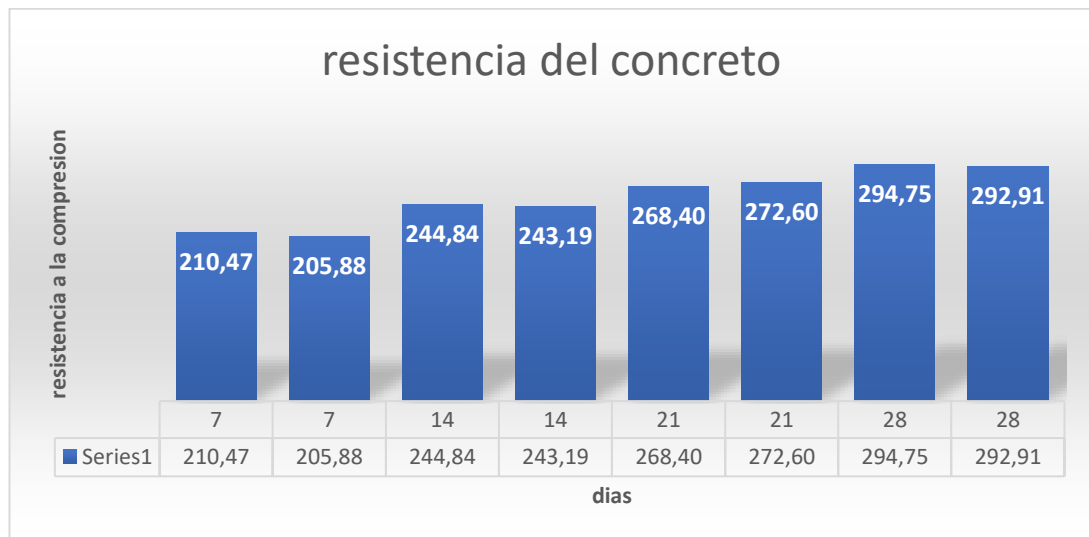


Gráfico 10 Ensayo a la compresión diseño 3

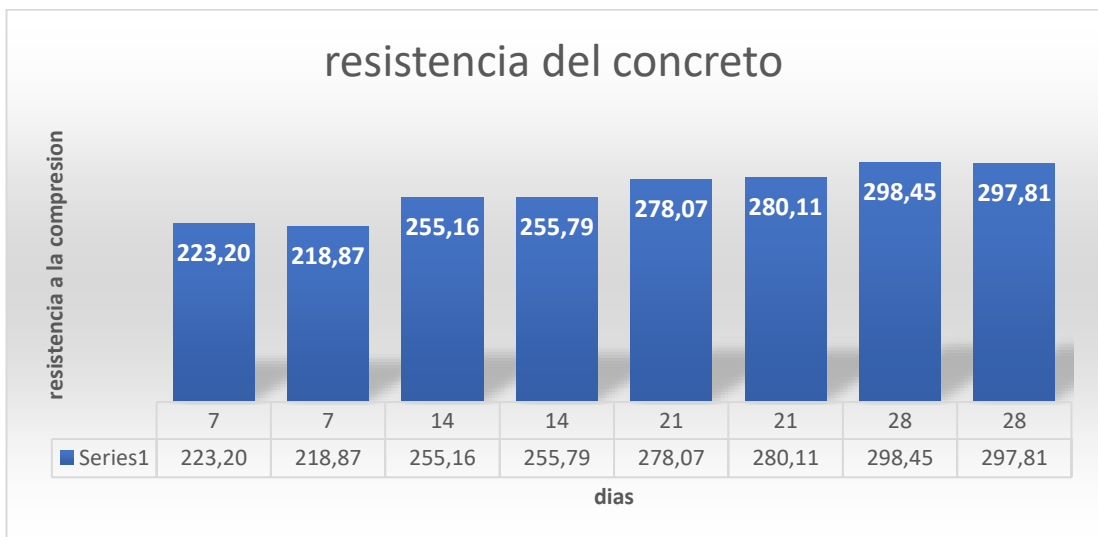
Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)



| ENSAYO # 4 CEMENTO+ARENA+ESCORIA+PIEDRA+AGUA                         |                          |            |           |                             |                             |                                |  |
|--|--------------------------|------------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--|
| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO       |                          |            |           |                             |                             |                                |  |
| PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS. |                          |            |           |                             |                             |                                |  |
| AGEGADO GRUESO: 3 U  | (ESCORIA 50%+PIEDRA 50%) |            |           |                             |                             |                                |  |
| AGEGADO FINO: 2 U  |                          |            |           | FECHA:                      | 02/01/2019 al 30/01/2019    |                                |  |
| TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO: 25,00 mm                                  |                          |            |           | REVENIMIENTO:               | 10 cm                       |                                |  |
| CEMENTO: 50 KG   |                          |            |           | AGUA:25 L                   |                             |                                |  |
| RELACION AGUA-CEMENTO (A/C):   | w/(c+p):0.46             |            |           | NUMERO DE SACOS DE CEMENTO: | 1 u                         |                                |  |
| RESISTENCIA:   | 28 Mpa                   |            |           | MODULO DE FINURA            |                             |                                |  |
| CILINDRO DIAMETRO:   | 10 cm                    |            |           | ALTURA: 20 cm               | AREA: 78.54 cm <sup>2</sup> |                                |  |
| CILINDRO No.   | FECHA                    |            | EDAD DÍAS | CARGAS MAXIMA Kg.           | AREA DEL CILINDRO           | RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup> |  |
|  | TOMA                     | ROTURA     |           |                             |                             |                                |  |
| 1  | 02/01/2019               | 09/01/2019 | 7         | 17530                       | 78.54                       | 223.20                         |  |
| 2  | 02/01/2019               | 09/01/2019 | 7         | 17190                       | 78.54                       | 218.87                         |  |
| 3  | 02/01/2019               | 16/01/2019 | 14        | 20040                       | 78.54                       | 255.16                         |  |
| 4  | 02/01/2019               | 16/01/2019 | 14        | 20090                       | 78.54                       | 255.79                         |  |
| 5  | 02/01/2019               | 23/01/2019 | 21        | 21840                       | 78.54                       | 278.07                         |  |
| 6  | 02/01/2019               | 23/01/2019 | 21        | 22000                       | 78.54                       | 280.11                         |  |
| 7  | 02/01/2019               | 30/01/2019 | 28        | 23440                       | 78.54                       | 298.45                         |  |
| 8  | 02/01/2019               | 30/01/2019 | 28        | 23390                       | 78.54                       | 297.81                         |  |

**Figura 4** Ensayo a la compresión diseño 4

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)



**Gráfico 11** Ensayo a la compresión diseño 4

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

| ENSAYO # 5 CEMENTO+ARENA+ESCORIA+AGUA                                |                |            |           |                             |                          |                                |                       |
|--|----------------|------------|-----------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO       |                |            |           |                             |                          |                                |                       |
| PROYECTO: DISEÑO DE CONCRETO UTILIZANDO ESCORIA DE ACERO PARA VIGAS. |                |            |           |                             |                          |                                |                       |
| AGEGADO GRUESO: 3 U  | (ESCORIA 100%) |            |           | FECHA:                      | 02/01/2019 al 30/01/2019 |                                |                       |
| AGEGADO FINO: 2 U  |                |            |           | REVENIMIENTO:               | 10 cm                    |                                |                       |
| TAMAÑO MAXIMO DE AGRE  | 25,00 mm       |            |           | AGUA:                       | 25 L                     |                                |                       |
| CEMENTO:   | 50 KG          |            |           | NUMERO DE SACOS DE CEMENTO: | 1 u                      |                                |                       |
| RELACION AGUA-CEMENTO  | w/(c+p):0.46   |            |           | MODULO DE FINURA:           |                          |                                |                       |
| RESISTENCIA:   | 28 Mpa         |            |           | ALTURA:                     | 20 cm                    | AREA:                          | 78.54 cm <sup>2</sup> |
| CILINDRO DIAMETRO:   | 10 cm          |            |           |                             |                          |                                |                       |
| CILINDRO No.   | FECHA          |            | EDAD DÍAS | CARGAS MAXIMA Kg.           | AREA DEL CILINDRO        | RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup> |                       |
|  | TOMA           | ROTURA     |           |                             |                          |                                |                       |
| 1  | 02/01/2019     | 09/01/2019 | 7         | 15490                       | 78.54                    | 197.22                         |                       |
| 2  | 02/01/2019     | 09/01/2019 | 7         | 15280                       | 78.54                    | 194.55                         |                       |
| 3  | 02/01/2019     | 16/01/2019 | 14        | 16840                       | 78.54                    | 214.41                         |                       |
| 4  | 02/01/2019     | 16/01/2019 | 14        | 16920                       | 78.54                    | 215.43                         |                       |
| 5  | 02/01/2019     | 23/01/2019 | 21        | 19080                       | 78.54                    | 242.93                         |                       |
| 6  | 02/01/2019     | 23/01/2019 | 21        | 19500                       | 78.54                    | 248.28                         |                       |
| 7  | 02/01/2019     | 30/01/2019 | 28        | 22110                       | 78.54                    | 281.51                         |                       |
| 8  | 02/01/2019     | 30/01/2019 | 28        | 22090                       | 78.54                    | 281.26                         |                       |

Figura 5 Ensayo a la compresión diseño 5

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

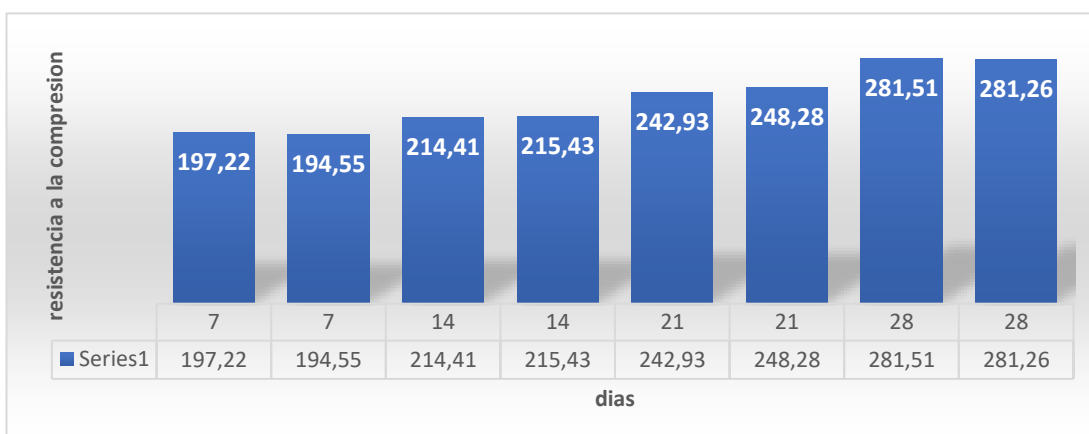


Gráfico 12 Ensayo a la compresión diseño 5

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

### 4.4.3. Análisis de precios unitarios

Tabla 30 Precios unitarios 100% piedra 0% escoria de acero

#### UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

#### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: Diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas

FECHA: 27/12/2018

UNIDAD: m3

RUBRO: Hormigón simple

RENDIMIENTO: 0.31

| EQUIPOS                  |          |            |             |             |       |
|--------------------------|----------|------------|-------------|-------------|-------|
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | TARIFA     | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Herramienta menor 5% M/O |          |            |             |             | 0.61  |
| Concretera               | 1.00     | 3.50       | 3.50        | 0.31        | 1.09  |
| vibrador                 | 1.00     | 2.50       | 2.50        | 0.31        | 0.78  |
| SUBTOTAL (M)             |          |            |             |             | 2.47  |
| MANO DE OBRA             |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Maestro Categoría C1     | 1.00     | 3.93       | 3.93        | 0.31        | 1.22  |
| Albañil Categoría D2     | 2.00     | 3.55       | 7.10        | 0.31        | 2.20  |
| Peón Categoría E2        | 8.00     | 3.51       | 28.08       | 0.31        | 8.70  |
| SUBTOTAL (N)             |          |            |             |             | 12.12 |
| MATERIALES               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | P. UNITARIO | COSTO       |       |
| Cemento                  | m3       | 7.00       | 7.80        | 54.60       |       |
| Piedra 100%              | m3       | 0.67       | 12.00       | 8.04        |       |
| Arena                    | m3       | 0.45       | 10.00       | 4.50        |       |
| Agua                     | m3       | 0.02       | 5.00        | 0.10        |       |
| SUBTOTAL (O)             |          |            |             |             | 67.24 |
| TRANSPORTE               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | TARIFA      | COSTO       |       |
| SUBTOTAL (P)             |          |            |             |             |       |
| COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |            |             |             | 81.83 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES: |          |            |             |             | 12.27 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO:   |          |            |             |             | 94.10 |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Tabla 31 Precios unitarios 75% piedra 25% escoria de acero

**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: Diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas

FECHA: 27/12/2018

UNIDAD: m3

RUBRO: Hormigón simple

RENDIMIENTO: 0.31

| EQUIPOS                  |          |            |             |             |       |
|--------------------------|----------|------------|-------------|-------------|-------|
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | TARIFA     | COSTO HORA  | RENDIMI     | COSTO |
| Herramienta menor 5% M/O |          |            |             |             | 0.61  |
| Concretera               | 1.00     | 3.50       | 3.50        | 0.31        | 1.09  |
| vibrador                 | 1.00     | 2.50       | 2.50        | 0.31        | 0.78  |
| SUBTOTAL (M)             |          |            |             |             | 2.47  |
| MANO DE OBRA             |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Maestro Categoría C1     | 1.00     | 3.93       | 3.93        | 0.31        | 1.22  |
| Albañil Categoría D2     | 2.00     | 3.55       | 7.10        | 0.31        | 2.20  |
| Peón Categoría E2        | 8.00     | 3.51       | 28.08       | 0.31        | 8.70  |
| SUBTOTAL (N)             |          |            |             |             | 12.12 |
| MATERIALES               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | P. UNITARIO | COSTO       |       |
| Cemento                  | m3       | 7.00       | 7.80        | 54.60       |       |
| Piedra 75%               | m3       | 0.50       | 12.00       | 6.02        |       |
| Escoria 25%              | m3       | 0.17       | 2.00        | 0.33        |       |
| Arena                    | m3       | 0.45       | 10.00       | 4.50        |       |
| Agua                     | m3       | 0.02       | 5.00        | 0.10        |       |
| SUBTOTAL (O)             |          |            |             |             | 65.56 |
| TRANSPORTE               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | TARIFA      | COSTO       |       |
| SUBTOTAL (P)             |          |            |             |             |       |
| COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |            |             |             | 80.15 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES: |          |            |             |             | 12.02 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO:   |          |            |             |             | 92.17 |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Tabla 32 Precios unitarios 25% piedra 75% escoria de acero

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: Diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas

FECHA: 27/12/2018

UNIDAD: m3

RUBRO: Hormigón simple

RENDIMIENTO: 0.31

| EQUIPOS                  |          |            |             |             |       |
|--------------------------|----------|------------|-------------|-------------|-------|
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | TARIFA     | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Herramienta menor 5% M/O |          |            |             |             | 0.61  |
| Concreteira              | 1.00     | 3.50       | 3.50        | 0.31        | 1.09  |
| vibrador                 | 1.00     | 2.50       | 2.50        | 0.31        | 0.78  |
| SUBTOTAL (M)             |          |            |             |             | 2.47  |
| MANO DE OBRA             |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Maestro Categoría C1     | 1.00     | 3.93       | 3.93        | 0.31        | 1.22  |
| Albañil Categoría D2     | 2.00     | 3.55       | 7.10        | 0.31        | 2.20  |
| Peón Categoría E2        | 8.00     | 3.51       | 28.08       | 0.31        | 8.70  |
| SUBTOTAL (N)             |          |            |             |             | 12.12 |
| MATERIALES               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | P. UNITARIO | COSTO       |       |
| Cemento                  | m3       | 7.00       | 7.80        | 54.60       |       |
| Piedra 25%               | m3       | 0.17       | 12.00       | 2.00        |       |
| Escoria 75%              | m3       | 0.50       | 2.00        | 1.00        |       |
| Arena                    | m3       | 0.45       | 10.00       | 4.50        |       |
| Agua                     | m3       | 0.02       | 5.00        | 0.10        |       |
| SUBTOTAL (O)             |          |            |             |             | 62.21 |
| TRANSPORTE               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | TARIFA      | COSTO       |       |
| SUBTOTAL (P)             |          |            |             |             |       |
| COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |            |             |             | 76.80 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES: |          |            |             |             | 11.52 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO:   |          |            |             |             | 88.32 |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Tabla 33 Precios unitarios 50% piedra 50% escoria de acero

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: Diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas

FECHA: 27/12/2018

UNIDAD: m3

RUBRO: Hormigón simple

RENDIMIENTO: 0.31

| EQUIPOS                  |          |            |             |             |       |
|--------------------------|----------|------------|-------------|-------------|-------|
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | TARIFA     | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Herramienta menor 5% M/O |          |            |             |             | 0.61  |
| Concreteira              | 1.00     | 3.50       | 3.50        | 0.31        | 1.09  |
| vibrador                 | 1.00     | 2.50       | 2.50        | 0.31        | 0.78  |
| SUBTOTAL (M)             |          |            |             |             | 2.47  |
| MANO DE OBRA             |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Maestro Categoría C1     | 1.00     | 3.93       | 3.93        | 0.31        | 1.22  |
| Albañil Categoría D2     | 2.00     | 3.55       | 7.10        | 0.31        | 2.20  |
| Peón Categoría E2        | 8.00     | 3.51       | 28.08       | 0.31        | 8.70  |
| SUBTOTAL (N)             |          |            |             |             | 12.12 |
| MATERIALES               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | P. UNITARIO | COSTO       |       |
| Cemento                  | m3       | 7.00       | 7.80        | 54.60       |       |
| Piedra 50%               | m3       | 0.34       | 12.00       | 4.02        |       |
| Escoria 50%              | m3       | 0.34       | 2.00        | 0.67        |       |
| Arena                    | m3       | 0.45       | 10.00       | 4.50        |       |
| Agua                     | m3       | 0.02       | 5.00        | 0.10        |       |
| SUBTOTAL (O)             |          |            |             |             | 63.89 |
| TRANSPORTE               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | TARIFA      | COSTO       |       |
| SUBTOTAL (P)             |          |            |             |             |       |
| COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |            |             |             | 78.48 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES: |          |            |             |             | 11.77 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO:   |          |            |             |             | 90.25 |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Tabla 34 Precios unitarios 0% piedra 100% escoria de acero

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: Diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas

FECHA: 27/12/2018

UNIDAD: m3

RUBRO: Hormigón simple

RENDIMIENTO: 0.31

| EQUIPOS                  |          |            |             |             |       |
|--------------------------|----------|------------|-------------|-------------|-------|
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | TARIFA     | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Herramienta menor 5% M/O |          |            |             |             | 0.61  |
| Concretera               | 1.00     | 3.50       | 3.50        | 0.31        | 1.09  |
| vibrador                 | 1.00     | 2.50       | 2.50        | 0.31        | 0.78  |
| SUBTOTAL (M)             |          |            |             |             | 2.47  |
| MANO DE OBRA             |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | JORNAL /HR | COSTO HORA  | RENDIMIENTO | COSTO |
| Maestro Categoría C1     | 1.00     | 3.93       | 3.93        | 0.31        | 1.22  |
| Albañil Categoría D2     | 2.00     | 3.55       | 7.10        | 0.31        | 2.20  |
| Peón Categoría E2        | 8.00     | 3.51       | 28.08       | 0.31        | 8.70  |
| SUBTOTAL (N)             |          |            |             |             | 12.12 |
| MATERIALES               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | P. UNITARIO | COSTO       |       |
| Cemento                  | m3       | 7.00       | 7.80        | 54.60       |       |
| Escoria de acero 100%    | m3       | 0.67       | 2.00        | 1.34        |       |
| Arena                    | m3       | 0.45       | 10.00       | 4.50        |       |
| Agua                     | m3       | 0.02       | 5.00        | 0.10        |       |
| SUBTOTAL (O)             |          |            |             |             | 60.54 |
| TRANSPORTE               |          |            |             |             |       |
| DESCRIPCION              | UNIDAD   | CANTIDAD   | TARIFA      | COSTO       |       |
| SUBTOTAL (P)             |          |            |             |             |       |
| COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |            |             |             | 75.13 |
| INDIRECTOS Y UTILIDADES: |          |            |             |             | 11.27 |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO:   |          |            |             |             | 86.40 |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

#### 4.4.4. Diagrama comparativo de costos del diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas.

Para establecer el diagrama de costos se analizaron los 5 diseños de concreto haciendo sustituciones y variaciones de cierto porcentaje en el agregado grueso para analizar el costo total de cada uno de los diseños.

Tabla 35 *Dosificación en porcentaje del Diseño # 1*

| Descripción      | Porcentaje % |
|------------------|--------------|
| Cemento          | 100          |
| Agua             | 100          |
| Agregado fino    | 100          |
| Agregado grueso  | 100          |
| Escoria de acero | 000          |

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Tabla 36 *Dosificación en porcentaje del Diseño # 2*

| Descripción      | Porcentaje % |
|------------------|--------------|
| Cemento          | 100          |
| Agua             | 100          |
| Agregado fino    | 100          |
| Agregado grueso  | 75           |
| Escoria de acero | 25           |

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Tabla 37 *Dosificación en porcentaje del Diseño # 3*

| Descripción      | Porcentaje % |
|------------------|--------------|
| Cemento          | 100          |
| Agua             | 100          |
| Agregado fino    | 100          |
| Agregado grueso  | 25           |
| Escoria de acero | 75           |

*Elaborado por:* Reyes, S & Villigua, C. (2019)



Tabla 38 Dosificación en porcentaje del Diseño # 4

| Descripción      | Porcentaje % |
|------------------|--------------|
| Cemento          | 100          |
| Agua             | 100          |
| Agregado fino    | 100          |
| Agregado grueso  | 50           |
| Escoria de acero | 50           |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

Tabla 39 Dosificación en porcentaje del Diseño # 5

| Descripción      | Porcentaje % |
|------------------|--------------|
| Cemento          | 100          |
| Agua             | 100          |
| Agregado fino    | 100          |
| Agregado grueso  | 000          |
| Escoria de acero | 100          |

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

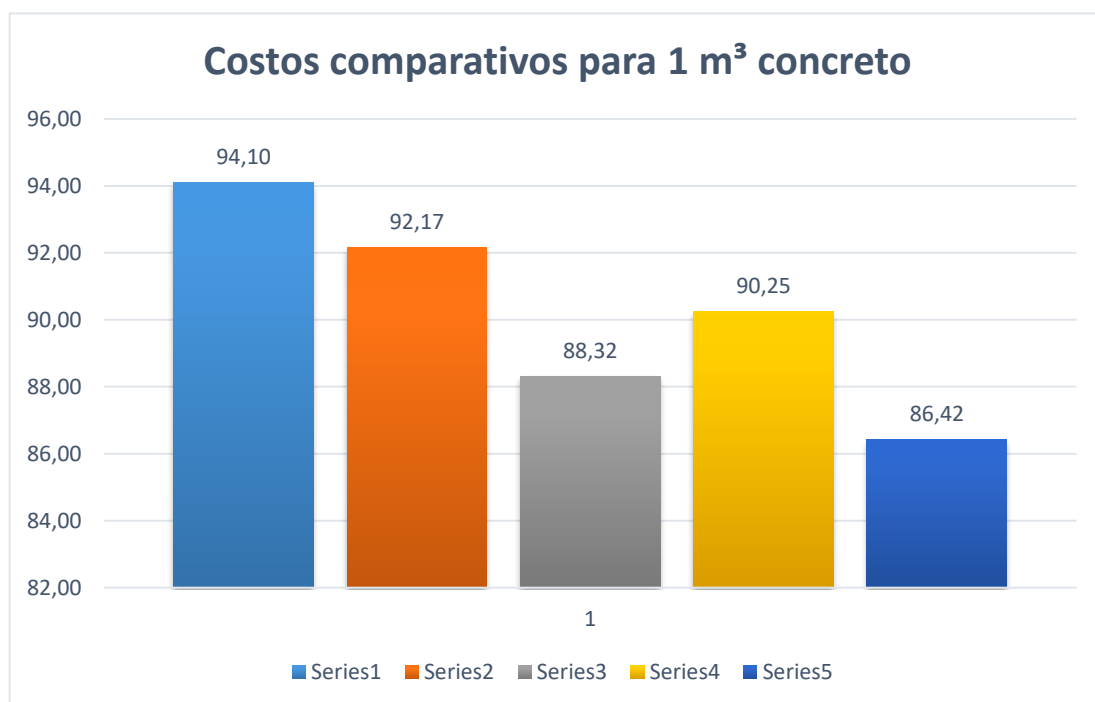


Gráfico 13 Comparación de costos para 1 m<sup>3</sup> de concreto

Elaborado por: Reyes, S & Villigua, C. (2019)

#### **4.4.5. Resumen de costos para 1 m<sup>3</sup> de concreto utilizando escoria de acero para vigas**

##### **Diseño de concreto #1**

Se utilizó el agregado grueso piedra en un 100% manteniendo el concreto con los materiales tradicional sin modificación alguna para poder realizar una comparación de costos.

\$94.10

##### **Diseño de concreto # 2**

Se sustituye el agregado grueso piedra en un 25 % por el agregado grueso de escoria de acero.

\$92.17

##### **Diseño de concreto # 3**

Se sustituye el agregado grueso piedra por un 75% de agregado grueso escoria de acero.

\$88.32

##### **Diseño de concreto # 4**

Se reemplaza el agregado grueso piedra en un 50% por escoria de acero en este diseño se divide en partes iguales el agregado grueso

\$90.25

##### **Diseño de concreto # 5**

Sustituyendo el agregado grueso piedra en un 100% por el agregado grueso de escoria de acero en un 100%.

\$86.42

## CONCLUSIONES

La implementación de la innovación de los recursos naturales en el sector de la construcción hace que cada día se busque nuevas alternativas en materiales.

En especial el reciclado de los productos que se fabrican como es el caso de la escoria producto de la fabricación del acero.

Para nuestro proyecto de titulación se analizó el uso de la Escoria de acero con una ficha comparativa de la viga para elemento estructural.

Se analizó el comportamiento de la Escoria de acero, mediante ensayos de flexión en vigas de hormigón.

Se analizó el uso de Escoria de acero, su resistencia a la flexión y corte.

Se evaluó el comportamiento mecánico de la viga utilizando la Escoria de acero. Se determinó la dosificación, las cantidades de Escoria de acero para vigas mediante ensayos de laboratorios.

Una vez realizadas las encuestas a un grupo de 90 personas se llegó a la conclusión de que un cierto porcentaje desconoce de las propiedades físicas y químicas de la escoria de acero sin embargo un gran porcentaje de las personas dijeron que la extracción de este material sería buena aprovecharlo por las propiedades de resistencia y rigidez al momento de utilizarlo como agregado grueso y así disminuir el impacto ambiental que genera la extracción de los agregados tradicionales de las canteras.

Sin embargo, un grupo de las personas encuestadas cree que siempre hay que innovar nuevos materiales e implementar el remplazo de los recursos naturales siempre y cuando estos cumplan la misma función o incluso superar en resistencia al hormigón tradicional con las mismas dosificaciones sin incrementar el costo, pero cumpliendo con las especificaciones técnica y normativas vigentes.

Cuando el proyecto tenga mayores datos cuantitativos, por medio de los ensayos de laboratorios se podrá establecer el porcentaje de escoria dentro del hormigón con la dosificación respectiva para alcanzar la resistencia optima del mismo, con los datos obtenidos se podrá diseñar la viga a flexión con Escoria de acero.

El proyecto de diseño de una viga de concreto utilizando Escoria de acero, es factible con toda la información obtenida a lo largo del desarrollo de la tesis podemos concluir que con los avances tecnológicos es posible disminuir el impacto ambiental

al extraer y remplazar los diferentes tipos de agregados tradicionales para un concreto de alta resistencia ya que se los puede analizar variar sus cantidades hasta obtener la resistencia requerida y analizar su comportamiento físico y químicos, realizar diferentes tipos de ensayos dándole así su funcionabilidad para aplicarlo en vigas de concreto.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de la escoria de acero, considerando que es una materia de residuo de producción y reemplazarlo por los agregados grueso del hormigón, con el fin de disminuir la explotación de las canteras y recursos naturales.

Se recomienda la escoria de acero, para ser utilizada en vigas de hormigón.

Se recomienda la dosificación obtenida en los laboratorios para su uso, las cantidades de Escoria de acero para vigas.

Con los datos obtenidos se recomienda diseñar la viga a flexión con escoria de acero se podrá diseñar una viga de concreto utilizando escoria de acero, con los datos obtenidos se compara, con el hormigón tradicional y se recomienda su uso en función de los costos beneficios de la tabla.

Las recomendaciones preliminares para llevar a cabo este tipo de diseño de concreto utilizando escoria de acero para vigas es que al momento de obtener la escoria de acero se debe almacenar en lugares que no estén a la intemperie de la humedad ya que por su alta cantidad de contenido de minerales está expuesto a sulfatos y oxido.

Al momento de triturar la escoria de acero se debe seleccionar el material ya que no todos son sólidos un 30% del mismo está expuesto a quedar con formaciones internas de aire y esto hace que se debilite al momento de triturar y lo mejor es pasar por el tamiz de acuerdo a la granulometría que desea obtener.

Para la combinación de estos agregados es preferible no alterar la relación agua cemento ni las dosificaciones en cuanto a cantidad ya que es mejor sustituir un cierto porcentaje de acuerdo a la necesidad de la resistencia requerida.

Se puede aplicar en vigas de edificaciones que no estén expuestas a la intemperie con un revenimiento promedio de 10 cm

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ACI318S. (2015). *Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structure*. New York: ACI: 14.
- ACI318S. (2015). *Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures”*. . New York: ACI.: 14.
- Alecoy, T. (2011). *Las culturas exitosas forjan prosperidad económica desde la concepción del individuo*. Santiago de Chile: Tirso José Alecoy.
- American Concrete Institute. (2004). *Guide test methods for FRPs for reinforcing or strengthening concrete structures*. New York: ACI. New York: ACI.
- Asamblea Nacional. (2010). *COPCI*. Quito: Editora Nacional.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Editora Nacional.
- Barbat, H. (2005). *Cálculo y diseño sismo resistentes en edificios*. España.
- Barbazán, C., & Sendra, J. (2012). *Apoyo domiciliario y alimentación familiar: El asistente como eje central en la gestión y mantenimiento del hogar del dependiente*. Vigo: Ideaspropias Editorial.
- Barradas, M. (2014). *Seguimiento de Egresados: Una excelente estrategia para garantizar una educación de calidad*. Bloomington: Palibrio.
- Bastos, A. (2010). *Implantación de Productos y servicios*. Madrid: Ideaspropias.
- Bohigues, I. (2014). *Ámbito sociolingüístico* . Madrid: Paraninfo.
- Borunda, R., Cepeda, J., Salas, F., & Medrano, V. (2013). *Desarrollo y Competitividad de los Sectores Económicos en México*. México, D.F.: Centro de Investigaciones Sociales.
- Borunda, R., Cepeda, J., Salas, F., & Medrano, V. (2013). *Desarrollo y Competitividad de los Sectores Económicos en México*. México: México, D.F.: Centro de Investigaciones Sociales.
- Cátedra de Ingeniería Rural. (2017). *Cátedra de Ingeniería Rural - Morteros*. La Mancha: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real / Universidad de Castilla-La Mancha. Obtenido de [www.Ingeniería Rural.com](http://www.IngenieríaRural.com)
- Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. (2005). *CIR SOC 201-205 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

- Certificación, I. A. (1986). *IRAM 1601 Agua para morteros y hormigones de cemento portland*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Christensen, C. (2014). *Guía del Innovador para crecer: Cómo aplicar la innovación disruptiva*. Madrid: Grupo Planeta Spain.
- Civiles., C. d. (2005). *CIR SOC 201-205 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Civiles., C. d. (2005). *CIR SOC 201-205 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- Coignet, J., & Monier, J. (1875). *Patente para la ejecución de estructuras*. Francia: Lambot.
- Cruelles, J. (2012). *Productividad e Incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. Barcelona: Marcombo.
- Cruz, L., & Cruz, V. (17 de Abril de 2010). *Repositorio Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Escuela Politécnica Nacional:  
<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQFjABahUKEwjvwOy4IJPIAhWFF5AKHUAYBFA&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F388%2F1%2FCFD-0795.pdf&usg=AFQjCNHr5JIvEUFu2GkrhscjbJ-tStFQQA&sig2=a>
- El Telégrafo. (26 de Mayo de 2012). \$180 millones venden al año los artesanos de muebles. *El Telégrafo*, pág. 9.
- Fernández, R. (2010). *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Alicante: ECU.
- Fernández, R. (2010). *La productividad y el riesgo psicosocial o derivado de la organización del trabajo*. Alicante : ECU.
- Fernández, R. (2011). *La dimensión económica del desarrollo sostenible*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Gan, F., & Gaspar, B. (2007). *Manual de Recursos Humanos: 10 programas para la gestión y el desarrollo del Factor Humano en las organizaciones actuales*. Barcelona: Editorial UOC .
- Google Maps. (8 de Abril de 2015). *Google*. Obtenido de Google:  
<https://maps.google.com.ec>

- Griffin, R. (2011). *Administración*. Boston: Cengage Learning.
- Guerrero, R. (2014). *Técnicas elementales de servicio* . Madrid: Paraninfo.
- Haden, J. (2008). *El diccionario completo de términos de bienes raíces explicados en forma simple: lo que los inversores inteligentes necesitan saber* . Florida: Atlantic Publishing Group .
- Iglesias, M. (2011). *Elaboración de soluciones constructivas y preparación de muebles*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.
- INEC. (12 de Diciembre de 2011). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico: [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=112&Itemid=90](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=90)
- INEC. (28 de Julio de 2015). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Ecuador en cifras: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi\\_esGuayaquil\\_cifra\\_a\\_cifra.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf)
- Institute, A. C. (2004). *Guide test methods for FRPs for reinforcing or strengthening concrete structures*. New York: ACI.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1986). *IRAM 1601 Agua para morteros y hormigones de cemento portland*. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- Joachimsthaler, E. (2008). *Ver lo evidente: Cómo definir y ejecutar la futura estrategia de crecimiento en su empresa*. Barcelona: Ediciones Deusto .
- Krugman, P., & Wells, R. (2007). *Macroeconomía: Introducción a la economía; Versión española traducida por Gotzone Pérez Apilanez; revisada por José Ramón de Espínola*. Barcelona: Reverté.
- Leiceaga, C., Carrillo, F., & Hernández, Á. (2012). *Economía 1º Bachillerato*. San Sebastián: Editorial Donostiarra.
- Llamas, C. (2009). *MARKETING Y GESTIÓN DE LA CALIDAD TURÍSTICA*. Madrid: Liber Factory .
- Longenecker, J., Petty, W., Palich, L., & Hoy, F. (2012). *Administración de Pequeñas Empresas: Lanzamiento y Crecimiento de iniciativas de emprendimiento*. México, D.F.: Cengage Learning.
- Lopez, J. (2013). *+Productividad*. Bloomington: Palibrio.



- Macías, G., & Parada, L. (2013). *Mujeres, su participación económica en la sociedad*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Mancha, U. d.-L. (2017). *Cátedra de Ingeniería Rural - Morteros. La Mancha: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real*. La mancha: [www.Ingeniería Rural.com](http://www.Ingeniería Rural.com).
- Martínez, I. (2005). *La comunicación en el punto de venta: estrategias de comunicación en el comercio real y online*. Madrid: Esic.
- Materials, A. f. (10 de Junio de 1997). *Standard Test Methods for Testing of Metallic Materials, ASTM E08M*. Obtenido de [www.astm.org](http://www.astm.org): <http://www.astm.org/Standards>
- Materials, A. f. (19 de Febrero de 2000). Obtenido de Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, ASTM D3039 M.: [www.astm.org](http://www.astm.org): <http://www.astm.org/Standards>
- Materials., A. f. (19 de Febrero de 2000). *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. ASTM D3039 M.
- Materials., A. f. (1997). *Standard Test Methods for Testing of Metallic Materials, ASTM E08M*. Madrid: [www.astm.org](http://www.astm.org).
- Merino, E. (2014). El Cambio de la Matriz Productiva. *Buen Viaje*, 10.
- Miranda, A., Zambrano, M., & Yaguana, J. (26 de Julio de 2009). *Dspace Espol*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Espol: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10675/1/D-39734.pdf>
- Montero, C. (2005). *Estrategias Para Facilitar la Inserción Laboral a Personas Con Discapacidad*. San José: EUNED.
- Mora, J. (Jorge Mora). *Los libros, aporte bibliográfico, las bellas artes e investigaciones históricas*. Nariño: Pasto.
- Morales, R. (2013). *MF1330\_1: Limpieza doméstica*. Málaga: INNOVA.
- Nutsch, W. (2000). *Tecnología de la madera y del mueble*. Barcelona: Reverté.
- OCDE. (2014). *Colombia: La implementación del buen gobierno*. Paris: OECD Publishing.
- OIT. (2008). *Calificaciones para la mejora de la productividad el crecimiento del empleo y el desarrollo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Olavarria, M. (2005). *Pobreza, crecimiento económico y políticas sociales*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.

- Peralta, N. (24 de Septiembre de 2010). *Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar:  
<http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2695/1/T0878-MT-Peralta-Industria%20maderera.pdf>
- Peralta, N. (2010). *Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar. Bolívar: <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2695/1/T0878-MT-Peralta-Industri>.
- Perdigones, J. (2011). *MF0996\_1: Limpieza del mobiliario interior*. Málaga: INNOVA.
- Perdomo, O. (2012). *¡Abre tu negocio... y vivirás en abundancia!* Bloomington: Palibrio.
- Pino, A. S. (2014). *Aplicación del ensayo curado acelerado en cilindros de horigon sometidos a compresion simple*. Quito: Pontifica universidad catolica del Ecuador.
- Puig-Durán, J. (2011). *Certificación y modelos de calidad en hostelería y restauración*. Madrid: Diaz de Santos.
- Quimbiulco, C. (3 de Marzo de 2012). *Dspace Universidad Central del Ecuador*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/903/1/T-UCE-0003-51.pdf>
- Repullo, J. (2006). *Sistemas y servicios sanitarios: Manuales de Dirección Médica y Gestión Clínica*. Madrid: Ediciones Días de Santos.
- Risco, L. (2013). *Economía de la empresa: Prueba de acceso a la Universidad para mayores de 25 años*. Bloomington: Palibrio.
- Rodríguez, R. (2014). *Técnicas de tapizado de mobiliario: TCPF0209. Operaciones auxiliares de tapizado de mobiliario y mural*. Madrid: IC Editorial .
- Ruano, C., & Sánchez, M. (2014). *UF0083: Diseño de Productos y servicios turísticos locales*. Málaga: IC Editorial.
- Sanjúan Barbudo, M. Á. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. Alicante: la Universidad de Alicante.

- Sanjúan Barbudo, M. Á., & Chinchón Yepes, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2012). *Transformación de la Matriz Productiva: Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano*. Quito : SENPLADES .
- Sescovich, S. (2009). *La gestión de personas: un instrumento para humanizar el trabajo*. Madrid: Libros en Red.
- Soto, E., Valenzuela, P., & Vergara, H. (2003). *Evaluación del impacto de la capacitación en la productividad*. Santiago de Chile : FUNDES.
- Valle, A. (1991). *Productividad: Las visiones neoclásica y marxista*. México, D.F. : UNAM.
- Villegas Martínez, C. A. (2013). *Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementica destinados a la construcción de viviendas de bajo costo*. Lima: Universidad Nacional .
- Villegas Martínez, C. A. (2013). *Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementica destinados a la construcción de viviendas de bajo costo*. Lima: Universidad Nacional.

## ANEXO 1



















## ANEXO 2

### Elaboración de la encuesta

1.- ¿La vivienda donde reside es?

Propia  Alquilada

2.- ¿Está usted de acuerdo en construir su vivienda en vez de comprarla ya construida con los materiales del concreto tradicional?

Totalmente de acuerdo  Parcialmente de acuerdo  En desacuerdo

3.- ¿Estaría usted de acuerdo en la implementación de nuevos métodos y técnicas en la construcción con materiales tradicionales?

Totalmente de acuerdo  Parcialmente de acuerdo  En desacuerdo

4.- ¿Conoce actualmente sobre otros métodos constructivos a parte del tradicional?

Si conoce  Conoce poco  No conoce

5.- ¿Estaría dispuesto a implementar nuevas técnicas en el diseño de concretos utilizando escoria de acero para vigas si se diera el caso?

Sí  No  No está seguro

6.- ¿Usted cree que sea posible la reutilización de la escoria de acero para el diseño de concretos utilizándolo como agregado grueso?

Es posible  No es posible  No está seguro

7.- ¿Qué opinión tiene respecto a este proyecto de investigación?

Es Positivo

Es Negativo

Ninguno

### ANEXO 3

Para el diseño del concreto utilizando escoria de acero

| Tabla 1-1. Revenimiento recomendado para varios tipos de construcción |                   |        |
|---|-------------------|--------|
| Construcción de concreto  | Revenimiento (mm) |        |
|   | Máximo *          | Mínimo |
| Zapatas y muros de cimentación reforzado                              | 75                | 25     |
| Zapatas, cajones y muros de subestructura sin refuerzo                | 75                | 25     |
| Vigas y muros reforzados  | 100               | 25     |
| Columnas de edificios   | 100               | 25     |
| Pavimentos y losas  | 75                | 25     |
| Concreto masivo   | 75                | 25     |

*\* Se puede aumentar 25mm para los métodos de consolidación manuales, tales como varillado o picado.*

| Tabla 1-2. Tipos de cementos y características   |                          |
|--|--------------------------|
| 2  | Masa específica relativa |
| Tipo <u>GU</u> (uso general)                     | 3.00                     |
| Tipo <u>HE</u> (alta resistencia temprana)       | 3.00                     |
| Tipo <u>HS</u> (alta resistencia a los sulfatos) | 3.05                     |
| Tipo <u>MH</u> (mediano calor de hidratación)    | 3.10                     |
| Tipo <u>LH</u> (bajo calor de hidratación)       | 3.10                     |

*\* Cementos fabricados por HOLCIM ECUADOR (2,95-3,10)*



**Tabla 1-3.** Resistencia a compresión media requerida cuando no hay datos disponibles para establecer la desviación estandar

| Resistencia a compresión específica,<br>$f'c$ , Mpa | Resistencia a compresión<br>media requerida, Mpa |
|---|--|
| menos de 21   | $f'c + 7$  |
| 21 a 35   | $f'c + 8,5$                                      |
| más de 35   | $1,10 f'c + 5,0$                                 |

**Tabla 1-4.** Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a la compresión del concreto

| Resistencia a compresión a los 28 días Mpa | Relación agua-material cementante en masa |                            |
|--|---|----------------------------|
|  | Concreto sin aire incluido                | Concreto con aire incluido |
| 45   | 0.38                                      | 0.31                       |
| 40   | 0.43                                      | 0.34                       |
| 35   | 0.48                                      | 0.40                       |
| 30   | 0.55                                      | 0.46                       |
| 25   | 0.62                                      | 0.53                       |
| 20   | 0.70                                      | 0.61                       |
| 15   | 0.80                                      | 0.72                       |

*En el caso de que la resistencia a compresión requerida sea mayor a los valores de la tabla, se recomienda realizar ensayos o basarse en trabajos ya realizados para seleccionar la relación agua-cemento*

| <b>Tabla 1-5.</b> Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado |     |   |      |     |     |      |     |     |     |
|---|-----|---|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| Revenimiento (mm)   |     | Agua, kilogramo por metro cúbico de concreto, para los tamaños de agregado grueso indicados |      |     |     |      |     |     |     |
|   |     | 9.5   | 12.5 | 19  | 25  | 37.5 | 50  | 75  | 150 |
| <b>Concreto sin aire incluido</b>   |     |   |      |     |     |      |     |     |     |
| 25  | 50  | 207   | 199  | 190 | 179 | 1.66 | 154 | 130 | 113 |
| 75  | 100 | 228   | 216  | 205 | 193 | 181  | 169 | 145 | 124 |
| 150   | 175 | 243   | 228  | 216 | 202 | 190  | 178 | 160 | -   |
| Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido (%)   |     | 3.0   | 2.5  | 2.0 | 1.5 | 1.0  | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| <b>Concreto con aire incluido</b>   |     |   |      |     |     |      |     |     |     |
| 25  | 50  | 181   | 175  | 168 | 160 | 150  | 142 | 122 | 107 |
| 75  | 100 | 202   | 193  | 184 | 175 | 165  | 157 | 133 | 119 |
| 150   | 175 | 216   | 205  | 197 | 184 | 184  | 166 | 154 | -   |
| Porcentaje del cont. de aire total recomendado, para el nivel de exposición, (%)  |     |   |      |     |     |      |     |     |     |
| Exposición leve   |     | 4.5   | 4.0  | 3.5 | 3.0 | 2.5  | 2.0 | 1.5 | 1.0 |
| Exposición moderada   |     | 6.0   | 5.5  | 5.0 | 4.5 | 4.5  | 4.0 | 3.5 | 3.0 |
| Exposición severa   |     | 7.5   | 7.0  | 6.0 | 6.0 | 5.5  | 5.0 | 4.5 | 4.0 |

| <b>Tabla 1-6.</b> Volumen del agregado grueso por volumen unitario del concreto |   |      |      |      |
|---|---|------|------|------|
| Tamaño máximo nominal del agregado (mm)   | Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino. |      |      |      |
|   | 2.40  | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 9.5   | 0.50  | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 12.5  | 0.59  | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 19  | 0.66  | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 25  | 0.71  | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 37.5  | 0.75  | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 50  | 0.78  | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 75  | 0.82  | 0.80 | 0.78 | 0.76 |
| 150   | 0.87  | 0.85 | 0.83 | 0.81 |