



**UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA**
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

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

INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESISTENCIAS DE UNA MEZCLA ESTÁNDAR DE
CONCRETO CON AGREGADOS ALTERNOS Y CONVENCIONALES**

INVESTIGACIÓN APLICADA

Innovación tecnológica

Diseño de materiales de construcción

Autor: Jaime Enrique López Olson

Director: Ing. MSc. Luis Mario Almache Sánchez

Cuenca – Ecuador

2018



DECLARACIÓN

Yo, Jaime Enrique López Olson, con C.I. 0104308101, declaro que el presente proyecto investigativo previo a la obtención del título de Ingeniero Civil, son de responsabilidad exclusiva del autor; y, que las consultas realizadas están con sus debidas referencias bibliográficas.

Jaime E. López O.

C.I. 0104308101



CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jaime Enrique López Olson, bajo mi supervisión.

Ing. MSc. Luis Mario Almache Sánchez

C.I. 0103401451



DEDICATORIA

A Dios por acompañarme en cada día de mi vida y con su ayuda a salir adelante, con fe y dedicación guio mi camino.

A mis padres Klever y Teresa, por su apoyo incondicional en mi vida personal y profesional.

A mi esposa e hijo que han sabido brindarme su apoyo y han sido mi compañía y soporte en el recorrido de este camino.

A mis hermanos que han sabido ayudarme en cada momento para salir adelante dentro de mi formación.

Al Ing. Luis Mario Almache, por su apoyo técnico en mi carrera profesional.



AGRADECIMIENTO

Dentro de la vida estudiantil se presentan muchos obstáculos es por eso que expreso mi agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Civil, a los profesores que me supieron compartir totalmente sus conocimientos, su sabiduría ayudando de manera categórica en la formación personal y profesional de los estudiantes.

De manera muy especial expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. Luis Mario Almache que ha sabido brindarme su tiempo y ayuda indispensable convirtiéndose en un pilar fundamental para la elaboración de esta investigación



ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| DECLARACIÓN | 2 |
| CERTIFICACIÓN | 3 |
| DEDICATORIA..... | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| RESUMEN..... | 16 |
| ABSTRACT | 17 |
| CAPITULO I..... | 18 |
| INTRODUCCIÓN | 18 |
| 1.1. ANTECEDENTES..... | 18 |
| 1.2. OBJETIVOS..... | 18 |
| 1.2.1. OBJETIVO GENERAL | 18 |
| 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 18 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 19 |
| 1.4. OBTENCIÓN DE MATERIALES..... | 19 |
| 1.4.1. GRAVA, GRANITO Y ARENA DE RIO | 20 |
| 1.4.2. ANDESITA Y PIZARRA | 20 |
| 1.4.3. PÓMEZ | 21 |
| 1.4.4. CUARZO | 21 |
| 1.4.5. BASALTO Y PUMITA | 22 |
| 1.4.6. ARENA DE SÍLICE..... | 23 |
| CAPITULO II..... | 24 |
| MARCO TEÓRICO | 24 |
| 2.1. FUNDAMENTOS DEL CONCRETO | 24 |
| 2.2. CEMENTOS PORTLAND..... | 25 |
| 2.2.1. CEMENTO PORTLAND TIPO I..... | 26 |
| 2.2.2. CEMENTO PORTLAND TIPO II | 26 |
| 2.2.3. CEMENTO PORTLAND TIPO III..... | 26 |
| 2.2.4. CEMENTO PORTLAND TIPO IV | 26 |
| 2.2.5. CEMENTO PORTLAND TIPO V..... | 26 |
| 2.3. AGUA DE MEZCLA PARA EL CONCRETO | 26 |
| 2.4. AGREGADOS ALTERNOS PARA LOS CONCRETOS | 27 |
| 2.4.1. ROCA ÍGNEA..... | 27 |
| 2.4.1.1. ANDESITA..... | 27 |
| 2.4.1.2. BASALTO | 28 |
| 2.4.1.3. GRANITO | 28 |
| 2.4.1.4. PÓMEZ..... | 29 |
| 2.4.1.5. PUMITA | 29 |
| 2.4.2. ROCAS METAMÓRFICAS..... | 30 |



| | | |
|---------------------------|---|----|
| 2.4.2.1. | PIZARRA | 30 |
| 2.4.3. | ROCA SEDIMENTARIA | 31 |
| 2.4.3.1. | GRAVA | 31 |
| 2.4.4. | MINERALES | 31 |
| 2.4.4.1. | CUARZO | 31 |
| 2.4.5. | ARENA DE RIO | 32 |
| 2.4.6. | ARENA DE SÍLICE..... | 32 |
| 2.5. | PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SIMPLE..... | 33 |
| 2.6. | DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE MÉTODO ACI | 33 |
| 2.6.1. | ELECCIÓN DEL REVENIMIENTO | 33 |
| 2.6.2. | ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO..... | 34 |
| 2.6.3. | CONTENIDO DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIRE | 34 |
| 2.6.4. | CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO | 35 |
| 2.6.5. | SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO | 36 |
| 2.6.6. | CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO..... | 36 |
| 2.6.7. | ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO..... | 36 |
| 2.6.8. | ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO..... | 37 |
| 2.6.9. | AJUSTES POR HUMEDAD DEL AGREGADO..... | 37 |
| CAPITULO III..... | | 38 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | | 38 |
| 3.1. | PROCESOS DE ELABORACIÓN DEL CONCRETO..... | 38 |
| 3.2. | MATERIALES | 39 |
| 3.3. | EQUIPOS..... | 39 |
| 3.4. | DOSIFICACIONES DEL CONCRETO CON MATERIALES ESTANDARIZADOS | 40 |
| 3.4.1. | SELECCIÓN DEL REVENIMIENTO | 40 |
| 3.4.2. | ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO..... | 41 |
| 3.4.3. | CALCULO DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIRE | 41 |
| 3.4.4. | DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO..... | 41 |
| 3.4.5. | SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO | 41 |
| 3.4.6. | CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO..... | 42 |
| 3.4.7. | ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO..... | 42 |
| 3.4.8. | ESTIMACIÓN DEL AGREGADO FINO..... | 42 |
| 3.4.9. | AJUSTES POR HUMEDAD DEL AGREGADO..... | 44 |
| 3.5. | ELABORACIÓN DE CONCRETOS UTILIZANDO LA DOSIFICACIÓN ESTANDARIZADA CON DIFERENTES AGREGADOS | 45 |
| 3.6. | ELABORACIÓN DE PROBETAS PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO | 48 |
| CAPITULO IV..... | | 50 |
| 4. | PROCESOS Y TIPOS DE PRUEBAS A REALIZAR | 50 |
| 4.1. | PRUEBA A COMPRESIÓN..... | 50 |
| 4.1.1. | DATOS Y FORMULAS PARA OBTENER LA CARGA A COMPRESIÓN EN kg/cm ² | 51 |
| 4.1.2. | DETERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD EN BASE A LA NEC Y ACI. | 51 |
| 4.1.3. | DETERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD EN BASE A LAS DEFORMACIONES UNITARIAS | 54 |
| CAPITULO 5..... | | 70 |



| | |
|--|-----------|
| 5. RESULTADO Y DISCUSIÓN | 70 |
| 5.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS | 70 |
| 5.1.1. TABULACIÓN DE LOS DATOS Y GRÁFICAS A COMPRESIÓN | 70 |
| 5.2. COSTOS Y BENEFICIOS | 76 |
| 5.2.1. COSTOS DE MATERIALES Y AGREGADOS | 76 |
| 5.2.3. BENEFICIOS | 81 |
| CONCLUSIONES | 82 |
| RECOMENDACIONES | 84 |
| BIBLIOGRAFÍA | 85 |
| ANEXOS | 86 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Normas de calidad de agua para empleo en morteros y concretos | 27 |
| Tabla 2.- Tipo de revenimiento según el tipo de construcción | 34 |
| Tabla 3.- Cantidad de agua | 35 |
| Tabla 4.- Para la resistencia promedio del concreto requerido | 35 |
| Tabla 5.- Relación agua cemento | 36 |
| Tabla 6.- Cantidad de agregado grueso | 37 |
| Tabla 7.- Combinaciones de agregados para las diferentes mezclas | 38 |
| Tabla 8.- Datos previos para el diseño | 40 |
| Tabla 9.- Porcentajes de absorción y humedad de los materiales | 40 |
| Tabla 10.- Interpolación relación agua cemento | 41 |
| Tabla 11.- Extrapolación del módulo de finura | 42 |
| Tabla 12.- Cantidad de agregados para 1 m ³ | 43 |
| Tabla 13.- Cantidades de agregados corregidos de Mezcla Estándar (Mezcla 5) | 45 |
| Tabla 14.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 1 | 45 |
| Tabla 15.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 2 | 45 |
| Tabla 16.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 3 | 46 |
| Tabla 17.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 4 | 46 |
| Tabla 18.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 6 | 46 |
| Tabla 19.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 7 | 46 |
| Tabla 20.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 8 | 46 |
| Tabla 21.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 9 | 47 |
| Tabla 22.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 10 | 47 |
| Tabla 23.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 11 | 47 |
| Tabla 24.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 12 | 47 |
| Tabla 25.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 13 | 47 |
| Tabla 26.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 14 | 48 |
| Tabla 27.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 15 | 48 |
| Tabla 28.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 16 | 48 |
| Tabla 29.- Cantidades de muestras mínimas | 50 |
| Tabla 30.- Módulos de elasticidad a los 7 días | 52 |
| Tabla 31.- Módulos de elasticidad a los 14 días | 52 |
| Tabla 32.- Módulos de elasticidad a los 28 días | 53 |
| Tabla 33.- Módulos de elasticidad calculados mezcla 1 | 55 |
| Tabla 34.- Módulos de elasticidad calculados mezcla 2 | 56 |
| Tabla 35.- Módulos de elasticidad calculados mezcla 3 | 56 |
| Tabla 36.- Módulos de elasticidad mezcla 4 | 57 |
| Tabla 37.- Módulos de elasticidad mezcla 5 | 58 |
| Tabla 38.- Módulos de elasticidad mezcla 6 | 58 |
| Tabla 39.- Módulos de elasticidad mezcla 7 | 59 |
| Tabla 40.- Módulos de elasticidad mezcla 8 | 60 |
| Tabla 41.- Módulos de elasticidad mezcla 9 | 60 |
| Tabla 42.- Módulos de elasticidad mezcla 10 | 61 |
| Tabla 43.- Módulos de elasticidad mezcla 11 | 62 |
| Tabla 44.- Módulos de elasticidad mezcla 12 | 62 |
| Tabla 45.- Módulos de elasticidad mezcla 13 | 63 |



| | |
|---|----|
| Tabla 46.- Módulos de elasticidad mezcla 14..... | 64 |
| Tabla 47.- Módulos de elasticidad mezcla 15..... | 64 |
| Tabla 48.- Módulos de elasticidad mezcla 16..... | 65 |
| Tabla 49.- Módulos de elasticidad calculados mezclas 1 a 16 | 66 |
| Tabla 50.-Módulos de elasticidad calculados mezclas 1 a 16 | 68 |
| Tabla 51.- Módulos de elasticidad calculados mezclas 1 a 16 | 69 |
| Tabla 52.- Resistencia de las mezclas a los 7 días..... | 71 |
| Tabla 53.- Resistencia de las mezclas a los 14 días..... | 72 |
| Tabla 54.- Resistencia de las mezclas a los 28 días..... | 73 |
| Tabla 55.- Costos de estudio | 76 |
| Tabla 56.- Costo 1 m3 de la mezcla 1. | 77 |
| Tabla 57.- Costo 1 m3 de la mezcla 2. | 77 |
| Tabla 58.- Costo 1 m3 mezcla 3..... | 77 |
| Tabla 59.- Costo 1 m3 mezcla 4..... | 77 |
| Tabla 60.- Costo 1 m3 mezcla 5..... | 78 |
| Tabla 61.- Costo de 1 m3 mezcla 6..... | 78 |
| Tabla 62.- Costo de 1 m3 mezcla 7..... | 78 |
| Tabla 63.- Costo de 1 m3 mezcla 8..... | 78 |
| Tabla 64.- Costo de 1 m3 mezcla 9..... | 79 |
| Tabla 65.- Costo de 1 m3 mezcla 10..... | 79 |
| Tabla 66.- Costo de 1 m3 mezcla 11..... | 79 |
| Tabla 67.- Costo de 1 m3 mezcla 12..... | 79 |
| Tabla 68.- Costo 1 m3 mezcla 13..... | 80 |
| Tabla 69.- Costo de 1 m3 mezcla 14..... | 80 |
| Tabla 70.- Costo 1 m3 mezcla 15..... | 80 |
| Tabla 71.- Costo de 1 m3 mezcla 16..... | 80 |
| Tabla 72.- Costo por m3 de cada mezclas con sus respectivas resistencias y pesos..... | 81 |



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1.- Ubicación de Toma de Muestras | 19 |
| Ilustración 2.- Taller Ronda Piedra | 20 |
| Ilustración 3.- Ubicación Toma de muestra Andesita y Pizarra | 20 |
| Ilustración 4.- Fabrica de Bloques el Fierro 2 | 21 |
| Ilustración 5.- Ubicación Toma de Muestra Pómez | 21 |
| Ilustración 6.- Guapan (Azogues) | 22 |
| Ilustración 7.- Ubicación Toma de Muestra del Cuarzo | 22 |
| Ilustración 8.- Cantera el Viejo Minero..... | 22 |
| Ilustración 9.- Ubicación Toma de Muestra de Basalto y Pumita | 23 |
| Ilustración 10.- Bodega de Almacenamiento Arena de Sílice | 23 |
| Ilustración 11.- Ubicación Toma de Muestra Arena de Sílice | 23 |



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|---|----|
| Foto 1.- Andesita | 28 |
| Foto 2.- Basalto | 28 |
| Foto 3.- Granito | 29 |
| Foto 4.- Pómez | 29 |
| Foto 5.- Pumita..... | 30 |
| Foto 6.- Pizarra | 30 |
| Foto 7.- Grava..... | 31 |
| Foto 8.- Cuarzo | 32 |
| Foto 9.- Arena de río | 32 |
| Foto 10.- Arena de Sílice | 33 |
| Foto 11.- Fase 1 - Corte de los tubo | 49 |
| Foto 12.- Fase 2 - Elaboración de las tapas | 49 |
| Foto 13.- Fase 3 - Acople de tapas con los tubos e impermeabilización | 49 |



ÍNDICE DE GRAFICAS

| | |
|--|----|
| Grafica 1.- Módulos de elasticidad mezclas 1 a 8 | 53 |
| Grafica 2.-Módulos de elasticidad mezclas 9 a 16 | 54 |
| Grafica 3.- Deformaciones unitarias mezcla 1 | 55 |
| Grafica 4.- Deformaciones unitarias mezcla 2 | 55 |
| Grafica 5.- Deformaciones unitarias mezcla 3 | 56 |
| Grafica 6.- Deformaciones unitarias mezcla 4 | 57 |
| Grafica 7.- Deformaciones unitarias mezcla 5 | 57 |
| Grafica 8.- Deformaciones unitarias mezcla 6 | 58 |
| Grafica 9.- Deformaciones unitarias mezcla 7 | 59 |
| Grafica 10.- Deformaciones unitarias mezcla 8 | 59 |
| Grafica 11.- Deformaciones unitarias mezcla 9 | 60 |
| Grafica 12.- Deformaciones unitarias mezcla 10 | 61 |
| Grafica 13.- Deformaciones unitarias mezcla 11 | 61 |
| Grafica 14.- Deformaciones unitarias mezcla 12 | 62 |
| Grafica 15.- Deformaciones unitarias mezcla 13 | 63 |
| Grafica 16.- Deformaciones unitarias mezcla 14 | 63 |
| Grafica 17.- Deformaciones unitarias mezcla 15 | 64 |
| Grafica 18.- Deformaciones unitarias mezcla 16 | 65 |
| Grafica 19.- Deformaciones unitarias mezcla 1 a 8. | 65 |
| Grafica 20.- Deformaciones unitarias mezcla 9 a 16 | 66 |
| Grafica 21.- Deformaciones unitarias mezclas 1 a 8 | 67 |
| Grafica 22.- Deformaciones unitarias mezclas 9 a 16 | 67 |
| Grafica 23.- Deformaciones unitarias mezclas 1 a 8 | 68 |
| Grafica 24.- Deformaciones unitarias mezclas 9 a 16 | 69 |
| Grafica 25.- Comportamiento de concretos de las mezclas 1 a 8 | 74 |
| Grafica 26.- Comportamiento del concreto de las mezclas 9 a 16 | 75 |



GLOSARIO DE TÉRMINOS

Biotita. - Variedad de mica, de color negro o verde oscuro, abundante en rocas magmáticas ácidas e intermedias y puede encontrarse también en rocas metamórficas de alta temperatura.

Cianita. – Pertenece a los silicatos.

Curado. – Proceso que se le da al concreto para mantener su hidratación y fraguado conveniente.

Diorita. - Piedra volcánica granuloso compuesta básicamente de feldespato, anfíbolita y mica.

Extrusiva. – Expresión de rocas eruptivas que han llegado a la superficie de la Tierra.

Feldespato. - Mineral constituyente de rocas, en la clasificación de las rocas ígneas. Rico en magnesio. Componente principal del manto superior de la Tierra.

Ferromagnesianos. - Son los minerales conformados principalmente por hierro y magnesio.

Foliada. – es aquella representación de la forma, textura en láminas o bandas.

Granate. – Es un mineral compuesto de silicato, en general de color rojo, utilizada como piedra semipreciosa.

Guijos. - Conjunto de guijas o pequeñas piedras usadas para cubrir y allanar los caminos.

Intrusivas. - Resulta de la solidificación de magma ascendente entre las rocas solidas de la corteza terrestre ya existente.

Mica. - Es aquel mineral que forma algunas capaz de láminas flexibles, blandas, brillantes y delgadas que se puede utilizar como un aislador eléctrico.

Moscovita. - Mica potásica incolora, de brillo naranjado, con reflejos metálicos, como aislante eléctrico.

Olivino. – Es un material de silicato que está constituido por hierro y magnesio de color amarillo o verde que se las puede encontrar en rocas volcánicas.

Ortoclasa. – Es aquel mineral que forman las rocas.

Pirita. – es un mineral que está compuesto por sulfuro de hierro, tienen un brillo metálico empleada en la composición del ácido sulfúrico.

Piroxeno. – Es un Mineral el cual está compuesto de calcio, hierro y magnesio, de color negro o verde oscuro, se encuentra en su mayor parte en las rocas eruptivas.

Plagioclasa. - Nombre dado a los feldespatos que contienen calcio y sodio.

Riolitas. - Roca volcánica conformada en su mayor parte de sílice, principalmente por fenocristales de cuarzo y feldespato alcalino.

Silicatos. – es un mineral de mayor abundancia, ya que forman parte del 90% de la corteza terrestre, son los minerales que forman las rocas.



Vulcanismo. - Teoría geológica que atribuye la formación de la corteza terrestre a la acción del fuego interior, del cual son efecto los volcanes.

Yacimiento. – es el lugar donde podemos encontrar de forma natural los minerales, cuando pueden ser objeto de explotación.

Zeolitas. - son minerales aluminosilicatos microporosos.



RESUMEN

Esta investigación se orienta al análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales; y, según los resultados obtenidos en el proceso de estudio, se ha encontrado las diferencias entre cada diseño.

Las cantidades empleadas en el diseño estándar, son las mismas para los materiales alternos que se utilizaron en la investigación, considerando únicamente los porcentajes de absorción y de humedad de los materiales alternos.

Se elaboraron 16 mezclas; 8 mezclas con agregados gruesos (Andesita, Basalto, Cuarzo, Granito, Grava, Pizarra, Pómez, Pumita) sumándoles la arena de río; y, 8 con los mismos agregados gruesos con la arena de sílice como agregado fino.

Se utilizó una prensa para realizar los ensayos, donde se registró los datos de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días, está de acuerdo a la norma NTE INEN 3124.

Para llevar un registro estadístico se realizó el análisis comparativo, entre las resistencias obtenidas de la mezcla estándar de concreto con las respectivas mezclas elaboradas.

Se pudo observar una sustancial variación, entre las mezclas de arena de río y arena de sílice. La composición entre la arena de sílice y el cuarzo, presentó la mayor resistencia de las 16, de igual forma presentó el mayor peso volumétrico, esto debido a la dureza del cuarzo, al módulo de finura de la arena de sílice y a la pureza de los agregados.

Palabras claves: DISEÑO ESTÁNDAR, AGREGADOS ALTERNOS, RESISTENCIA A COMPRESIÓN, ANÁLISIS COMPARATIVO, MEZCLAS.



ABSTRACT

This research is oriented to the comparative analysis of resistances of a standard concrete mix with alternate and conventional aggregates; and, according to the results obtained in the study process, the differences between each design have been found.

The quantities used in the standard design are the same for the alternate materials that were used in the investigation, considering only the percentages of absorption and humidity of the alternate materials.

Sixteen mixtures were made; 8 mixtures with coarse aggregates (Andesite, Basalt, Quartz, Granite, Gravel, Slate, Pumice, Pumita) adding the river sand; and, 8 with the same coarse aggregates with the silica sand as fine aggregate.

A press was used to perform the tests, where the data of resistance to compression was recorded at 7, 14 and 28 days, is in accordance with the NTE INEN 3124 standard.

To carry out a statistical record, a comparative analysis was carried out between the resistances obtained from the standard concrete mix with the respective elaborated mixtures.

A substantial variation could be observed between the mixtures of river sand and silica sand. The composition between silica sand and quartz, showed the highest resistance of the 16, also presented the highest volumetric weight, this due to the hardness of the quartz, the fineness module of the silica sand and the purity of the aggregates

Keywords: STANDARD DESIGN, ALTERNATE ADDED, COMPRESSION RESISTANCE, COMPARATIVE ANALYSIS, MIXTURES.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.ANTECEDENTES.

El concreto presenta varias bondades con respecto a otro tipo de materiales dentro de la construcción, todo esto enfocado a que el concreto hoy en día, se elabora prioritariamente con los agregados como es la grava (agregado grueso), y la arena natural (agregado fino).

La investigación se enfoca en las resistencias de diferentes muestras generadas en base a una mezcla estándar de concreto. Utilizando la misma dosificación, se mezclarán diferentes agregados, para compararlos y obtener sus diferentes bondades entre ellos.

Los agregados a ser utilizados para las diferentes mezclas son;

- Rocas ígneas: andesita, basalto, granito, pómez, pumita.
- Rocas metamórficas: pizarra.
- Rocas sedimentarias: grava.
- Minerales: cuarzo.

Dentro del análisis y comparación de estos concretos es fundamental determinar los pesos volumétricos, pesos específicos secos, pesos específicos saturados superficialmente secos, peso específico aparente, porcentaje de absorción, módulo de finura y tamaños máximos de todos y cada uno de los agregados y con estos datos poder realizar la dosificación requerida para el estudio.

Al realizar los ensayos a la comprensión se generan las gráficas a ser comparadas entre los diferentes tipos de concreto, obteniendo sus módulos de elasticidad y deformaciones unitarias.

Para llevar a cabo el presente estudio se va realizar 4 cilindros de cada material, esto requiere el disponer de 64 probetas, para las cuales se generaron los moldes respectivos.

1.2.OBJETIVOS.

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Analizar y comparar las resistencias de una mezcla estándar de concreto, con agregados alternos y convencionales.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar el tamaño máximo de agregados, pesos volumétricos, pesos específicos secos, pesos específicos saturados superficialmente secos, pesos específicos aparentes, porcentajes de absorción de los agregados gruesos utilizados en la fabricación de hormigones.
- Determinar pesos volumétricos, peso específico seco, pesos específicos saturados superficialmente secos, pesos específicos aparentes, porcentajes de absorción, módulo de finura de los agregados finos utilizados en la fabricación de hormigones.

- Diseñar una mezcla de concreto con materiales estandarizados como cemento, arena, grava, agua.
- Utilizar el diseño de la mezcla estándar para elaborar concretos con la misma cantidad de materiales, con diferentes agregados.
- Realizar las probetas para la fabricación de hormigones.
- Someter las muestras a ensayos de cargas axiales.
- Obtener los módulos de elasticidad de los concretos.
- Determinar las deformaciones unitarias de los concretos.
- Realizar el análisis comparativo de resultados.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

Cada día se está indagando en optimizar las técnicas y determinar nuevos materiales para la construcción, teniendo en cuenta que se debe elaborar o diseñar un producto que sea viable y a la vez amigable y/o que favorezca al ambiente de manera positiva.

En la elaboración de concretos con diferentes tipos de agregados, permitirá demostrar los beneficios que tiene cada uno de los materiales utilizados, permitiendo descartar los que presenten resultados desfavorables de acuerdo al uso que se les da. Cada uno de estos materiales tienen diferentes propiedades por ende la resistencia y pesos del concreto varía.

En etapas de aprendizaje están expuestos a diferentes tipos de problemas, como son encontrar los materiales idóneos para cada tipo de concreto que se requiere.

El estudio realizado es de gran importancia en el campo de la construcción, tomando diferentes tipos de rocas y minerales. Consiste en el análisis comparativo de una mezcla estándar de concreto, con agregados alternos.

1.4. OBTENCIÓN DE MATERIALES.

La ilustración 1 presenta las zonas de obtención de los materiales.



Ilustración 1.- Ubicación de Toma de Muestras
(Fuente: Google Earth)



1.4.1. GRAVA, GRANITO Y ARENA DE RIO

La grava como la arena de río son materiales muy comunes dentro de la ciudad de Cuenca, por lo que su obtención no presenta mayor dificultad ya que se encuentra en cualquier medio de distribución de materiales de construcción como son ferreterías, minas, lugares de stock de materiales granulares entre otros.

La grava y arena utilizada para la investigación son de fuente del autor, ya que conto con las cantidades necesarias, adquiridas previamente, al igual que el granito.

1.4.2. ANDESITA Y PIZARRA

Estos materiales no son comunes en la ciudad de Cuenca. Para la ubicación de estos se contó con la ayuda de un taller artesanal ubicado en la localidad de Rumihurco Bajo (Azogues), conocido como Taller Ronda Piedra. El cual dispone dentro de sus instalaciones con estos dos materiales donde se procedió a su adquisición para el estudio.

La ilustración 2 presenta el lugar donde se obtuvo los materiales andesita y pizarra.



*Ilustración 2.- Taller Ronda Piedra
(Fuente: Autor)*

La ilustración 3 presenta la ubicación de donde se obtuvo los materiales andesita y pizarra.



*Ilustración 3.- Ubicación Toma de muestra Andesita y Pizarra
(Fuente: Google Earth)*

Ubicación:

Norte 9691447,86, Este 737746,91, Altura 2419 m.



1.4.3. PÓMEZ

La piedra pómez es un material muy utilizado en la fabricación de bloques dentro de la ciudad de Cuenca, se la encontró en la fábrica de Bloques el Fierro 2 ubicada en Rayo Loma (Cuenca).

La ilustración 2 presenta el lugar donde se obtuvo la piedra pómez.



Ilustración 4.- Fabrica de Bloques el Fierro 2
(Fuente: Autor)

La ilustración 3 presenta la ubicación de donde se obtuvo la piedra pómez.



Ilustración 5.- Ubicación Toma de Muestra Pómez
(Fuente: Google Earth)

Ubicación:

Norte 9677949,33, Este 727025,63, Altura 2549 m.

1.4.4. CUARZO

De acuerdo a estudios previos e investigación realizada se encontró este material en la zona de Guapan (Azogues), donde se extrajo este material para su análisis.



La ilustración 6 presenta el lugar donde se obtuvo el cuarzo.



*Ilustración 6.- Guapan (Azogues)
(Fuente: Autor)*

La ilustración 7 presenta la ubicación donde se obtuvo el cuarzo.



*Ilustración 7.- Ubicación Toma de Muestra del Cuarzo
(Fuente: Google Earth)*

Ubicación:

Norte 9700217,47, Este 739482,36, Altura 2667 m.

1.4.5. BASALTO Y PUMITA

Estos tipos de rocas al ser de origen volcánica, no es factible encontrarlas dentro de la ciudad de Cuenca, las mismas se obtuvieron en la Cantera El Viejo Minero Ubicada a la entrada de Baños de Agua Santa.

La ilustración 8 presenta la mina donde se obtuvo el basalto y pumita.



*Ilustración 8.- Cantera el Viejo Minero
(Fuente: Autor)*

La ilustración 9 presenta la ubicación de la mina donde se obtuvo el basalto y la pumita.



Ilustración 9.- Ubicación Toma de Muestra de Basalto y Pumita
(Fuente: Google Earth)

Ubicación:

Norte 9844255,35, Este 781360,59, Altura 2019 m.

1.4.6. ARENA DE SÍLICE

La arena de sílice, es un material que se encuentra en la provincia de Zamora Chinchipe en una bodega de Almacenamiento S/N ubicada a 3 km de la Saquea.

La ilustración 10 presenta la bodega de donde se obtuvo la arena de sílice.



Ilustración 10.- Bodega de Almacenamiento Arena de Sílice
(Fuente: Autor)

La ilustración 11 presenta la ubicación de donde se obtuvo la arena de sílice.



Ilustración 11.- Ubicación Toma de Muestra Arena de Sílice
(Fuente: Google Earth)

Ubicación:

Norte 9565208,51, Este 739792,70, Altura 1115 m.



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTOS DEL CONCRETO.

El concreto (hormigón) es básicamente una mezcla de dos componentes; agregados y pasta. La pasta compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada, piedra machacada, pedrejón), creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua. (Portland Cement Association, 2004)

Generalmente los agregados (áridos) se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos pueden ser arena natural o artificial (manufacturadas) con partículas de hasta 9,5mm (3/8 plg); agregados gruesos son partículas retenidas en la malla 1,18 mm (tamiz no.16) y pueden llegar hasta 150 mm (6plg). El tamaño máximo del agregado grueso comúnmente empleado es de 19mm o de 25mm (3/4 o 1plg). Un agregado tamaño intermedio, cerca de 9,5 mm (3/8 plg), algunas veces adicionado para mejorar la granulometría general del agregado. (Portland Cement Association, 2004)

La pasta se compone de materiales cementantes, agua y aire atrapado o aire incluido (interiormente incorporado). La pasta constituye aproximadamente del 25% hasta el 40% del volumen total del concreto. El volumen absoluto del cemento esta normalmente entre 7% y 15% y el volumen del agua está entre 14% y 21%. El contenido de aire atrapado varia del 4% hasta 8% del volumen. (Portland Cement Association, 2004)

Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es muy importante. Los agregados deben componerse de partículas con resistencia mecánica adecuada y con resistencia a las condiciones de exposición y no deben contener materiales que puedan causar deterioro del concreto. La granulometría continua de tamaños de partículas es deseable para el uso eficiente de la pasta. (Portland Cement Association, 2004)

La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. En un concreto adecuadamente confeccionado, cada y toda partícula de agregado es completamente cubierta por la pasta y todos los espacios entre las partículas de agregados se llenan totalmente con pasta. (Portland Cement Association, 2004)

Para cualquier grupo de materiales y condiciones de curado, la calidad del concreto endurecido es fuertemente influenciada por la cantidad de agua usada con la relación de cemento. Cuando grandes cantidades de agua son innecesariamente empleadas, ellas diluyen la pasta de cemento (la cola o pegamento de concreto). Las ventajas de la disminución de la cantidad de agua son:

- Aumento de la resistencia a la compresión (resistencia en compresión) y de la resistencia a flexión.



- Disminución de la permeabilidad, entonces disminución de la absorción y aumento de la estanquidad (hermeticidad).
- Aumento de la resistencia a la interperie.
- Mejor unión entre concreto y armadura.
- Reducción de la contracción (retracción, encogimiento) y de la fisuración (agrietamiento fisuramiento)
- Menores cambios de volumen causado por el humedecimiento y el secado.

Cuando menos agua se usa mejor es la calidad del concreto, si es que a mezcla se puede consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezcla (mezclado) resultan en mezclas más rígidas (secas); pero, con vibración, aun las mezclas más rígidas pueden ser fácilmente colocadas. Por lo tanto, la consolidación 'por vibración permite una mejoría de la calidad del concreto. (Portland Cement Association, 2004)

Tanto las propiedades del concreto fresco (plástico) como del concreto endurecido se pueden cambiar con la adición al concreto de aditivos químicos, normalmente en forma líquida, durante la dosificación. Los aditivos químicos comúnmente se emplean para, ajuste de tiempo de fraguado, reducción de la demanda de agua, aumento de la trabajabilidad (manejabilidad, docilidad), la inclusión intencional de aire y el ajuste de otras propiedades de concreto fresco o endurecido. (Portland Cement Association, 2004)

Después de terminar el proporcionamiento, dosificación, hormigonado, consolidación, terminado, y curado adecuados, el concreto se endurece, se transforma en un material no-combustible, durable, resistente a la abrasión e impermeable lo cual requiere poca o ninguna conservación (mantenimiento). Además, el concreto es un excelente material de construcción porque se lo puede moldear en una gran variedad de formas, colores y texturas para ser utilizado en un número ilimitado de aplicaciones. (Portland Cement Association, 2004)

2.2. CEMENTOS PORTLAND.

Los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos hidráulicos de calcio. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen por la reacción química con el agua. Durante la reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una masa similar a una piedra, llamada pasta. Cuando se adiciona la pasta (cemento y agua) a los agregados (arena y grava, piedra triturada piedra machacada, pedrejón u otro material granular), la pasta actúa como un adhesivo y une los agregados para formar el concreto, el material de construcción más versátil y más usado en el mundo. (Portland Cement Association, 2004)

El proceso de manufactura del cemento consiste esencialmente, en la trituración de los materiales crudos (calizas y arcillas); su mezcla en proporciones apropiadas; y su calcinación a una temperatura aproximada de 1400°C, dentro de un cilindro rotativo, lo que provoca una fusión parcial del material, conformándose bolas del producto llamadas Clinker. El Clinker es enfriado y luego es molido junto con el yeso hasta convertirlo en un polvo fino llamado cemento Portland. (Portland Cement Association, 2004)



Los diferentes tipos de cementos portland son:

2.2.1. CEMENTO PORTLAND TIPO I

Se los conoce como cemento portland ordinario, que es de mayor utilización en el mercado. Se lo utiliza en hormigones normales que no están expuestos a sulfatos en el ambiente, en el suelo o en el agua del subsuelo. (Marcelo Romo Proaño, 2008)

2.2.2. CEMENTO PORTLAND TIPO II

Son cementos con propiedades modificadas para cumplir propósitos especiales, como cementos antibacteriales que pueden usarse en piscinas; cementos hidrófobos que se deterioran muy poco en contacto con sustancias agresivas líquidas; cementos de albañilería que se los emplea en la colocación de mampostería; cementos impermeabilizantes que se los utiliza en elementos estructurales en que se desea evitar las filtraciones de agua u otros fluidos, etc. (Marcelo Romo Proaño, 2008)

2.2.3. CEMENTO PORTLAND TIPO III

Son los cementos de fraguado rápido, que suelen utilizarse en obras de hormigón que están en contacto con fluidos de agua durante su construcción o en obras que pueden inestabilizarse rápidamente durante la construcción. (Marcelo Romo Proaño, 2008.)

2.2.4. CEMENTO PORTLAND TIPO IV

Son los cementos de fraguado lento, que produce poco calor e hidratación. Se los emplea en obras que contienen grandes volúmenes continuos de hormigón como las presas, permitiendo controlar el calor emitido durante el proceso de fraguado. (Marcelo Romo Proaño, 2008)

2.2.5. CEMENTO PORTLAND TIPO V

Son cementos resistentes a los sulfatos que pueden estar presentes en los agregados del hormigón o en el propio medio ambiente. La presencia de sulfatos junto con otros tipos de cementos provoca la desintegración progresiva del hormigón y la destrucción de la estructura interna del material compuesto. (Marcelo Romo Proaño, 2008.)

2.3. AGUA DE MEZCLA PARA EL CONCRETO

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se la puede usar como agua de mezcla (de mezclado, de amasado) para la preparación del concreto. Sin embargo, también se pueden emplear en concreto



algunas aguas que no se consideran potables. (Portland Cement Association, 2004).

El exceso de impurezas en el agua de mezcla no sólo puede afectar el tiempo de fraguado y las resistencias del concreto, sino también puede causar eflorescencias, manchado, corrosión del refuerzo, inestabilidad del volumen y reducción de la durabilidad. Por lo tanto, se pueden establecer ciertos límites opcionales para cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de mezcla o se pueden realizar ensayos adecuados para la determinación del efecto de las impurezas sobre varias propiedades. Algunas impurezas pueden tener un pequeño efecto sobre la resistencia y el tiempo de fraguado y aun afectar la durabilidad y otras propiedades. (Portland Cement Association 2004)

La tabla 1 expone las normas de calidad de agua a considerar en Ecuador.

| País | Norma | Nombre de la norma |
|---------|------------|--|
| Ecuador | 1 855-1:01 | Hormigón premezclado; requisitos |
| | 1 855-2:02 | Hormigón preparado en obra; requisitos |

*Tabla 1 Norma de calidad de agua para empleo en morteros y concretos
Fuente: Portland Cement Association*

2.4. AGREGADOS ALTERNOS PARA LOS CONCRETOS

2.4.1. ROCA ÍGNEA

Las rocas ígneas no presentan estratificaciones intrusivas o extrusivas, pueden ser de granos toscos, finos o cristalinos. Se componen de minerales que cristalizaron de rocas fundidas. (MINERALES Y ROCAS, BASIL BOOTH)

Los minerales se forman en las rocas ígneas cuando un magma fundido solidifica. Los minerales más densos, los silicatos ferromagnesianos tales como olivino y piroxeno, se forman a mayor temperatura mientras que los menos densos, tales como feldespato y cuarzo, se encuentran al final del enfriamiento; todos crecen sin limitación y su forma cristalina está desarrollada. (ROCAS Y MINERALES, CHRIS PELLANT)

2.4.1.1. ANDESITA

La andesita es una roca ígnea común, producto del vulcanismo y recibe un nombre de la cordillera de los Andes en América del Sur. Tiene básicamente la misma composición química que la Diorita, pero es de grano fino y puede contener algunos cristales nítidos y rectangulares de plagioclasa, de más de 3 mm de largo. (GEOLOGÍA PARA INGENIEROS GEOTÉCNICOS, HARVEY)



Fotografía 1 presenta la roca andesita.



*Foto 1.- Andesita
(Fuente: Autor)*

2.4.1.2. BASALTO

El basalto, es una roca volcánica extrusiva común, de grano fino, se puede encontrar en todo el mundo. Se forma cuando la lava se enfría rápidamente en contacto con el aire. La mayoría de las formas son pardas o negras, y normalmente tienen un tinte púrpureo. La proporción del contenido mineral varía significativamente, siendo sus principales componentes feldespato, olivino, plagioclasa y sílice, junto con diversos compuestos de hierro, sodio, calcio, magnesio y aluminio. (ROCAS Y MINERALES, JAMES LAGOMARSINO)

Fotografía 2 presenta el basalto.



*Foto 2.- Basalto
(Fuente: Autor)*

2.4.1.3. GRANITO

Granular compuesto de feldespatos y cuarzo, con elementos accesorios biotita y moscovita. Un feldespato puede ser color carne y el otro es blanco. El feldespato blanco puede presentar estriaciones gemelas características de las plagioclasas; el otro feldespato se podría decir que es casi una ortoclasa. El cuarzo aparece como grano gris brillante. La biotita es negra y la moscovita es blanca o plateada y ambas brillan o relucen si son reflejadas por la luz. (MINERALES Y ROCAS, BASIL BOOTH)



Fotografía 3 presenta el granito



Foto 3.- Granito
(Fuente: Autor)

2.4.1.4. PÓMEZ

Es una roca ligera que se forma durante las erupciones volcánicas cuando un material piroclástico fundido es arrojado a gran altura en el aire. A medida que se enfría y se endurece, atrapa bolsas de aire por toda su estructura. A consecuencia de ello, suele tener una porosidad del 90% aproximadamente. Muchas variedades son lo bastante ligeras como para flotar en el agua. Suele presentar un color muy claro, que va del blanco al gris. La piedra pómez se ha empleado para fabricar hormigón ligero. (ROCAS Y MINERALES, JAMES LAGOMARSINO)

Fotografía 4 presenta la pómez



Foto 4.- Pómez
(Fuente: Autor)

2.4.1.5. PUMITA

Roca ligera, porosa de igual composición que la riolita. Puede contener una gran variedad de cristales de silicatos como feldespatos y minerales ferromagnesianos, y también una considerable cantidad de vidrio. Se tiende a usar pumita como termino textual para indicar las lavas vesiculares que pueden parecer espuma. Tiene una textura escoriácea con muchos huecos y cavidades. Las vesículas pueden estar juntas y formar conductos alargados y tubos a través de la roca. Las zeolitas pueden llenar estas cavidades. La densidad de la pumita es tan baja que puede flotar en el agua. Se forma en lavas espumosas asociadas con erupciones volcánicas riolíticas. Cuando la erupción se produce en el mar, masas de pumita pueden derivar a grandes distancias. La pumita se puede también formar en erupciones volcánicas en tierra”. (ROCAS Y MINERALES, CHRIS PELLANT)



Fotografía 5 presenta la pumita



Foto 5.- Pumita
(Fuente: Autor)

2.4.2. ROCAS METAMÓRFICAS

Son rocas ígneas o sedimentarias que han sido alteradas por el calor o/y la presión. Ya que se derivan de rocas ígneas, sedimentarias o hasta metamórficas, que previamente existieron, su apariencia es variable. (ROCAS Y MINERALES, CHRIS PELLANT)

En las rocas metamórficas se forman un gran número de minerales entre los cuales se encuentran el granate, la mica y la cianita. La temperatura y la presión pueden alterar la química de la roca preexistente y crear nuevos minerales; o los fluidos que circulan a través de la roca, pueden añadir elementos adicionales. (ROCAS Y MINERALES, CHRIS PELLANT)

2.4.2.1. PIZARRA

Grisáceo, de granulación muy fina roca foliada que se disgrega en finas laminas. Algunas veces contienen cristales bien formados de pirita. Se encuentran en paisajes o terrenos metamórficos. Generalmente se presentan en tonos grises intermedios a oscuros, pero a veces presenta color ante. Su textura es laminada y granulada de finos granos, está compuesta por mica, cuarzo y otros minerales que solo pueden ser identificados por rayos X. (MINERALES Y ROCAS, BASIL BOOTH).

Fotografía 5 presenta la pizarra



Foto 6.- Pizarra
(Fuente: Autor)



2.4.3. ROCA SEDIMENTARIA

Las rocas sedimentarias son generalmente estratificadas, de fina granulación o compuesta de fragmentos de otras rocas más antiguas de las cuales están se derivan como guijarros, arena, fragmentos angulares de otras rocas más viejas, conchas rotas, granos redondeados de minerales y alteraciones minerales como las arcillas. Las calizas son fáciles de identificar porque son efervescentes si se diluyen en ácido clorhídrico. Muchas de las rocas sedimentarias también contienen fósiles. (MINERALES Y ROCAS, BASIL BOOTH)

2.4.3.1. GRAVA

Cantos, guijarros o guijos, dispuestos en una matriz, a veces parecen hormigón. Variable dependiendo del tipo de fragmentos de roca. Su granulosisidad es variable, está compuesta de fragmentos redondeados de roca emplazados en una matriz de granos más finos. Proviene de playas, lagos y ríos que son depósitos de cantos, guijarros y gravilla. A menudo se encuentran cerca de depósitos de arena y arcosas. Agregados, ornamental cuando aparece en formas de alta compactividad que se cortan y se pulen. (MINERALES Y ROCAS, BASIL BOOTH)

Fotografía 7 presenta la grava



Foto 7.- Grava
(Fuente: Autor)

2.4.4. MINERALES

Un mineral se origina por procesos naturales inorgánicos y tiene una composición que puede ser fija o variable dentro de un limitado rango, y una estructura atómica que puede ser expresada de forma cristalina, además de otras propiedades las que permiten que los minerales y rocas sean identificados en el propio yacimiento. (MINERALES Y ROCAS, BASIL BOOTH)

2.4.4.1. CUARZO

Es un mineral duro y químicamente resistente. Forma hermosos racimos de cristales en cavidades de rocas y se presenta en muy diversos colores: muchos de estos conjuntos son transparentes y forman las gemas. Es el principal constituyente de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. Durante los procesos de cristalización, los elementos se combinan con la sílice



restante forma el cuarzo. (GEOLOGÍA PARA INGENIEROS
GEOTÉCNICOS, HARVEY)

Fotografía 8 presenta el cuarzo.



*Foto 8.- Cuarzo
(Fuente: Autor)*

2.4.5. ARENA DE RIO

La arena es el producto del desgaste de las piedras al darse golpes movidas por la corriente de los ríos. Igualmente es el origen y materia básica para la formación de piedras en los ríos, ya que al sedimentarse se aglutinan y compactan, pegándose un grano con otro ya sea con cementos naturales, con arcillas o simplemente por la acomodación que producen las grandes presiones. (MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN, CHINCHILLA P.)

Se presentan en granos, unos más grandes que otros, nunca mayores a 6,5 mm, lo que nos permite al cribarla (separar granos finos de gruesos), separarla y clasificarla por el tamaño de sus granos, obteniendo arena fina y gruesa. Esto se realiza por medio de tamices en laboratorios o en la obra. (MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN, CHINCHILLA P.)

La arena lavada es aquella que posterior a un proceso de lavado pierde el fango y las impurezas que la contaminan, esta es usada en la preparación de hormigones y morteros. (MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN, CHINCHILLA P.)

Fotografía 9 presenta la arena de río.



*Foto 9.- Arena de río
(Fuente: Autor)*

2.4.6. ARENA DE SÍLICE



La arena de sílice está formada de cristales de cuarzo, los cuales se encuentran en abundancia en la corteza terrestre. Los cristales se extraen mediante minería y posteriormente se procesan en los diversos grados de arena de sílice. También conocida como arena de cuarzo o arena industrial. (CONSEJO DE INVESTIGACIÓN DE ALBERTA).

Las características de la arena de sílice que determinan su uso son limpieza, color; así como tamaño, forma, rango del tamaño de partículas y refractariedad del grano. (CONSEJO DE INVESTIGACIÓN DE ALBERTA)

Fotografía 10 presenta la arena de sílice.



Foto 10.- Arena de Sílice
(Fuente: Autor)

2.5. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO SIMPLE

El hormigón simple es el concreto estructural sin refuerzo o con falta refuerzo que el mínimo detallado para concreto reforzado y dentro de sus características se tiene:

Estado Fresco:

- Docilidad
- Homogeneidad
- Revenimiento

Estado Endurecido:

- Resistencia a la comprensión (f'_c).
- Resistencia corte iguales $\sqrt{f'_c}$.
- Resistencia a tensión iguales a $1,5\sqrt{f'_c}$.

2.6. DISEÑO DE CONCRETO SIMPLE MÉTODO ACI

El procedimiento a utilizar para la investigación es el ACI 211. Para el diseño de concreto simple se utiliza nueve pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, conteniendo el ajuste por humedad de los agregados.

Los mismos se detallan a continuación:

2.6.1. ELECCIÓN DEL REVENIMIENTO



La tabla 2 expone los diversos tipos de construcción para la elección del revenimiento.

| Revenimientos recomendados para diversos tipos de construcción | | |
|--|--------------------|--------|
| Tipos de Construcción | Revenimiento en cm | |
| | Máximo | Mínimo |
| Muros de cimentación y zapatas reforzadas | 8 | 2 |
| Zapatas, campanas y muros de subestructura sencillos | 8 | 2 |
| Vigas y muros reforzados | 10 | 2 |
| Columnas para edificios | 10 | 2 |
| Pavimentos y losas | 8 | 2 |
| Concreto masico | 5 | 2 |

Tabla 2.- Tipo de revenimiento según el tipo de construcción
Fuente ACI 211

2.6.2. ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

“Los agregados de mayor tamaño mejor escogidos poseen menos huecos que los agregados de menor tamaño, por lo que los concretos con agregado mayor ocupan menos mortero por volumen unitario de concreto”. (ACI 211).

“El agregado debe guardar una relación con las dimensiones de la estructura, el tamaño máximo no debe exceder el 1/5 de la menor dimensión de la estructura, 1/3 del espesor de la losa, ni los $\frac{3}{4}$ del espacio libre mínimo entre varillas”. (ACI 211).

2.6.3. CONTENIDO DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIRE

Requerimientos aproximados para dosis de agua (kg/m³) y contenido de aire (%) para diferentes trabajabilidades y tamaños máximos nominales de áridos. (Adaptado ACI 211).



La tabla 3 presenta la cantidad de agua para 1 m³ de concreto.

| Requisitos aproximados. De agua de mezclado y contenido de aire para diferente revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Revenimiento (cm) Agua (kg/m ³) de concreto para los tamaños máximos nominales de agregado (mm) | | | | | | | | |
| Trabajabilidad (cm) | Tamaño máximo del agregado (mm) | | | | | | | |
| | 10 | 12,5 | 20 | 25 | 40 | 50 | 70 | 150 |
| Concreto sin aire incluido | | | | | | | | |
| De 3 a 5 | 205 | 200 | 185 | 180 | 160 | 155 | 145 | 125 |
| De 8 a 10 | 225 | 215 | 200 | 195 | 175 | 170 | 160 | 140 |
| De 15 a 18 | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 | ---- |
| Cantidad de aire aproximada. Atrapada en concreto sin inclusion de aire (%) | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,3 | 0,2 |
| Concreto con aire incluido | | | | | | | | |
| De 3 a 5 | 180 | 175 | 165 | 160 | 145 | 140 | 135 | 120 |
| De 8 a 10 | 200 | 190 | 180 | 175 | 160 | 155 | 150 | 135 |
| De 15 a 18 | 215 | 205 | 190 | 185 | 170 | 165 | 160 | ---- |
| Promedio recomendado del contenido total de aire, porcentaje de acuerdo al nivel de exposicion. | | | | | | | | |
| Ligera | 4,5 | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 | 1,5 | 1 |
| Moderada | 6 | 5,5 | 5 | 4,5 | 4,5 | 4 | 3,5 | 3 |
| Severa | 7,5 | 7 | 6 | 6 | 5,5 | 5 | 4,5 | 4 |

Tabla 3.- Cantidad de agua

Fuente: ACI 211

2.6.4. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO

Para establecer la resistencia promedio f'_{cr} se toma varios aspectos como: la desviación estándar y el nivel de control según la condición donde f'_c = resistencia requerida y f'_{cr} = resistencia promedio.

- Resistencia a la comprensión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar ya que para la aplicación de la desviación estándar se debe tener un registro de 15 a 29 pruebas consecutivas (Adaptado del ACI 211).

La tabla 4 expone la resistencia a la comprensión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar.

| f'_c (kg/cm ²) | f'_{cr} (kg/cm ²) |
|------------------------------|---------------------------------|
| Menos de 210 | $f'_c + 70$ |
| De 210 a 350 | $f'_c + 84$ |
| Mas de 350 | $f'_c + 98$ |

Tabla 4.- Para la resistencia promedio del concreto requerido

Fuente: ACI 211



2.6.5. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO

La relación agua cemento se toma de acuerdo a la resistencia que se va realizar la mezcla.

La tabla 5 expone la correspondencia entre la relación agua cemento.

| Correspondiente entre la relacion agua cemento y la resistencia a la compresion del concreto. | | |
|---|--------------------------------|----------------------------|
| Resistencia a la compresion a los 28 dias (Kg/cm2) | Relacion agua-cemento por peso | |
| | Concreto sin aire incluido | Concreto con aire incluido |
| 420 | 0,41 | ---- |
| 350 | 0,48 | 0,4 |
| 280 | 0,57 | 0,48 |
| 210 | 0,68 | 0,59 |
| 140 | 0,82 | 0,74 |

Tabla 5.- Relación agua cemento
Fuente: ACI 211

2.6.6. CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

La cantidad de cemento por volumen unitario básicamente está constituida por el tercer y cuarto paso, tenemos;

$$Cemento = \frac{Agua\ de\ la\ mezcla}{Relacion\ agua\ cemento} \quad Ec1.$$

De acuerdo con esta ecuación la cantidad de cemento que encontraríamos seria para un metro cubico de concreto.

2.6.7. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Para determinar la cantidad de agregado grueso de la mezcla que se va realizar se procede a establecer según la Tabla 6, donde de acuerdo al módulo de finura encontrado de los datos de laboratorio se procede a identificarlos dentro de la tabla y elegir la cantidad de agregado grueso a ser utilizado en el diseño.



La tabla 6 expone la cantidad de agregado grueso de acuerdo al módulo de finura de la arena.

| Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto | | | | |
|---|---|------|------|------|
| Tamaño máximo de agregado (mm) | 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 |
| 10 | 0,5 | 0,48 | 0,46 | 0,44 |
| 12,5 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,53 |
| 20 | 0,66 | 0,64 | 0,62 | 0,6 |
| 25 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,65 |
| 40 | 0,77 | 0,73 | 0,72 | 0,69 |
| 50 | 0,78 | 0,76 | 0,74 | 0,72 |
| 70 | 0,87 | 0,8 | 0,78 | 0,76 |
| 150 | 0,87 | 0,85 | 0,83 | 0,81 |

Tabla 6.- Cantidad de agregado grueso
Adaptado del ACI 211

2.6.8. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO FINO

V_a = Volumen de agua

V_{ai} = Volumen de aire

V_c = Volumen de cemento

V_{ag} = Volumen de agregado grueso

V_{af} = Volumen de agregado fino

$V_{af} = 1\text{m}^3 - (V_a + V_{ai} + V_c + V_{ag})$ **Ec2.**

2.6.9. AJUSTES POR HUMEDAD DEL AGREGADO

$P_{.are}$ = Peso arena

$P_{.ha}$ = Porcentaje de humedad de la arena

$P_{.aa}$ = Porcentaje de absorcion de la arena

$P_{.gr}$ = Peso grava

$P_{.hgr}$ = Porcentaje de humedad de la grava

$P_{.agr}$ = Porcentaje de absorcion de la grava

$$\text{Peso arena corregida} = P_{.are} \times \frac{100 + P_{.ha}}{100 + P_{.aa}} \quad \text{Ec3.}$$

$$\text{Peso grava corregida} = P_{.gr} \times \frac{100 + P_{.hgr}}{100 + P_{.agr}} \quad \text{Ec4.}$$

Cantidad agua corregida

$$\begin{aligned} &= C_a + P_{.are} \left(\frac{P_{.ha} - P_{.aa}}{100 + P_{.aa}} \right) \times (-1) \\ &+ P_{.gr} \left(\frac{P_{.hgr} - P_{.agr}}{100 + P_{.agr}} \right) \times (-1) \quad \text{Ec5.} \end{aligned}$$



CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. PROCESOS DE ELABORACIÓN DEL CONCRETO

El proceso que se va seguir para la preparación de los concretos de estudio será de la misma forma que se realiza de un concreto simple, lo cual se describió brevemente los pasos a realizar en el capítulo anterior.

Para adjuntar los agregados que se analizaran en el estudio se ha optado en hacer referencia a la mezcla estándar (grava, arena, cemento, agua). Esta mezcla tendrá sus cantidades de acuerdo a sus parámetros, los cuales van a ser utilizados las mismas cantidades para los demás agregados cambiando únicamente su porcentaje de absorción de agua y su humedad natural.

Se va realizar diferentes mezclas de acuerdo a cada material las cuales son las siguientes:

La tabla 7 presenta las diferentes combinaciones realizadas de las mezclas de concreto.

| Mezcla | Agregado Fino | Agregado Grueso |
|--------|-----------------|-----------------|
| 1 | Arena de Rio | Andesita |
| 2 | Arena de Rio | Basalto |
| 3 | Arena de Rio | Cuarzo |
| 4 | Arena de Rio | Granito |
| 5 | Arena de Rio | Grava |
| 6 | Arena de Rio | Pizarra |
| 7 | Arena de Rio | Pómez |
| 8 | Arena de Rio | Pumita |
| 9 | Arena de Sílice | Andesita |
| 10 | Arena de Sílice | Basalto |
| 11 | Arena de Sílice | Cuarzo |
| 12 | Arena de Sílice | Granito |
| 13 | Arena de Sílice | Grava |
| 14 | Arena de Sílice | Pizarra |
| 15 | Arena de Sílice | Pómez |
| 16 | Arena de Sílice | Pumita |

*Tabla 7.- Combinaciones de agregados para las diferentes mezclas
(Fuente: Autor)*



3.2.MATERIALES

Los materiales a utilizar serán, agua, grava y arena de río como es común realizar un diseño de concreto, para los agregados experimentales:

Agregado grueso:

Andesita
Basalto
Cuarzo
Granito
Grava
Pizarra
Pómez
Pumita

Agregado fino:

Arena de Sílice
Arena de Río

3.3.EQUIPOS

Análisis granulométrico y características de agregado fino y grueso:

- Tamices
- Balanzas
- Picnómetro
- Matraz
- Horno
- Recipientes
- Pala
- Termómetro
- Cocina

Diseño de concreto:

- Balanza
- Recipientes
- Pala
- Flexómetro
- Moldes para muestra a compresión (alto igual a 21 cm y de diámetro de 10,5 cm.
- Prensa para realizar las roturas de las muestras de concretos.

Obtención de los Materiales:

- Balanza
- Combo
- Recipientes



3.4. DOSIFICACIONES DEL CONCRETO CON MATERIALES ESTANDARIZADOS

Antes de presentar los pasos y la determinación de las cantidades volumétricas de los agregados, se muestra en la tabla, los datos y características del cemento, agregado grueso y agregado fino, estos fueron determinados previamente en los ensayos de laboratorio (Detallados en los anexos).

La tabla 8 expone los datos previamente encontrados para el diseño del concreto.

| Descripción | Cemento | Arena | Grava |
|--|---------|-------|-------|
| Tamaño Máximo Nominal Agregado (mm) | ---- | ---- | 25 |
| Peso Volumétrico Aparente (kg/m ³) | ---- | 1543 | 1580 |
| Peso específico (gr/cm ³) | 2,95 | 2,63 | 2,736 |
| Módulo de finura | ---- | 3,12 | ---- |
| Absorción (%) | ---- | 5,15 | 1,876 |
| Humedad (%) | ---- | 0 | 0 |

Tabla 8.- Datos previos para el diseño
(Fuente: Autor)

La tabla 9 presenta los porcentajes de absorción y humedad de cada uno de los agregados.

| Materiales | Absorción (%) | Humedad (%) |
|-----------------|---------------|-------------|
| Andesita | 6,11 | 0 |
| Basalto | 1,27 | 0 |
| Cuarzo | 1,64 | 0 |
| Granito | 1,83 | 0 |
| Pizarra | 2,86 | 0 |
| Pómez | 85,88 | 40 |
| Pumita | 8 | 0 |
| Arena de Sílice | 1,06 | 0 |

Tabla 9.- Porcentajes de absorción y humedad de los materiales
(Fuente: Autor)

En el diseño de los concretos se necesita conocer los porcentajes de humedad y absorción de los agregados ya que según estos datos se realiza la corrección por humedad para nivelar la cantidad de agua utilizada para las mezclas.

Una vez encontrados todos los datos necesarios de los agregados, el siguiente paso concierne al diseño y preparación de las cantidades para 1 m³ de concreto.

3.4.1. SELECCIÓN DEL REVENIMIENTO

Se procede a elegir un revenimiento para el diseño, un mínimo de 2 y un máximo de 10. El asentamiento utilizado fue de 8 cm para el diseño del concreto normal, se escoge estos valores ya que se trata de un tema investigativo de



diferentes agregados utilizados, estos concretos específicamente no van dirigidos a ningún tipo de construcción se puede escoger paulatinamente de acuerdo a los resultados el tipo de revenimiento que lo requiera.

3.4.2. ELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Del análisis granulométrico que se realizó a la grava se obtuvo un tamaño máximo de 25 mm.

3.4.3. CALCULO DEL AGUA DE MEZCLADO Y EL CONTENIDO DE AIRE

De acuerdo al revenimiento elegido y el tamaño máximo del agregado se obtiene de la tabla 3, la cantidad de agua igual a 195 kg/m³ y el porcentaje de aire atrapado correspondiente a 1,5%.

3.4.4. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE DISEÑO

Al no tener un registro de resistencia para un diseño se procede a trabajar con las condiciones en la tabla 4.

$$f'c = 300 \frac{kg}{cm^2} \text{ concreto de diseño}$$

$$f'cr = f'c + 84 \text{ concreto promedio de diseño}$$

$$f'cr = 384 \frac{kg}{cm^2} \text{ concreto promedio de diseño}$$

3.4.5. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA CEMENTO

Dentro de este paso se utiliza la tabla 5, que está en función a la resistencia promedio de diseño ($f'cr$), de acuerdo a que el concreto contiene o no aire, en el paso anterior se encontró la resistencia promedio equivalente a 384 kg/cm².

En base a que esta resistencia no se encuentra en la tabla 5 se procede a interpolar para determinar el valor requerido para la relación agua cemento.

La tabla 10 presenta la interpolación para encontrar la relación agua cemento para la resistencia promedio establecida.

| Resistencia | a/c |
|-------------|-------|
| 420 | 0,41 |
| 384 | 0,446 |
| 350 | 0,48 |

Tabla 10.- Interpolación relación agua cemento
(Fuente: Autor)



3.4.6. CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Encontrado el factor de la relación a/c, se determina la cantidad de cemento con la (Ec1.)

$$Cemento = \frac{Agua\ de\ la\ mezcla}{Relacion\ agua\ cemento}$$

$$Cemento = \frac{195}{0,446}$$

$$Cemento = 437,22\ kg$$

3.4.7. ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Para obtener el factor de agregado grueso se lo realiza mediante la tabla 6, la cual para determinar el valor está en función del módulo de finura (3,12) y del tamaño máximo del agregado que es de 25 mm; debido a que el módulo de finura no consta en la tabla se debe extrapolar los valores para encontrar el factor requerido.

La tabla 11 presenta la extrapolación en base al módulo de finura para determinar el factor para el agregado grueso.

| Módulo de finura | | |
|------------------|-------|------|
| 3 | 3,12 | 3,2 |
| 0,65 | 0,638 | 0,63 |

Tabla 11.- Extrapolación del módulo de finura
(Fuente: Autor)

El volumen unitario grava = 0,638

El peso volumétrico varillado = 1580 kg/m³

Cantidad de agregado grueso
= *Peso volumetrico varillado x Volumen unitario grava*

$$Cantidad\ de\ agregado\ grueso = 1580 \frac{kg}{m^3} \times 0,638$$

$$Cantidad\ de\ agregado\ grueso = 1008,04 \frac{kg}{m^3}$$

3.4.8. ESTIMACIÓN DEL AGREGADO FINO

Teniendo los datos de peso y peso específico de la grava, arena y cemento, se determina los volúmenes de cada uno de ellos:



$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Peso específico } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen Cemento} = \frac{437,22 \text{ kg}}{2950 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,148 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Grava} = \frac{1008,04 \text{ kg}}{2736 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,368 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Agua} = \frac{195 \text{ kg}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,195 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Aire} = 1,5\% = 0,015 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Arena} = 1 \text{ m}^3 - (0,148 + 0,368 + 0,195 + 0,015) = 0,274 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Peso específico } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Peso Arena} = 0,274 \text{ m}^3 * 2630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 720,62 \text{ kg}$$

Ejecutados los cálculos de manera independiente se presenta las cantidades para 1 m³ de hormigón.

La tabla 12 presenta las cantidades requeridas para 1 m³ de concreto.

| Peso y Volumen para 1 m ³ de Concreto | | |
|--|------------|----------------------|
| Material | Cantidad | Volumen |
| Grava | 1008,04 kg | 0,368 m ³ |
| Arena de Rio | 718,92 kg | 0,274 m ³ |
| Cemento | 437,22 kg | 0,148 m ³ |
| Agua | 195 lt | 0,195 m ³ |

Tabla 12.- Cantidad de agregados para 1 m³
(Fuente: Autor)



3.4.9. AJUSTES POR HUMEDAD DEL AGREGADO

La tabla 12 pertenece a materiales totalmente secos (arena y grava), en la realidad estos agregados siempre poseerán una cantidad de humedad y una capacidad de absorber agua. De acuerdo a estos componentes se debe realizar el ajuste por humedad y absorción de los agregados y de acuerdo a ellos las cantidades de grava, arena de río y agua, utilizando las ecuaciones mencionadas anteriormente.

P. are = Peso arena

P. ha = Porcentaje de humedad de la arena

P. aa = Porcentaje de absorción de la arena

P. gr = Peso grava

P. hgr = Porcentaje de humedad de la grava

P. agr = Porcentaje de absorción de la grava

$$\text{Peso arena corregida} = P. are \times \frac{100 + P. ha}{100 + P. aa} \quad \text{Ec3.}$$

$$\text{Peso arena corregida} = 718,92 \times \frac{100 + 0,00}{100 + 5,15}$$

$$\text{Peso arena corregida} = 681,90 \text{ kg}$$

$$\text{Peso grava corregida} = P. gr \times \frac{100 + P. hgr}{100 + P. agr} \quad \text{Ec4.}$$

$$\text{Peso grava corregida} = 1008,04 \times \frac{100 + 0,00}{100 + 1,86}$$

$$\text{Peso grava corregida} = 989,13 \text{ kg}$$

Cantidad agua corregida

$$\begin{aligned} &= Ca + P. are \left(\frac{P. ha - P. aa}{100 + P. aa} \right) \times (-1) \\ &+ P. gr \left(\frac{P. hgr - P. agr}{100 + P. agr} \right) \times (-1) \quad \text{Ec5.} \end{aligned}$$

Cantidad agua corregida

$$\begin{aligned} &= 195 + 718,92 \left(\frac{0,00 - 5,15}{100 + 5,15} \right) \times (-1) \\ &+ 1008,04 \left(\frac{0,00 - 1,86}{100 + 1,86} \right) \times (-1) \end{aligned}$$

$$\text{Cantidad agua corregida} = 250,94 \text{ litros}$$



Realizada la corrección por humedad y absorción se tiene la cantidad de materiales a ser pesados para la preparación del concreto, se realizó el ajuste de humedad de la mezcla estándar de concreto para los diferentes agregados se utilizará una hoja electrónica de Excel para facilidad de cálculo y correspondiente a cada mezcla a realizar.

Tabla 13.- Cantidades de agregados corregidos de Mezcla Estándar (Mezcla 5)

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|--|-----------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Grava | 989,13 | kg |
| Arena de Rio | 681,9 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 250,94 | lt |

(Fuente: Autor)

3.5.ELABORACIÓN DE CONCRETOS UTILIZANDO LA DOSIFICACIÓN ESTANDARIZADA CON DIFERENTES AGREGADOS

Las tablas que se muestran a continuación presentan la cantidad de agregados utilizados en cada una de las mezclas realizadas en el estudio de acuerdo a la tabla 7.

Tabla 14.-Cantidades de agregados corregidos Mezcla 1

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|--|-----------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Andesita | 946,45 | kg |
| Arena de rio | 681,9 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 293,62 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 15.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 2

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|--|-----------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Basalto | 995,24 | kg |
| Arena de rio | 681,9 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 244,83 | lt |

(Fuente: Autor)



Tabla 16.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 3

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Cuarzo | 991,54 | kg |
| Arena de rio | 681,9 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 248,56 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 17.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 4

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Granito | 989,59 | kg |
| Arena de rio | 681,9 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 250,47 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 18.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 6

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Pizarra | 979,21 | kg |
| Arena de rio | 681,9 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 260,85 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 19.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 7

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Pómez | 545,55 | kg |
| Arena de rio | 681,9 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 694,51 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 20.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 8

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Pumita | 927,4 | kg |
| Arena de rio | 681,9 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 312,67 | lt |

(Fuente: Autor)



Tabla 21.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 9

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Andesita | 946,45 | kg |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 250,94 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 22.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 10

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Basalto | 995,24 | kg |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 215,42 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 23.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 11

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Cuarzo | 991,51 | kg |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 219,15 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 24.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 12

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Granito | 989,59 | kg |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 221,07 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 25.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 13

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Grava | 989,13 | kg |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 221,53 | lt |

(Fuente: Autor)



Tabla 26.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 14

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Pizarra | 979,21 | kg |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 231,45 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 27.- Cantidades de agregados corregidos Mezcla 15

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Pómez | 546,36 | kg |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 664,3 | lt |

(Fuente: Autor)

Tabla 28.-Cantidades de agregados corregidos Mezcla 16

| Pesos para 1 m3 de Concreto corregido | | |
|---------------------------------------|----------|--------|
| Material | Cantidad | Unidad |
| Pumita | 927,4 | kg |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg |
| Cemento | 437,22 | kg |
| Agua | 283,26 | lt |

(Fuente: Autor)

3.6.ELABORACIÓN DE PROBETAS PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO

El propósito de realizar los moldes es para facilitar la investigación y sobre todo para que los resultados no varíen, de acuerdo a que si se realizaban en lotes pequeños la elaboración de los cilindros se tendría un desfase en el estudio, es por ello que se realizaron todos los moldes necesarios para tener datos acordes con la investigación.

Es necesario la fabricación de 64 moldes para realizar el estudio, estos fueron elaborados por parte del autor visto que no se posee con esta cantidad en el laboratorio.

Para realizar los moldes se basó en la norma INEN 3124, en la que indica que los cilindros deben ser elaborados en base a un material que no permita la absorción de la humedad del concreto, sus dimensiones deben ser de 2 a 1 (el alto debe ser 2 veces el diámetro).

Para cumplir con la norma y en base a costos se optó por usar tubería de PVC de 110 mm.



La elaboración de los moldes cuenta con tres fases, la primera es el cortado de los 64 tubos, la segunda es la elaboración de las tapas para los cilindros y la tercera es el acople de las tapas con los tubos y su respectiva impermeabilización de las tapas, para evitar la pérdida de agua en los cilindros al momento de su elaboración.

Fotografía 11 presenta el corte de los tubos para la elaboración de los moldes.



*Foto 11.- Fase 1 - Corte de los tubo
(Fuente: Autor)*

Fotografía 12 presenta la elaboración de las tapas para los moldes.



*Foto 12.- Fase 2 - Elaboración de las tapas
(Fuente: Autor)*

Fotografía 12 presenta el acople de tapas con los tubos y su respectiva impermeabilización.



*Foto 13.- Fase 3 - Acople de tapas con los tubos e impermeabilización
(Fuente: Autor)*



CAPITULO IV

4. PROCESOS Y TIPOS DE PRUEBAS A REALIZAR

4.1. PRUEBA A COMPRESIÓN

Para las pruebas a compresión las probetas cilíndricas tienen dimensiones de 20 cm de alto por 10 cm de diámetro, estas pruebas se realizaron a los 7, 14 y 28 días.

Para conseguir resultados confiables se realizaron como mínimo cuatro probetas para cada prueba a compresión como se indica en la siguiente tabla.

La tabla 29 presenta las cantidades mínimas de moldes para los ensayos.

| Muestras mínimas para los ensayos a compresión | | | | |
|--|----------------------------|----------------|--------------------|------------------|
| Mezcla | Tipo de mezcla | Tipo de prueba | Numero de probetas | Diseño de Moldes |
| 1 | Arena de río y andesita | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 2 | Arena de río y Basalto | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 3 | Arena de río y Cuarzo | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 4 | Arena de río y granito | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 5 | Arena de río y Grava | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 6 | Arena de río y Pizarra | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 7 | Arena de río y pómez | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 8 | Arena de río y pumita | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 9 | Arena de sílice y andesita | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 10 | Arena de sílice y basalto | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 11 | Arena de sílice y cuarzo | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 12 | Arena de sílice y granito | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 13 | Arena de sílice y grava | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 14 | Arena de sílice y pizarra | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 15 | Arena de sílice y pómez | Compresión | 4 | Cilíndrico |
| 16 | Arena de sílice y pumita | Compresión | 4 | Cilíndrico |

Tabla 29.- Cantidades de muestras mínimas
(Fuente: Autor)

Hechas las probetas cilíndricas, en un periodo de 24 horas se desencoformaron, paulatinamente se efectuó el curado en un recipiente lleno de agua durante 28 días, acorde para el número de probetas que se realizó, posteriormente se realizaron los ensayos en la prensa.

La prensa que se utilizó para realizar las pruebas a compresión a los 7 días, dio de manera digital los datos con unidades en Kilo Newton (KN) y la cual se convirtió en (Kg/cm²).



La prensa que se utilizó para realizar las pruebas a compresión a los 14 y 28 días, dio de manera digital los datos con unidades en Kilogramos fuerza (Kgf) y la cual se debe convirtió en (Kg/cm²).

4.1.1. DATOS Y FORMULAS PARA OBTENER LA CARGA A COMPRESIÓN EN kg/cm²

La determinación de la carga de las probetas se realizó tomando previamente los diámetros a las muestras cilíndricas donde se utilizó las siguientes formulas.

Datos:

R= resistencia a compresión en kg/cm²

A= área del cilindro en cm²

P= carga de rotura en kg

D= diámetro del cilindro en cm

$$R = \frac{P}{A} \quad Ec 6.$$

$$Area = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad Ec 7.$$

4.1.2. DETERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD EN BASE A LA NEC Y ACI.

Para determinar los módulos de elasticidad se aplicaron las formulas de la NEC-SE-HM y del ACI, y se obtuvieron a los 7,14 y 28 días.

$$E(ACI) = 15000\sqrt{f'c} \quad Ec 8.$$

Donde f'c está en kg/cm²

$$E(NEC - SE - HM) = 4,7\sqrt{f'c} \quad Ec 9.$$

Donde f'c está en Mpa y E está en Gpa

Para convertir el módulo de elasticidad en kg/cm² se multiplica por un factor de 10970,2 este indica que 1 Gpa es igual a 10970,2 kg/cm²



La tabla 30 presenta los módulos de elasticidad de las mezclas de concreto a los 7 días.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|----------|--------------------------------|--------------------------------|
| # | MEZCLA | PESO (g) | E (kg/cm ²) NEC | E (kg/cm ²) ACI |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 4019,00 | 142275,73 | 142242,79 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 3857,00 | 122869,15 | 122840,70 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 4301,00 | 174795,26 | 174754,79 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 4216,50 | 171279,73 | 171240,07 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 4235,00 | 168577,63 | 168538,60 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 4343,00 | 151016,87 | 150981,90 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 2915,50 | 95217,05 | 95195,00 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 3572,00 | 155360,20 | 155324,23 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 4147,00 | 177723,86 | 177682,71 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 3184,50 | 134418,12 | 134386,99 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 4316,00 | 188442,55 | 188398,91 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 4146,00 | 150755,20 | 150720,29 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 4248,00 | 182705,99 | 182663,68 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 4218,50 | 133960,43 | 133929,41 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 2897,00 | 87985,44 | 87965,07 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 3519,00 | 137781,10 | 137749,20 |

Tabla 30.- Módulos de elasticidad a los 7 días
(Fuente: Autor)

La tabla 31 presenta los módulos de elasticidad de las mezclas de concreto a los 14 días.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------|--------------------------------|--------------------------------|
| # | MEZCLA | PESO (g) | E (kg/cm ²) NEC | E (kg/cm ²) ACI |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 4005,00 | 178926,01 | 178884,58 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 3852,00 | 203296,32 | 203249,25 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 4300,00 | 219889,47 | 219838,55 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 4222,00 | 188139,67 | 188096,10 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 4154,00 | 189808,01 | 189764,06 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 4333,00 | 153770,80 | 153735,19 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 2931,00 | 124176,10 | 124147,35 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 3494,00 | 164138,64 | 164100,63 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 4060,00 | 185686,23 | 185643,24 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 3935,00 | 175774,66 | 175733,96 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 4345,00 | 263036,20 | 262975,30 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 4118,00 | 195828,07 | 195782,73 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 4128,00 | 235010,76 | 234956,34 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 4280,00 | 145830,66 | 145796,89 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 2838,00 | 104908,94 | 104884,65 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 3411,00 | 148460,21 | 148425,83 |

Tabla 31.- Módulos de elasticidad a los 14 días
(Fuente: Autor)

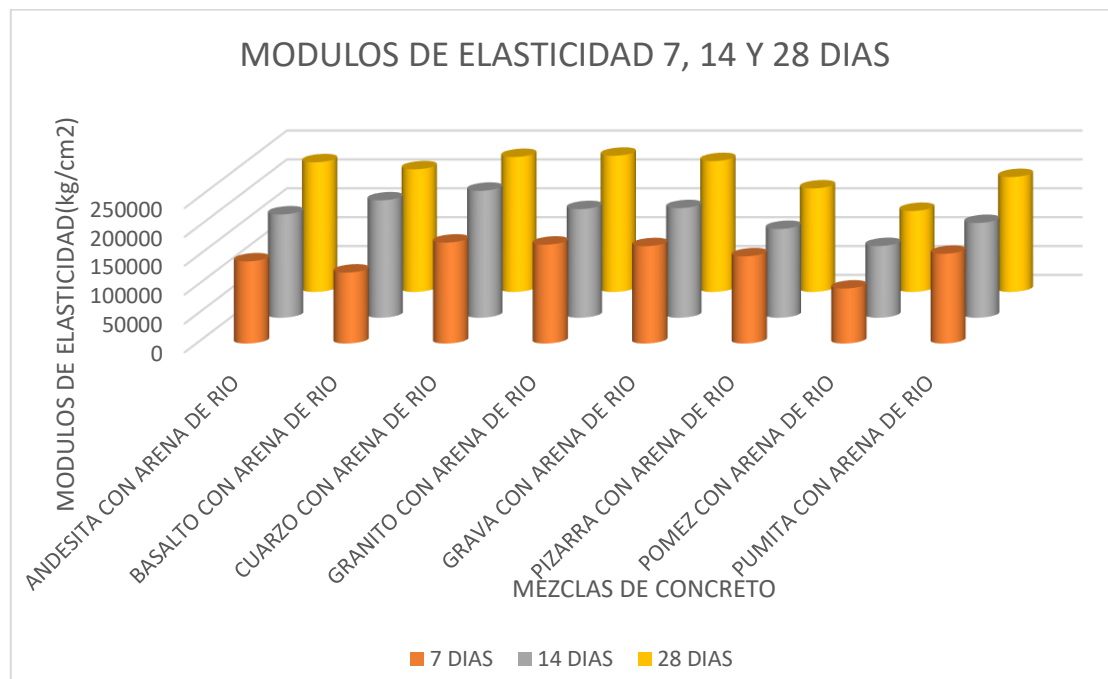


La tabla 31 presenta los módulos de elasticidad de las mezclas de concreto a los 28 días.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------|--------------------------------|--------------------------------|
| # | MEZCLA | PESO (g) | E (kg/cm ²) NEC | E (kg/cm ²) ACI |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 3980,00 | 224596,63 | 224544,62 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 3875,00 | 212397,43 | 212348,25 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 4355,00 | 233788,01 | 233733,88 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 4165,00 | 201027,95 | 200981,40 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 4205,00 | 226629,22 | 226576,74 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 4215,00 | 179326,02 | 179284,50 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 3000,00 | 140321,84 | 140289,34 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 3470,00 | 199021,92 | 198975,84 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 4060,00 | 217266,96 | 217216,65 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 3975,00 | 204631,27 | 204583,89 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 4328,00 | 274134,21 | 274070,73 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 4065,00 | 205957,57 | 205909,88 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 4190,00 | 264827,99 | 264766,66 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 4170,00 | 169718,79 | 169679,49 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 2920,00 | 120307,47 | 120279,61 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 3628,00 | 159623,85 | 159586,89 |

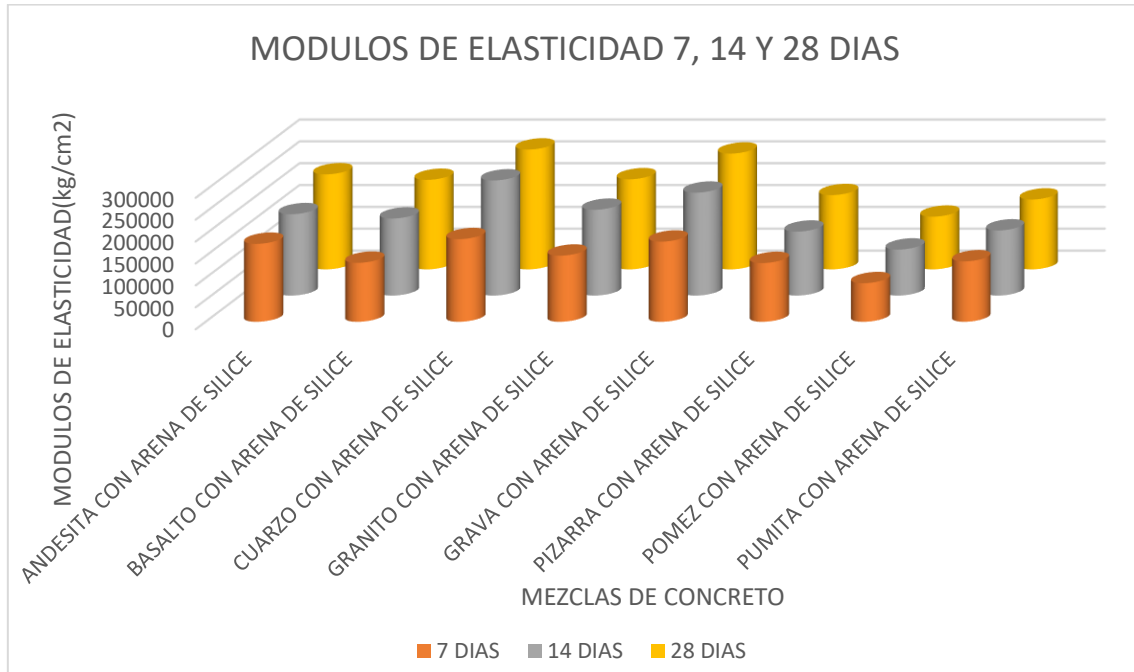
Tabla 32.- Módulos de elasticidad a los 28 días
(Fuente: Autor)

La grafica 1 presenta los módulos de elasticidad de las mezclas 1 a 8, a los 7, 14 y 28 días.



Grafica 1.- Módulos de elasticidad mezclas 1 a 8
(Fuente: Autor)

La grafica 1 presenta los módulos de elasticidad de las mezclas 9 a 16, a los 7, 14 y 28 días.



Grafica 2.-Módulos de elasticidad mezclas 9 a 16
(Fuente: Autor)

Los módulos de elasticidad presentados en la graficas 1 y 2 están aplicadas la ecuación de la NEC, no es necesario aplicar la ecuación que nos presenta el ACI ya que según los resultados presenta una variación del +2% con respecto a la ecuación de la NEC.

4.1.3. DETERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD EN BASE A LAS DEFORMACIONES UNITARIAS

Dentro de los ensayos a compresión de las mezclas se ubicó el deformimetro en la parte plana del pistón de la prensa, se realiza una lectura cada múltiplo de 5 obteniendo los valores de carga deformación, cabe recalcar que las lecturas realizadas fueron longitudinalmente.

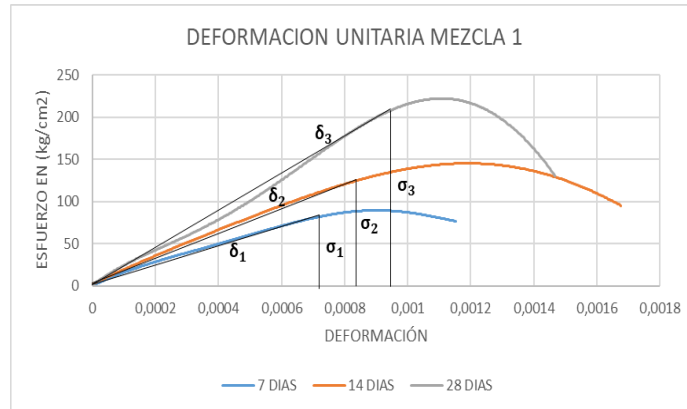
Para el cálculo de los módulos de elasticidad de las 16 mezclas se tomó en cuenta el coeficiente de Poisson, ya que se tiene las deformaciones unitarias longitudinales obtenidas al momento de realizar los ensayos a compresión.

Se entiende que el coeficiente de Poisson para el concreto esta entre 0,15 a 0,20. Dentro de la fórmula de obtención el coeficiente de Poisson se sabe que es igual a la deformación transversal dividido para la deformación longitudinal.

Se toma el promedio de los valores 0,175 para el coeficiente de Poisson y al momento de despejar se obtiene los valores correspondientes a las deformaciones transversales utilizadas para calcular los módulos de elasticidad.



La grafica 3 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 1 (Andesita con arena de río) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



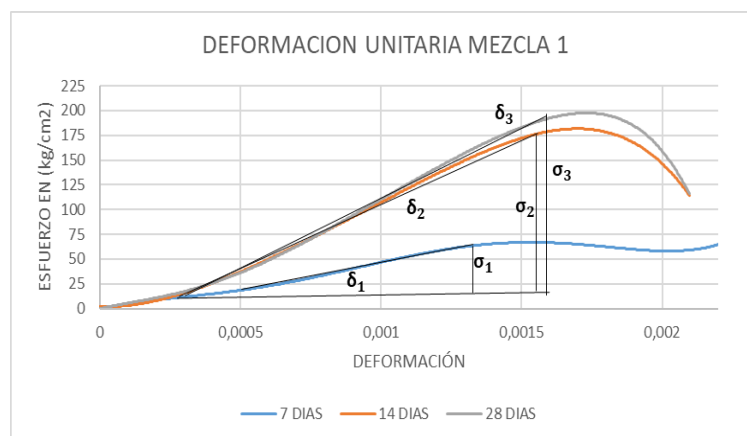
Grafica 3.- Deformaciones unitarias mezcla 1
(Fuente: Autor)

La tabla 33 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 3.

| Andesita con arena de río | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 118055,56 |
| 14 DÍAS | E | 150602,41 |
| 28 DÍAS | E | 223404,26 |

Tabla 33.- Módulos de elasticidad calculados mezcla 1
(Fuente: Autor)

La grafica 4 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 2 (Basalto con arena de río) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 4.- Deformaciones unitarias mezcla 2
(Fuente: Autor)

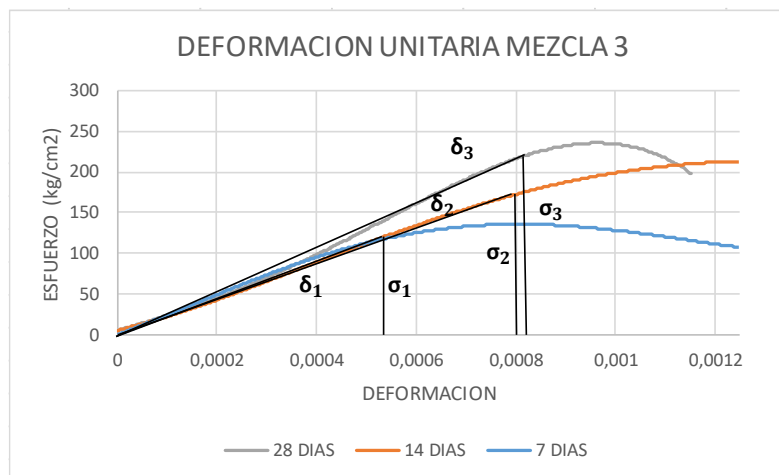


La tabla 34 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 4.

| Basalto con arena de río | | |
|---------------------------------|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm2) | | |
| 7 DÍAS | E | 86666,67 |
| 14 DÍAS | E | 150000,00 |
| 28 DÍAS | E | 154166,67 |

Tabla 34.-Módulos de elasticidad calculados mezcla 2
(Fuente: Autor)

La grafica 5 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 3 (Cuarzo con arena de río) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 5.- Deformaciones unitarias mezcla 3
(Fuente: Autor)

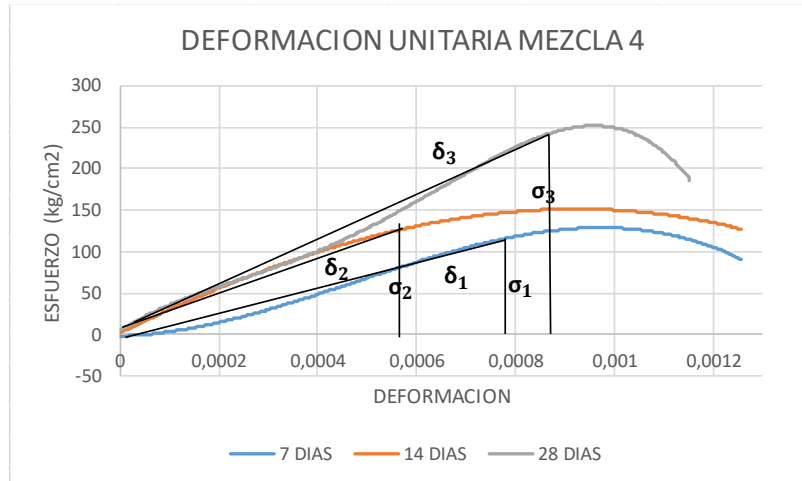
La tabla 35 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 5.

| Cuarzo con arena de río | | |
|---------------------------------|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm2) | | |
| 7 DÍAS | E | 221153,85 |
| 14 DÍAS | E | 225000,00 |
| 28 DÍAS | E | 259036,14 |

Tabla 35.- Módulos de elasticidad calculados mezcla 3
(Fuente: Autor)



La grafica 6 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 4 (Granito con arena de río) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



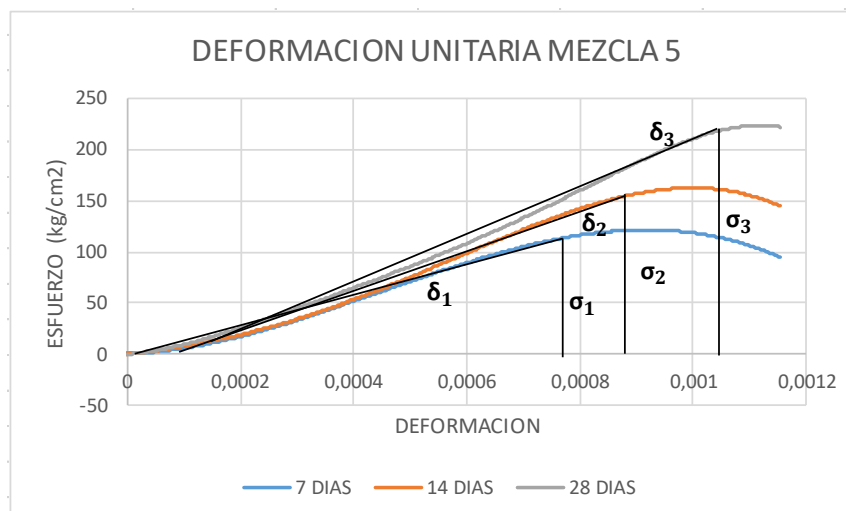
Grafica 6.- Deformaciones unitarias mezcla 4
(Fuente: Autor)

La tabla 36 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 6.

| Granito con arena de río | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 141025,64 |
| 14 DÍAS | E | 213114,75 |
| 28 DÍAS | E | 258823,53 |

Tabla 36.- Módulos de elasticidad mezcla 4
(Fuente: Autor)

La grafica 7 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 5 (Grava con arena de río) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 7.- Deformaciones unitarias mezcla 5
(Fuente: Autor)

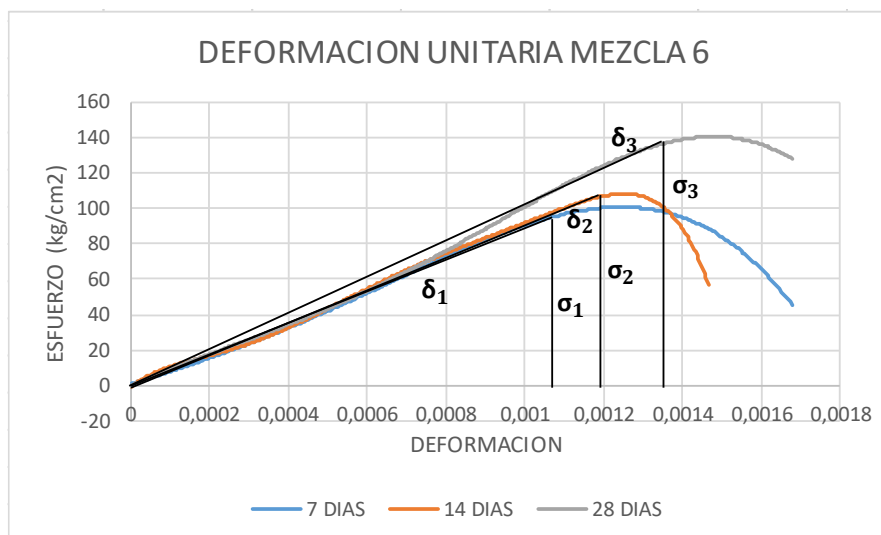


La tabla 37 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 7.

| Grava con arena de río | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 141025,64 |
| 14 DÍAS | E | 178160,92 |
| 28 DÍAS | E | 213592,23 |

Tabla 37.- Módulos de elasticidad mezcla 5
(Fuente: Autor)

La grafica 8 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 6 (Pizarra con arena de río) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 8.- Deformaciones unitarias mezcla 6
(Fuente: Autor)

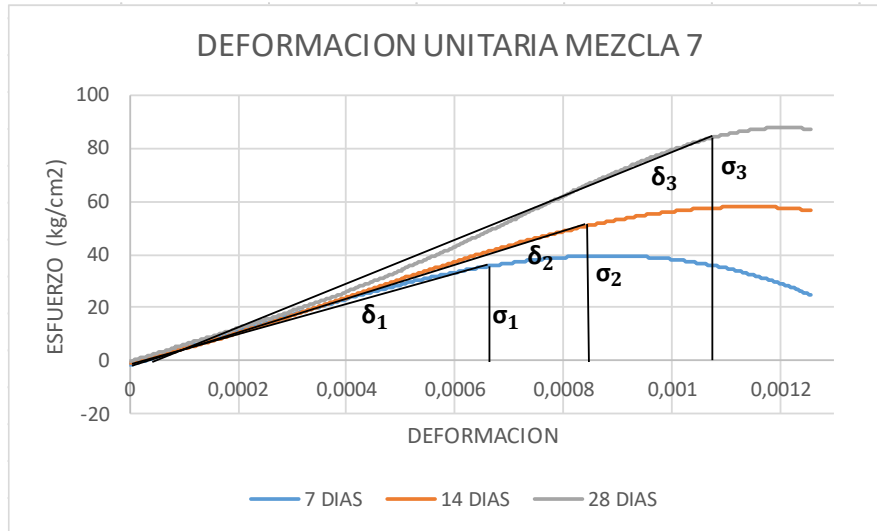
La tabla 38 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 8.

| Pizarra con arena de río | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 95145,63 |
| 14 DÍAS | E | 97716,89 |
| 28 DÍAS | E | 105303,03 |

Tabla 38.- Módulos de elasticidad mezcla 6
(Fuente: Autor)



La grafica 9 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 7 (Pómez con arena de río) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



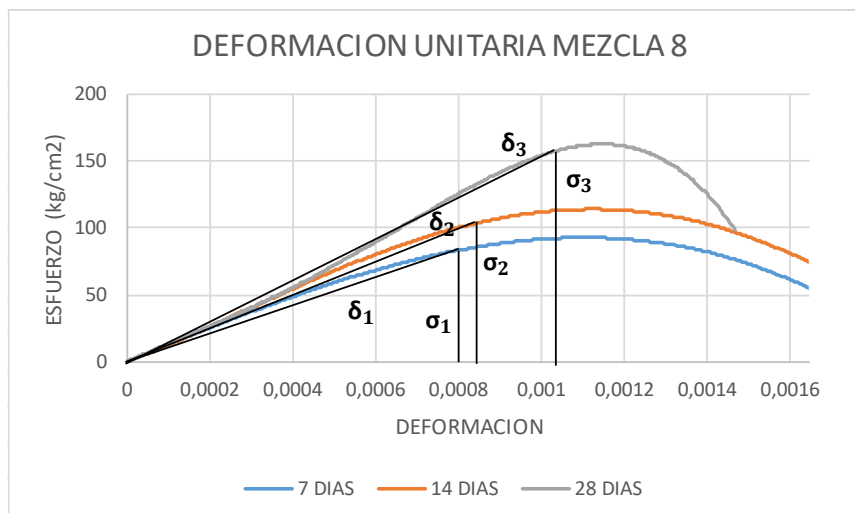
Grafica 9.- Deformaciones unitarias mezcla 7
(Fuente: Autor)

La tabla 39 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 9.

| Pómez con arena de río | | |
|--|---|----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 62500,00 |
| 14 DÍAS | E | 66002,49 |
| 28 DÍAS | E | 81553,40 |

Tabla 39.- Módulos de elasticidad mezcla 7
(Fuente: Autor)

La grafica 10 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 8 (Pumita con arena de río) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 10.- Deformaciones unitarias mezcla 8
(Fuente: Autor)

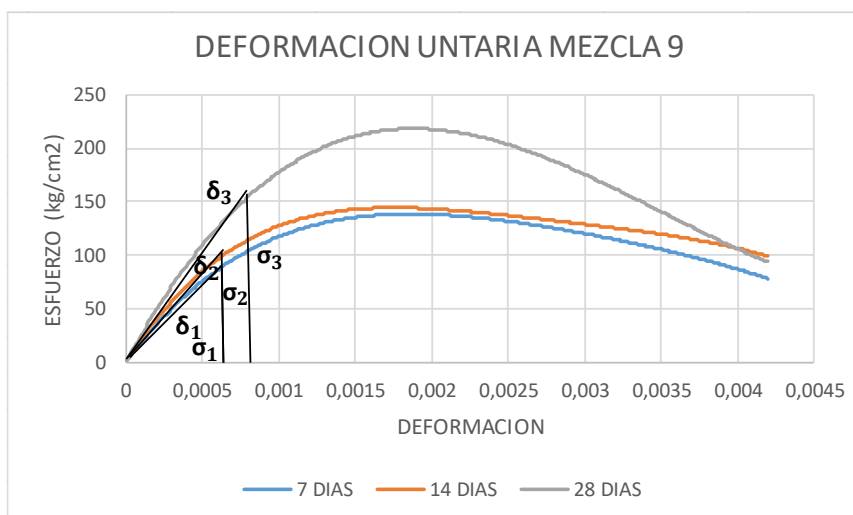


La tabla 40 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 10.

| Pumita con arena de río | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 102564,10 |
| 14 DÍAS | E | 129353,23 |
| 28 DÍAS | E | 151960,78 |

Tabla 40.- Módulos de elasticidad mezcla 8
(Fuente: Autor)

La grafica 11 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 9 (Andesita con arena de Sílice) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 11.- Deformaciones unitarias mezcla 9
(Fuente: Autor)

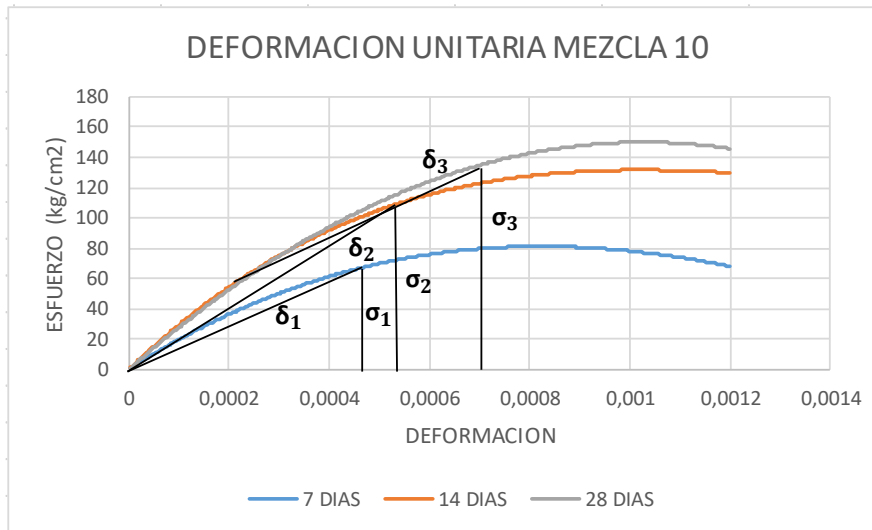
La tabla 41 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 11.

| Andesita con arena de sílice | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 133333,33 |
| 14 DÍAS | E | 175000,00 |
| 28 DÍAS | E | 206666,67 |

Tabla 41.- Módulos de elasticidad mezcla 9
(Fuente: Autor)



La grafica 12 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 10 (Basalto con arena de sílice) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



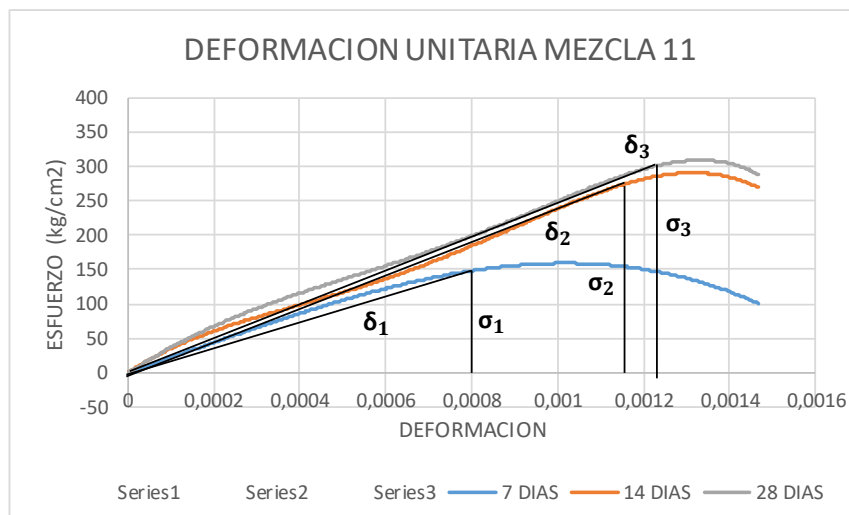
Grafica 12.- Deformaciones unitarias mezcla 10
(Fuente: Autor)

La tabla 42 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 12.

| Andesita con arena de Sílice | | |
|---------------------------------|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm2) | | |
| 7 DÍAS | E | 136000,00 |
| 14 DÍAS | E | 178571,43 |
| 28 DÍAS | E | 188571,43 |

Tabla 42.- Módulos de elasticidad mezcla 10
(Fuente: Autor)

La grafica 13 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 11 (Cuarzo con arena de sílice) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 13.- Deformaciones unitarias mezcla 11
(Fuente: Autor)

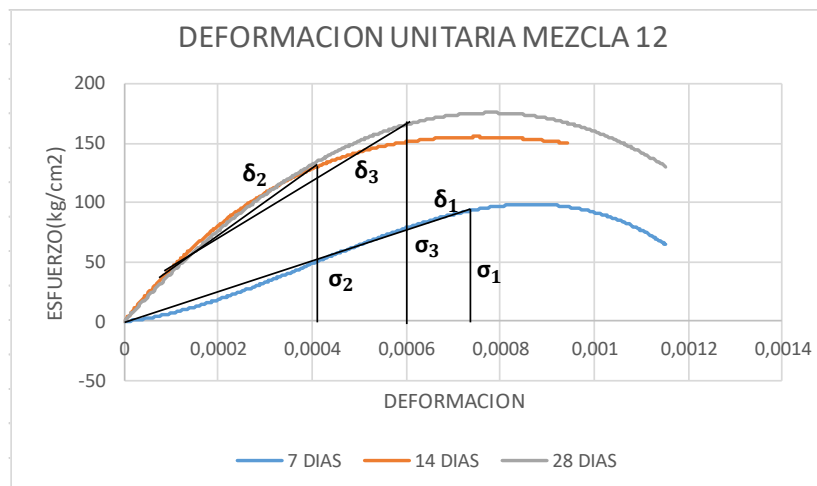


La tabla 43 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 13.

| Cuarzo con arena de sílice | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 187500,00 |
| 14 DÍAS | E | 240740,74 |
| 28 DÍAS | E | 272950,82 |

Tabla 43.- Módulos de elasticidad mezcla 11
(Fuente: Autor)

La grafica 14 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 12 (Granito con arena de sílice) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 14.- Deformaciones unitarias mezcla 12
(Fuente: Autor)

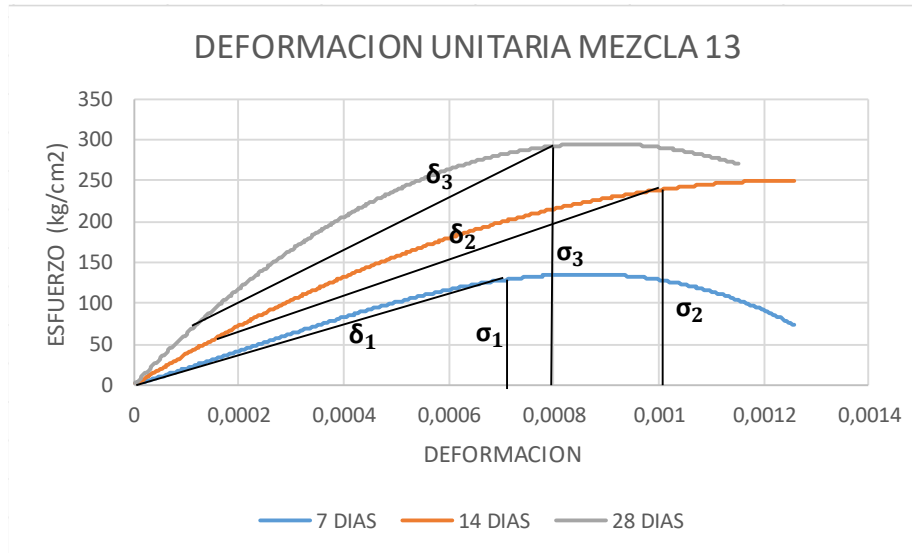
La tabla 44 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 14.

| Granito con arena de sílice | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 125000,00 |
| 14 DÍAS | E | 226190,48 |
| 28 DÍAS | E | 233333,33 |

Tabla 44.- Módulos de elasticidad mezcla 12
(Fuente: Autor)



La grafica 15 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 13 (Grava con arena de sílice) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



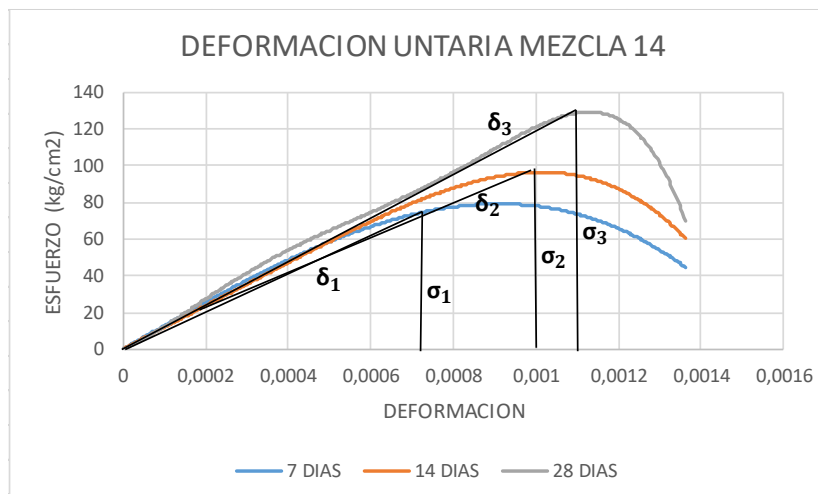
Grafica 15.- Deformaciones unitarias mezcla 13
(Fuente: Autor)

La tabla 45 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 15.

| Grava con arena de sílice | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 178571,43 |
| 14 DÍAS | E | 222772,28 |
| 28 DÍAS | E | 268750,00 |

Tabla 45.- Módulos de elasticidad mezcla 13
(Fuente: Autor)

La grafica 16 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 14 (Pizarra con arena de sílice) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 16.- Deformaciones unitarias mezcla 14
(Fuente: Autor)

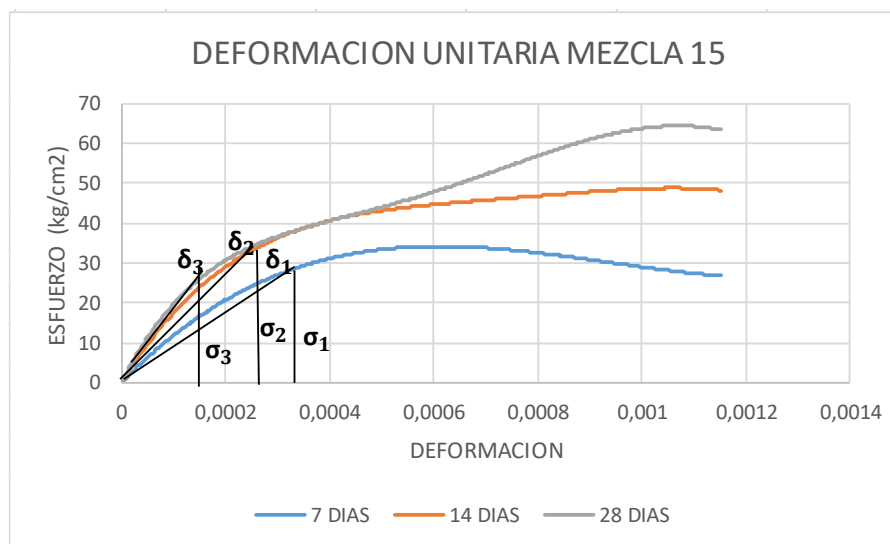


La tabla 46 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 16.

| Pizarra con arena de sílice | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 93333,33 |
| 14 DÍAS | E | 95000,00 |
| 28 DÍAS | E | 118181,82 |

Tabla 46.- Módulos de elasticidad mezcla 14
(Fuente: Autor)

La grafica 17 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 15 (Pómez con arena de sílice) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



Grafica 17.- Deformaciones unitarias mezcla 15
(Fuente: Autor)

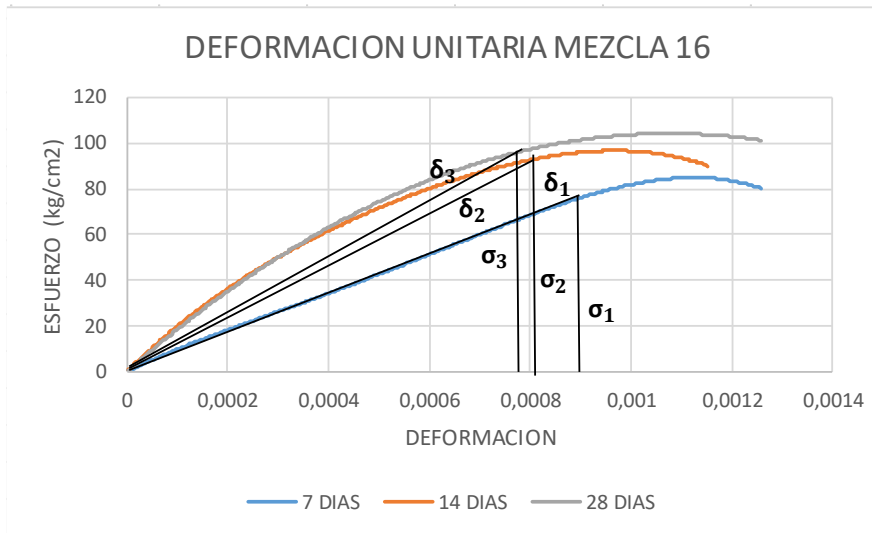
La tabla 47 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 17.

| Pómez con arena de sílice | | |
|--|---|----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 56000,00 |
| 14 DÍAS | E | 68888,89 |
| 28 DÍAS | E | 80000,00 |

Tabla 47.- Módulos de elasticidad mezcla 15
(Fuente: Autor)



La grafica 18 presenta las deformaciones unitarias de las mezcla 16 (Pumita con arena de sílice) a los 7, 14 y 28 días, obtención de los módulos de elasticidad.



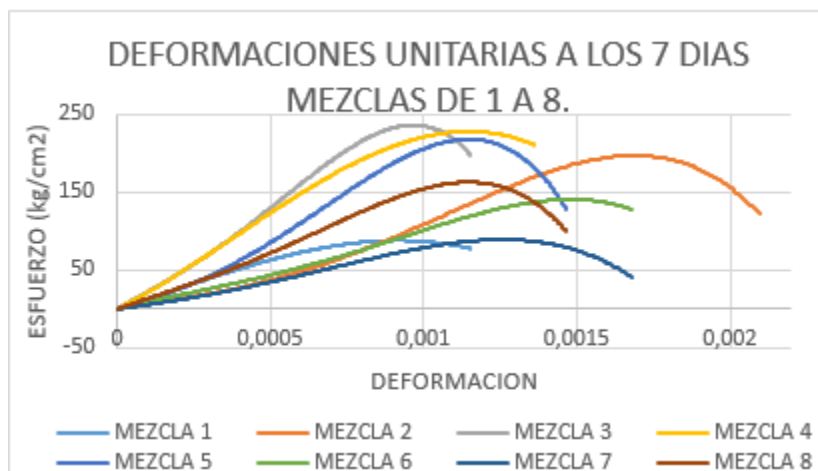
Grafica 18.- Deformaciones unitarias mezcla 16
(Fuente: Autor)

La tabla 48 presenta los módulos de elasticidad a los 7, 14 y 28 días calculados en base a la deformación unitaria de la grafica 18.

| Pumita con arena de sílice | | |
|--|---|-----------|
| MÓDULOS DE ELASTICIDAD (kg/cm ²) | | |
| 7 DÍAS | E | 83333,33 |
| 14 DÍAS | E | 117283,95 |
| 28 DÍAS | E | 125641,03 |

Tabla 48.- Módulos de elasticidad mezcla 16
(Fuente: Autor)

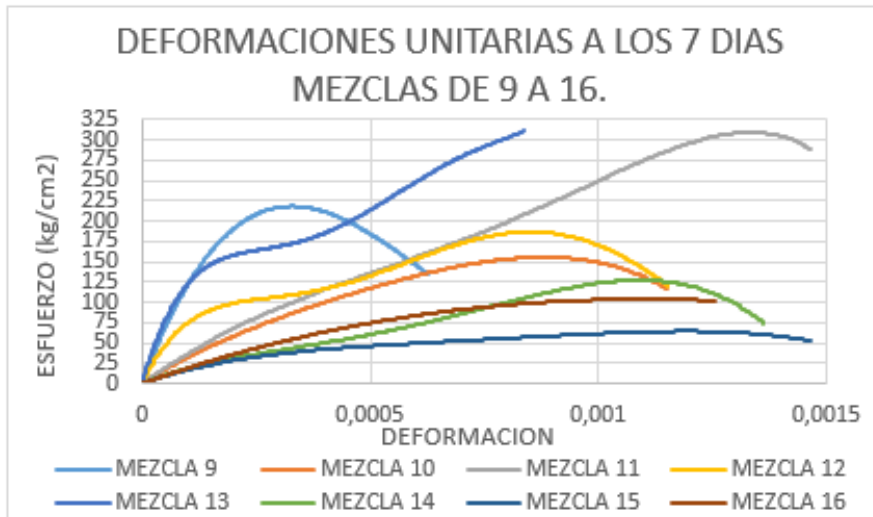
La grafica 19 presenta las deformaciones unitarias de las mezclas 1 a 8 en los 7 días.



Grafica 19.- Deformaciones unitarias mezcla 1 a 8.
(Fuente: Autor)



La grafica 20 presenta las deformaciones unitarias de las mezclas 9 a 16 en los 7 días.



Grafica 20.- Deformaciones unitarias mezcla 9 a 16
(Fuente: Autor)

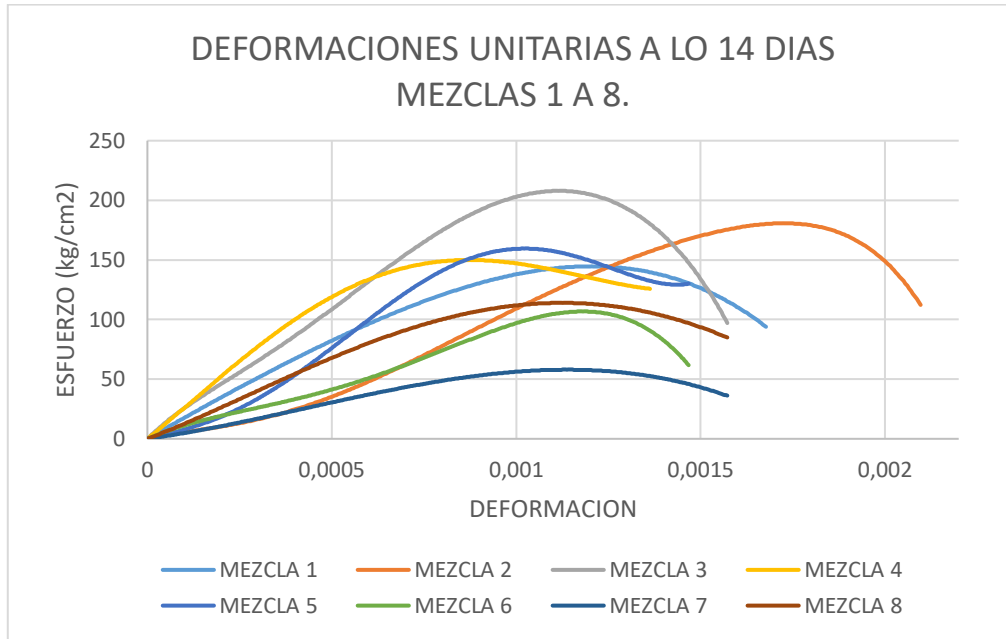
La tabla 49 presenta los módulos de elasticidad calculados mediante las gráficas de deformaciones unitarias a los 7 días de las mezclas 1 a 16.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| # | MEZCLA | E (kg/cm ²) CALCULADO |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 116055,56 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 86666,67 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 221153,85 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 141025,64 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 141025,64 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 95145,63 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 62500,00 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 102564,10 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 133333,33 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 136000,00 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 187500,00 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 125000,00 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 178571,43 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 93333,33 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 56000,00 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 83333,33 |

Tabla 49.- Módulos de elasticidad calculados mezclas 1 a 16
(Fuente: Autor)

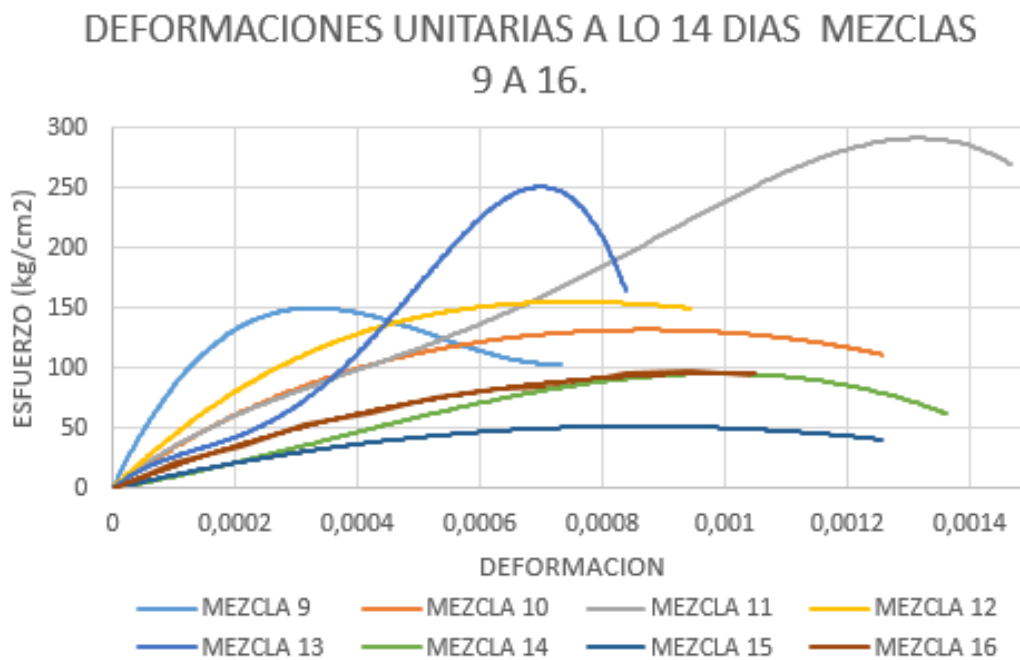


La grafica 21 presenta las deformaciones unitarias de las mezclas 1 a 8 en los 14 días.



Grafica 21.- Deformaciones unitarias mezclas 1 a 8
(Fuente: Autor)

La grafica 22 presenta las deformaciones unitarias de las mezclas 9 a 16 en los 14 días.



Grafica 22.- Deformaciones unitarias mezclas 9 a 16
(Fuente: Autor)

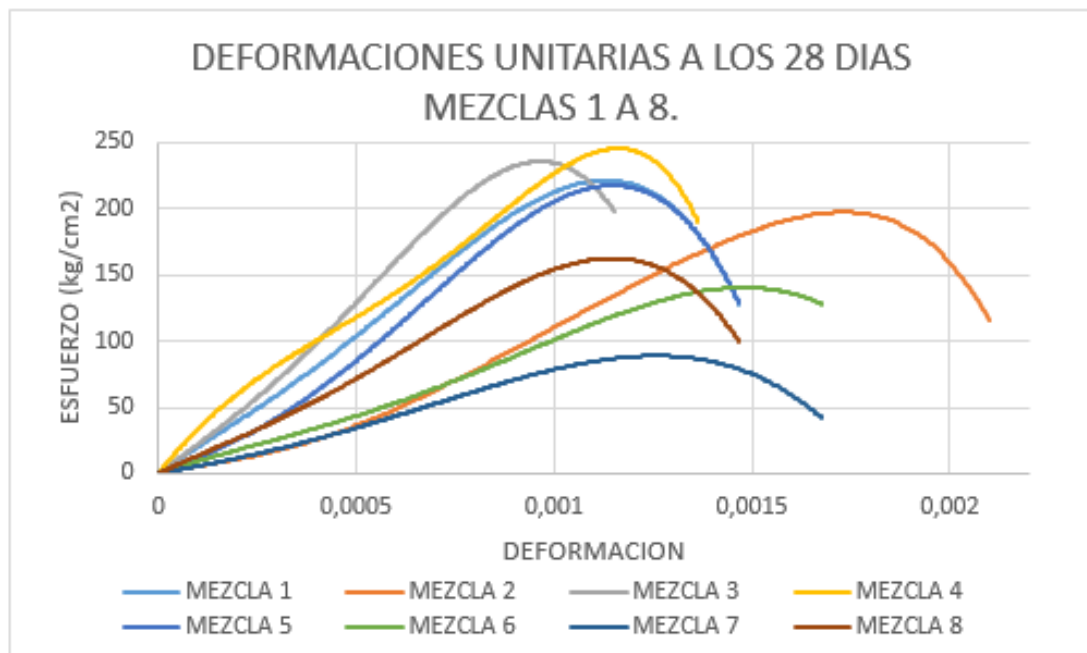


La tabla 50 presenta los módulos de elasticidad calculados mediante las gráficas de deformaciones unitarias a los 14 días de las mezclas 1 a 16.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS | | |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| # | MEZCLA | E (kg/cm ²) CALCULADO |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 150602,41 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 150000,00 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 225000,00 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 213114,75 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 178160,92 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 97716,89 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 66002,49 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 129353,23 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 175000,00 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 178571,43 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 240740,00 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 214285,71 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 222772,28 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 95000,00 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 68889,89 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 117283,95 |

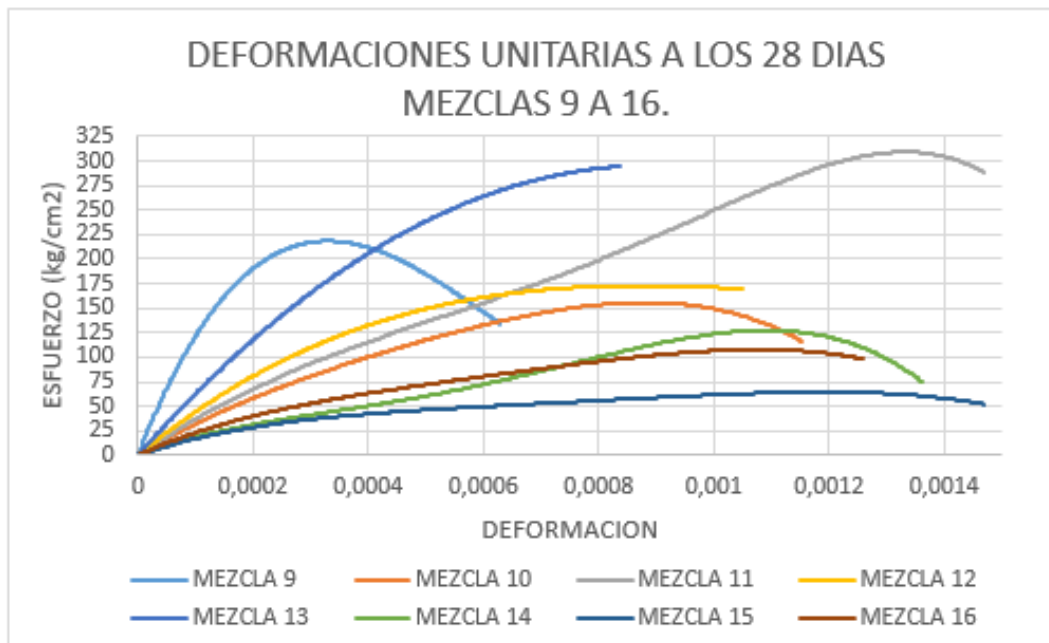
Tabla 50.-Módulos de elasticidad calculados mezclas 1 a 16
(Fuente: Autor)

La grafica 23 presenta las deformaciones unitarias de las mezclas 1 a 8 en los 28 días.



Grafica 23.- Deformaciones unitarias mezclas 1 a 8
(Fuente: Autor)

La grafica 24 presenta las deformaciones unitarias de las mezclas 9 a 16 en los 28 días.



Grafica 24.- Deformaciones unitarias mezclas 9 a 16
(Fuente: Autor)

La tabla 51 presenta los módulos de elasticidad calculados mediante las gráficas de deformaciones unitarias a los 28 días de las mezclas 1 a 16.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS | | |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| # | MEZCLA | E (kg/cm ²) CALCULADO |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 223404,26 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 154166,67 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 259036,14 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 258823,53 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 213592,23 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 105303,03 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 81553,40 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 151960,78 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 206666,67 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 188571,43 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 272950,82 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 233333,33 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 268750,00 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 118181,82 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 80000,00 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 125641,03 |

Tabla 51.- Módulos de elasticidad calculados mezclas 1 a 16
(Fuente: Autor)



CAPITULO 5

5. RESULTADO Y DISCUSIÓN

En el transcurso de obtención de los resultados dentro del laboratorio se observaron que los materiales utilizados no estaban dentro de los parámetros impuestos por el ACI 211, que provocaron que las resistencias obtenidas variaran.

Los parámetros que no cumplían con la norma ACI 211 corresponde al valor obtenido del módulo de finura (arena de río) el cual es 3,12 y dentro de la norma el rango se establece entre 2,4 y 3 y un módulo de finura de la arena de sílice de 1,4 que tampoco está dentro del rango.

Los materiales de las mezclas se utilizaron en las condiciones que se encontraban conociendo que estas presentan impurezas y materia orgánica el fin de que no se realizó el lavado de ninguno de los agregados, es para observar el comportamiento que tienen y compararlos todos en las mismas condiciones naturales que se presentan.

5.1.RESULTADOS Y ANÁLISIS A COMPRESIÓN DE LAS MUESTRAS

Para el diseño de concreto simple, con la cual se basó para realizar el análisis comparativo a la compresión de las mezclas expuestas, se elaboraron 4 cilindros, a los cuales se le realizó el curado respectivo de acuerdo a lo expuesto en la norma. Las pruebas de rotura se realizaron a los 7, 14 y 28 días para su análisis.

De acuerdo a los datos obtenidos durante el estudio en este capítulo se presenta los resultados de las resistencias obtenidas en cada una de las mezclas correspondientes a los 7, 14 y 28 días respectivamente analizando su comportamiento y definiendo las causas que llevaron a estos resultados.

5.1.1. TABULACIÓN DE LOS DATOS Y GRÁFICAS A COMPRESIÓN

Para realizar el ensayo de cada una de las probetas se realizó previamente la toma de medidas tanto del diámetro y altura de cada una, respectivamente se realizaba el peso de cada cilindro.

El ensayo se realizó en dos prensas la una presentaba la carga en Kilo Newton (KN) y la otra en Kilogramos fuerza (KGF), los cuales los datos fueron registrados digitalmente.

Los resultados a compresión de las probetas estudiadas, se presentan a continuación en las siguientes tablas.



La tabla 52 presenta los resultados a comprensión de los hormigones experimentales a los 7 días.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|----------|---------------|-------------|-------------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------|
| # | MEZCLA | PESO (g) | DIÁMETRO (cm) | ALTURA (cm) | ÁREA (cm ²) | RESISTENCIA (KN) | RESISTENCIA (MPA) | RESISTENCIA (Kg/cm ²) |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 4019,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 69,214 | 881,26 | 89,92 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 3857,00 | 10,60 | 21,35 | 78,54 | 51,62 | 657,25 | 67,07 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 4301,00 | 10,60 | 21,10 | 78,54 | 104,47 | 1330,15 | 135,73 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 4216,50 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 100,31 | 1277,19 | 130,33 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 4235,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 97,17 | 1237,21 | 126,25 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 4343,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 77,98 | 992,87 | 101,31 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 2915,50 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 31 | 394,70 | 40,28 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 3572,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 82,53 | 1050,80 | 107,22 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 4147,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 108 | 1375,10 | 140,32 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 3184,50 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 61,78 | 786,61 | 80,27 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 4316,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 121,42 | 1545,97 | 157,75 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 4146,00 | 10,60 | 21,10 | 78,54 | 77,71 | 989,43 | 100,96 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 4248,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 114,14 | 1453,28 | 148,29 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 4218,50 | 10,60 | 21,40 | 78,54 | 61,36 | 781,26 | 79,72 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 2897,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 26,47 | 337,03 | 34,39 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 3519,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 64,91 | 826,46 | 84,33 |

Tabla 52.- Resistencia de las mezclas a los 7 días
(Fuente: Autor)



La tabla 53 presenta los resultados a compresión de los hormigones experimentales a los 14 días.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------|---------------|-------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| # | MEZCLA | PESO (g) | DIÁMETRO (cm) | ALTURA (cm) | ÁREA (cm ²) | RESISTENCIA (KGF) | RESISTENCIA (MPA) | RESISTENCIA (Kg/cm ²) |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 4005,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 11170 | 13,94 | 142,22 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 3852,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 14420 | 17,99 | 183,60 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 4300,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 16870 | 21,05 | 214,80 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 4222,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 12350 | 15,41 | 157,25 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 4154,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 12570 | 15,68 | 160,05 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 4333,00 | 10,60 | 21,00 | 78,54 | 8250 | 10,29 | 105,04 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 2931,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 5380 | 6,71 | 68,50 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 3494,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 9400 | 11,73 | 119,68 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 4060,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 12030 | 15,01 | 153,17 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 3935,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 10780 | 13,45 | 137,26 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 4345,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 24140 | 30,12 | 307,36 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 4118,00 | 10,60 | 21,10 | 78,54 | 13380 | 16,70 | 170,36 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 4128,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 19270 | 24,04 | 245,35 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 4280,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 7420 | 9,26 | 94,47 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 2838,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 3840 | 4,79 | 48,89 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 3411,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 7690 | 9,60 | 97,91 |

Tabla 53.- Resistencia de las mezclas a los 14 días
(Fuente: Autor)



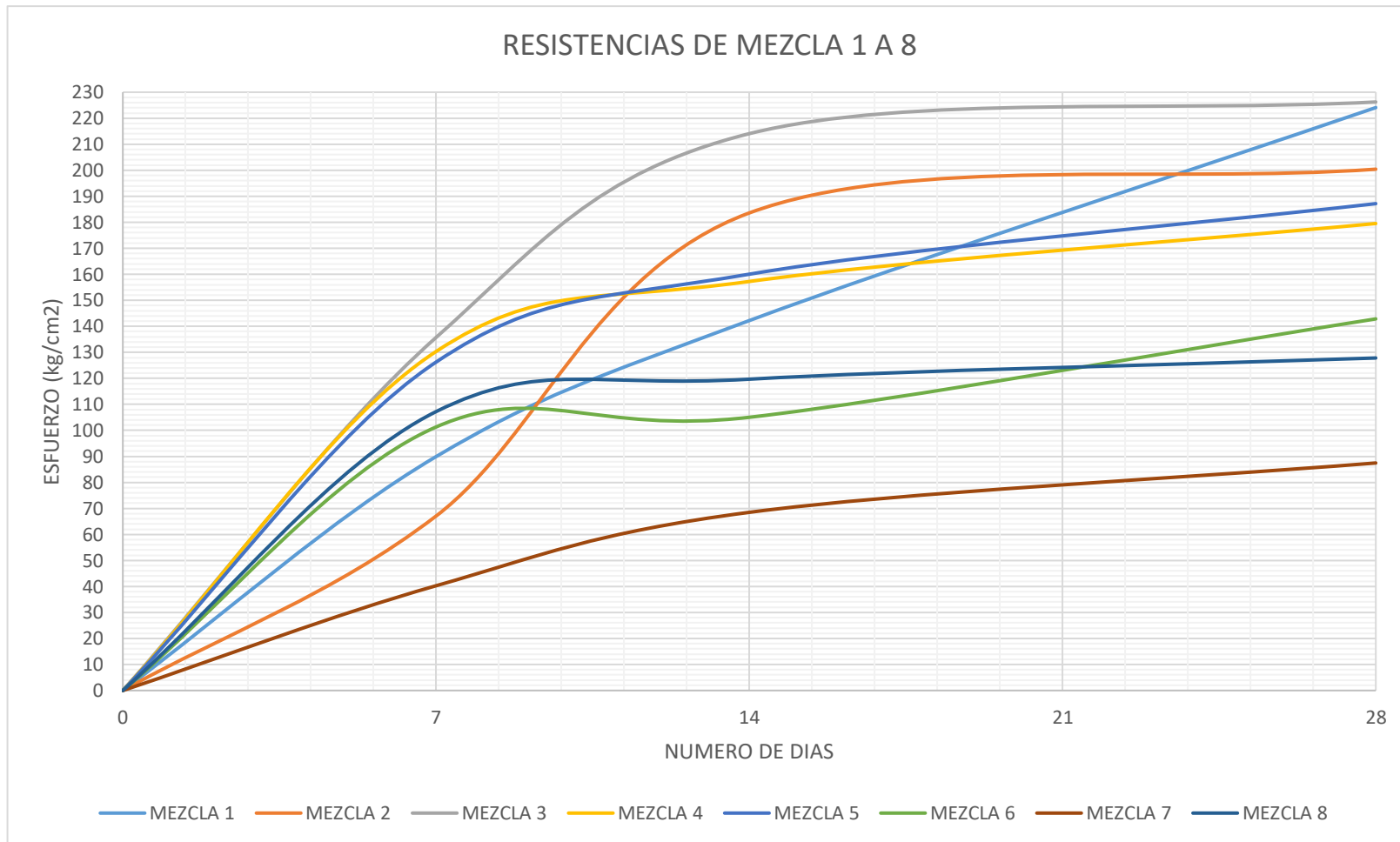
La tabla 54 presenta los resultados a compresión de los hormigones experimentales a los 28 días.

| ENSAYO DE COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------|----------|---------------|-------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------|
| # | MEZCLA | PESO (g) | DIÁMETRO (cm) | ALTURA (cm) | ÁREA (cm ²) | RESISTENCIA (KGF) | RESISTENCIA (MPA) | RESISTENCIA (Kg/cm ²) |
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | 3980,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 17600 | 21,96 | 224,09 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | 3875,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 15740 | 19,64 | 200,41 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | 4355,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 19070 | 23,80 | 242,81 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | 4165,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 14100 | 17,53 | 179,53 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | 4205,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 17920 | 22,36 | 228,16 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | 4215,00 | 10,60 | 21,00 | 78,54 | 11220 | 14,00 | 142,86 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | 3000,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 6870 | 8,57 | 87,47 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | 3470,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 13820 | 17,24 | 175,96 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | 4060,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 16470 | 20,55 | 209,70 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | 3975,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 14610 | 18,23 | 186,02 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | 4328,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 26220 | 32,72 | 333,84 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | 4065,00 | 10,60 | 21,10 | 78,54 | 14800 | 18,47 | 188,44 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | 4190,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 24470 | 30,53 | 311,56 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | 4170,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 10050 | 12,54 | 127,96 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | 2920,00 | 10,60 | 21,30 | 78,54 | 5050 | 6,30 | 64,30 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | 3628,00 | 10,60 | 21,20 | 78,54 | 8890 | 11,09 | 113,19 |

Tabla 54.- Resistencia de las mezclas a los 28 días
(Fuente: Autor)



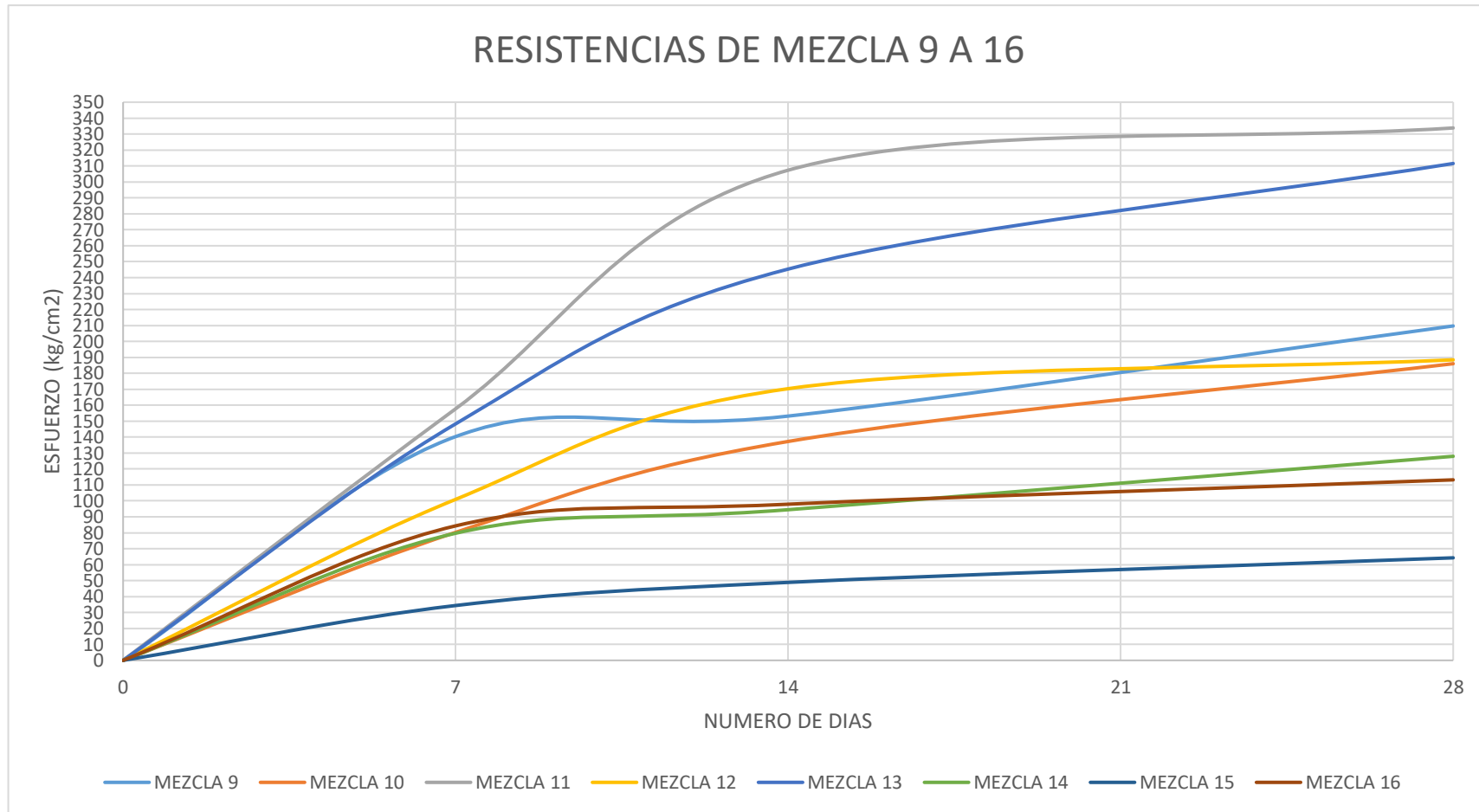
La grafica 25 presenta los resultados de los datos tabulados en las tablas 52, 53, y 54 para poder interpretar de mejor manera el comportamiento del concreto de las mezclas 1 a 8.



Grafica 25.- Comportamiento de concretos de las mezclas 1 a 8
(Fuente: Autor)



La grafica 26 presenta los resultados de los datos tabulados en las tablas 52, 53, y 54 para poder interpretar de mejor manera el comportamiento del concreto de las mezclas 9 a 16.



Grafica 26.- Comportamiento del concreto de las mezclas 9 a 16
(Fuente: Autor)



5.2.COSTOS Y BENEFICIOS

5.2.1. COSTOS DE MATERIALES Y AGREGADOS

Para todas las mezclas de concreto, obtención de los agregados, triturado de los materiales, elaboración de los moldes, elaboración del tanque para el curado de las probetas, almacenamiento de los materiales y de la mano de obra, se realizó un análisis de costos que una vez contabilizado se llegó a un aproximado total, según la siguiente tabla.

En la tabla 55 se presentan los costos del estudio.

| Para diseños de concretos | | | | |
|---|-------------|-----------------|----------|-------------------|
| Materiales | Unidad | Precio unitario | Cantidad | Costo total |
| Cemento | saco(55 kg) | 8 | 3 | \$ 24,00 |
| Grava | saco | 2,5 | 2 | \$ 5,00 |
| Agua | litros | 0,02 | 100 | \$ 2,00 |
| Transporte | viaje | 10 | 30 | \$ 300,00 |
| Pizarra | saco | 10 | 2 | \$ 20,00 |
| Granito | plancha 1m | 10 | 2 | \$ 20,00 |
| Basalto | saco | 2 | 2 | \$ 4,00 |
| Pumita | saco | 2 | 2 | \$ 4,00 |
| Andesita | saco | 2,5 | 2 | \$ 5,00 |
| Pómez | saco | 2,5 | 2 | \$ 5,00 |
| Cuarzo | saco | 5 | 2 | \$ 10,00 |
| Arena de Sílice | saco | 10 | 2 | \$ 20,00 |
| Arena de Rio | saco | 2 | 2 | \$ 4,00 |
| Para elaboración de moldes | | | | |
| Tubos PVC 110 mm | tubo 3 m | 6 | 9 | \$ 54,00 |
| Triplex 8 mm | plancha | 20 | 1 | \$ 20,00 |
| Herramienta menor | u | 30 | 2 | \$ 60,00 |
| Para la elaboración del tanque de curado | | | | |
| Plástico | m2 | 1 | 20 | \$ 20,00 |
| Maderas | ml | 2 | 10 | \$ 20,00 |
| Almacenamiento de los materiales y mezclado | | | | |
| Valdes | u | 15 | 2,5 | \$ 37,50 |
| Balanza | u | 1 | 35 | \$ 35,00 |
| Tina | u | 1 | 10 | \$ 10,00 |
| Mano de obra | | | | |
| Ayudante | hora | 3,43 | 100 | \$ 343,00 |
| Total Costo | | | | \$1.022,50 |

Tabla 55.- Costos de estudio
(Fuente: Autor)



5.2.2. COSTOS DE UN METRO CUBICO DE CADA MEZCLA

Para cada una de las mezclas se realizó una valoración de cuál es el costo de 1 m³ de concreto presentados en las siguientes tablas.

La tabla 56 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 1.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Andesita | 946,45 | kg | 0,06 | 52,58 |
| Arena de rio | 681,9 | kg | 0,02 | 13,64 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 293,62 | lt | 0,02 | 5,87 |
| Total costo m³ | | | | 146,42 |

Tabla 56.- Costo 1 m³ de la mezcla 1.

(Fuente: Autor)

La tabla 57 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 2.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Basalto | 995,24 | kg | 0,04 | 44,23 |
| Arena de rio | 681,9 | kg | 0,02 | 13,64 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 244,83 | lt | 0,02 | 4,90 |
| Total costo m³ | | | | 137,09 |

Tabla 57.- Costo 1 m³ de la mezcla 2.

(Fuente: Autor)

La tabla 58 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 3.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Cuarzo | 991,54 | kg | 0,06 | 59,49 |
| Arena de rio | 681,9 | kg | 0,02 | 13,64 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 248,56 | lt | 0,02 | 4,97 |
| Total costo m³ | | | | 152,43 |

Tabla 58.- Costo 1 m³ mezcla 3.

(Fuente: Autor)

La tabla 59 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 4.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Granito | 989,59 | kg | 0,07 | 65,97 |
| Arena de rio | 681,9 | kg | 0,02 | 13,64 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 250,47 | lt | 0,02 | 5,01 |
| Total costo m³ | | | | 158,95 |

Tabla 59.- Costo 1 m³ mezcla 4.

(Fuente: Autor)



La tabla 60 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 5.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Grava | 989,13 | kg | 0,03 | 24,73 |
| Arena de rio | 681,9 | kg | 0,02 | 13,64 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 250,94 | lt | 0,02 | 5,02 |
| Total costo m³ | | | | 117,71 |

Tabla 60.- Costo 1 m³ mezcla 5.
(Fuente: Autor)

La tabla 61 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 6.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Pizarra | 979,21 | kg | 0,08 | 78,34 |
| Arena de rio | 681,9 | kg | 0,02 | 13,64 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 260,85 | lt | 0,02 | 5,22 |
| Total costo m³ | | | | 171,52 |

Tabla 61.- Costo de 1 m³ mezcla 6.
(Fuente: Autor)

La tabla 62 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 7.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Pómez | 545,55 | kg | 0,06 | 30,31 |
| Arena de rio | 681,9 | kg | 0,02 | 13,64 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 694,51 | lt | 0,02 | 13,89 |
| Total costo m³ | | | | 132,16 |

Tabla 62.- Costo de 1 m³ mezcla 7.
(Fuente: Autor)

La tabla 63 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 8.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Pumita | 927,4 | kg | 0,04 | 41,22 |
| Arena de rio | 681,9 | kg | 0,02 | 13,64 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 312,67 | lt | 0,02 | 6,25 |
| Total costo m³ | | | | 135,44 |

Tabla 63.- Costo de 1 m³ mezcla 8.
(Fuente: Autor)



La tabla 64 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 9.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Andesita | 946,45 | kg | 0,06 | 56,79 |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg | 0,05 | 35,57 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 250,94 | lt | 0,02 | 5,02 |
| Total costo m³ | | | | 171,70 |

Tabla 64.- Costo de 1 m³ mezcla 9.
(Fuente: Autor)

La tabla 65 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 10.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Basalto | 995,24 | kg | 0,04 | 39,81 |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg | 0,05 | 35,57 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 215,42 | lt | 0,02 | 4,31 |
| Total costo m³ | | | | 154,01 |

Tabla 65.- Costo de 1 m³ mezcla 10.
(Fuente: Autor)

La tabla 66 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 11.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Cuarzo | 991,51 | kg | 0,06 | 59,49 |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg | 0,05 | 35,57 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 219,15 | lt | 0,02 | 4,38 |
| Total costo m³ | | | | 173,77 |

Tabla 66.- Costo de 1 m³ mezcla 11.
(Fuente: Autor)

La tabla 67 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 12.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Granito | 989,59 | kg | 0,07 | 69,27 |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg | 0,05 | 35,57 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 221,07 | lt | 0,02 | 4,42 |
| Total costo m³ | | | | 183,59 |

Tabla 67.- Costo de 1 m³ mezcla 12.
(Fuente: Autor)



La tabla 68 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 13.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Grava | 989,13 | kg | 0,03 | 24,73 |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg | 0,05 | 35,57 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 221,53 | lt | 0,02 | 4,43 |
| Total costo m³ | | | | 139,05 |

Tabla 68.- Costo 1 m³ mezcla 13.
(Fuente: Autor)

La tabla 69 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 14.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Pizarra | 979,21 | kg | 0,08 | 78,34 |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg | 0,05 | 35,57 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 231,45 | lt | 0,02 | 4,63 |
| Total costo m³ | | | | 192,86 |

Tabla 69.- Costo de 1 m³ mezcla 14.
(Fuente: Autor)

La tabla 70 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 15.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Pómez | 546,36 | kg | 0,06 | 32,78 |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg | 0,05 | 35,57 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 664,3 | lt | 0,02 | 13,29 |
| Total costo m³ | | | | 155,96 |

Tabla 70.- Costo 1 m³ mezcla 15.
(Fuente: Autor)

La tabla 71 presenta el costo para 1 m³ de concreto de la mezcla 16.

| Costo para 1 m ³ de Concreto | | | | |
|---|----------|--------|------------|---------------|
| Material | Cantidad | Unidad | P unitario | P Total |
| Pumita | 927,4 | kg | 0,04 | 37,10 |
| Arena de Sílice | 711,3 | kg | 0,05 | 35,57 |
| Cemento | 437,22 | kg | 0,17 | 74,33 |
| Agua | 283,26 | lt | 0,02 | 5,67 |
| Total costo m³ | | | | 152,65 |

Tabla 71.- Costo de 1 m³ mezcla 16.
(Fuente: Autor)



La tabla 72 presenta el costo de 1 m³ de concreto con su respectivas resistencias y pesos obtenidos a los 28 días.

| # | MEZCLA | COSTO m ³ | RESISTENCIA (Kg/cm ²) | Peso kg/m ³ |
|----|------------------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 1 | ANDESITA CON ARENA DE RIO | \$ 146,42 | 224,09 | 2127,38 |
| 2 | BASALTO CON ARENA DE RIO | \$ 137,09 | 200,41 | 2071,26 |
| 3 | CUARZO CON ARENA DE RIO | \$ 152,43 | 242,81 | 2307,83 |
| 4 | GRANITO CON ARENA DE RIO | \$ 158,95 | 247,26 | 2226,27 |
| 5 | GRAVA CON ARENA DE RIO | \$ 117,71 | 228,16 | 2247,65 |
| 6 | PIZARRA CON ARENA DE RIO | \$ 171,52 | 142,86 | 2274,45 |
| 7 | PÓMEZ CON ARENA DE RIO | \$ 132,16 | 87,47 | 1603,55 |
| 8 | PUMITA CON ARENA DE RIO | \$ 135,44 | 175,96 | 1846,07 |
| 9 | ANDESITA CON ARENA DE SÍLICE | \$ 171,70 | 209,70 | 2159,96 |
| 10 | BASALTO CON ARENA DE SÍLICE | \$ 154,01 | 186,02 | 2114,73 |
| 11 | CUARZO CON ARENA DE SÍLICE | \$ 173,77 | 333,84 | 2313,39 |
| 12 | GRANITO CON ARENA DE SÍLICE | \$ 183,59 | 188,44 | 2183,11 |
| 13 | GRAVA CON ARENA DE SÍLICE | \$ 139,05 | 311,56 | 2239,63 |
| 14 | PIZARRA CON ARENA DE SÍLICE | \$ 192,86 | 127,96 | 2228,94 |
| 15 | PÓMEZ CON ARENA DE SÍLICE | \$ 155,96 | 64,30 | 1553,47 |
| 16 | PUMITA CON ARENA DE SÍLICE | \$ 152,65 | 113,19 | 1939,23 |

Tabla 72.- Costo por m³ de cada mezclas con sus respectivas resistencias y pesos.

(Fuente: Autor)

5.2.3. BENEFICIOS

Durante la investigación se ha realizado el análisis comparativo de las mezclas de concreto, ya sea enfocado a los beneficios que se puede tener en el área de la construcción en diferentes zonas del Ecuador donde se puede contar con estos agregados.

- Conocer las propiedades de los agregados utilizados en las mezclas.
- Conocer los módulos de elasticidad de las mezclas.
- Saber que resistencia se puede llegar alcanzar con cada agregado.
- Pesos volumétricos de cada una de las mezclas.
- Zonas en donde se pueden encontrar los materiales para algún proyecto.
- Identificar cual agregado es el más idóneo para alcanzar una mayor resistencia.
- Utilizar otros materiales para la elaboración del concreto no solo la grava y arena de río.
- Utilizar las diferentes mezclas en función del uso y resistencias del concreto, considerando los costos que puede generar cada mezcla.



CONCLUSIONES

- a) Mediante el estudio, se puede contribuir a la utilización de otros agregados para la elaboración del concreto en la aplicación dentro de la construcción.
- b) Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca y en la sede Azogues, quienes facilitaron, los medios y herramientas necesarias para la aplicación práctica del estudio.
- c) Al realizar las mezclas con las mismas cantidades del diseño estándar, las mezclas no eran homogéneas debido a los parámetros obtenidos, los pesos específicos aparentes de algunos agregados gruesos eran menores a la de la mezcla estándar por lo que se tenía mayores volúmenes de estos materiales disminuyendo la uniformidad de las mezclas llegando a tener más agregados gruesos que finos.
- d) El diseño estándar (mezcla 5) es la que va ser comparada. Dicha mezcla presentó una resistencia 228,16 kg/cm², la cual no cumple con la resistencia de diseño de 300 kg/cm² faltándole un 23,95% para cumplir con el diseño. Los motivos probables hacen referencia que los agregados utilizados dentro de esta mezcla no estaban en condiciones óptimas, la grava y la arena de río contenían materia orgánica y fango. Viéndose superadas por las mezclas 3 (cuarzo con arena de río) con 6,42%, 11 (cuarzo con arena de sílice) con 46,32% y 13 (Grava con arena de sílice) con 36,55%.
- e) La mezcla de la arena de sílice con el cuarzo presento la mayor resistencia de todas las mezclas llegando a los 333,84 kg/cm², de igual forma presentó el mayor peso volumétrico, esto debido a la dureza del cuarzo y a la pureza de los agregados, pese a que la arena de sílice presentaba un módulo de finura bajo.
- f) La mezcla de la arena de sílice y la grava que llego a los 311,56 kg/cm², es una resistencia que estaría también cumpliendo con el diseño, pero en relación a la mezcla estándar estaría muy superior.
- g) Las mezclas 1(andesita con arena de rio), 2(basalto con arena de rio), 6(pizarra con arena de rio), 7(pómez con arena de rio) y 8(pumita con arena de rio) dieron mayor resistencia que la mezclas 9 (andesita con arena de sílice), 10 (basalto con arena de sílice), 14 (pizarra con arena de sílice), 15 (pómez con arena de sílice) y 16 (pumita con arena de sílice) generando una mejor relación entre estos agregados gruesos con la arena de río pese a no estar en condiciones óptimas, debido a que el módulo de finura de la arena de río es mayor que la arena de sílice con un valor de 3,12 y 1,40 respectivamente.
- h) En las 16 mezclas realizadas se observó en las probetas un tipo de falla 3 (Fisura vertical columna a través de ambos extremos, conos no muy definidos), debido a que los agregados no presentan una buena adherencia entre ellos de acuerdo a la forma que tienen los agregados gruesos.
- i) En las probetas de granito no existía una buena adherencia del agregado grueso ya que sus partes superficiales en algunas caras se presentaban lisas y no tenía una buena confinación de los agregados.



- j) Dentro de las mezclas donde se utilizó grava, granito y pizarra se vio que no tenían adherencia entre los agregados.
- k) En cambio, en las mezclas donde se utilizó basalto, pómez y pumita se notó claramente la falla de los agregados.
- l) Se puede dar cuenta que los que presentan mayor resistencia presentan mayor módulo de elasticidad debido a que son hormigones que soportan más carga, esto lleva a que se vuelven hormigones frágiles y al momento de fallar lo hacen bruscamente, en cambio los hormigones de menores resistencias amortiguan un poco el fallo debido a que se deforman más, pero sus resistencias son bajas.
- m) Dentro de la construcción se puede aplicar cualquiera de las mezclas de la investigación, teniendo en cuenta las resistencias requeridas en el diseño y donde van a ser utilizadas, considerando el costo y sus propiedades se puede escoger la más factible.



RECOMENDACIONES

Para la nueva propuesta de concreto se recomienda aspectos como, los pasos para la mezcla de los agregados para garantizar un hormigón con las técnicas y análisis descritos en la investigación.

Se recomienda para los agregados, triturarlos de una manera adecuada para que cumplan con una buena granulometría para el diseño.

Realizar pruebas de hormigones con agregados limpios, que presenten una faja granulométrica dentro de los parámetros, y con una técnica mecánica de mezclado que ayudaría a que todos los agregados se confinen correctamente y cumplir con las resistencias de diseño.

Realizar los ensayos en una sola prensa debido a que estas pueden estar descorregidas y presentar resultados diferentes.

Para el traslado de probetas se puede recomendar llevarlas en recipientes adecuados y evitar roturas y golpes.

Tener un debido control en el almacenamiento de los materiales para evitar confusiones al momento de realizar el proceso de mezclado.

Llevar un respectivo control del curado de las mezclas para evitar la contaminación y pérdida del agua.

Para mejorar la resistencia se recomienda utilizar en lugar de grava, piedra triturada (ripió) debido a sus partes planas ayudan a la adherencia de los agregados.

Se recomienda para las piedras con pesos volumétricos bajos, escoger un tamaño máximo del agregado de $\frac{3}{4}$ para mejorar la mezcla entre los agregados.



BIBLIOGRAFÍA

NTE 0151:87 Cemento. Definiciones y clasificación.

NTE 0152:91 Cemento portland. Requisitos.

NTE 0154:87 Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas.

NTE 0158:87 Cementos. Determinación del tiempo de fraguado. Método de Vicat.

NTE 1573:90 Hormigones. Determinación de la resistencia a la compresión de muestras y probetas cilíndricas de hormigones.

CCS-0 Fundamentos del concreto.

Diseño y Control de mezclas de concreto (Portland Cement Association 2004)

Fundamentos del Hormigón Simple (Marcelo Romo Proaño Msc.)

Dosificación de Mezclas de Hormigón (Orlando Giraldo Rodriguez I.C.)

ACI 211- ACI 323

Rocas y Minerales (Chris Pellant).

Minerales y Rocas, (Basil Booth).

Rocas y Minerales, (James Lagomarsino).

Geología para Ingenieros Geotécnicos, (Harvey)

Materiales para la Construcción, (Chinchilla P).

Consejo de Investigación de Alberta.

NTE INEN 1 573:2010 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de las resistencias a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.

ANEXOS

Obtención de los parámetros de los agregados gruesos y finos. Triturado de los materiales



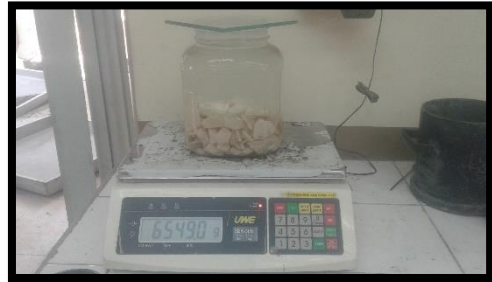
Saturado de los materiales



Lavado de la arena



Peso del picnómetro con agregados gruesos



Peso picnómetro lleno con agua



Pesos agregados superficialmente secos



Materiales para sacar el peso volumétrico



Peso de arena para granulometría





**Matraz para sacar el peso volumétrico
de la arena**



Tamices para el agregado grueso



**Recipientes para encontrar los
pesos volumétricos**



Tamices para el agregado fino





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA DE RÍO

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

SOLICITADO POR : Ing. MSc. Luis Mario Almache

FECHA 17/4/2018



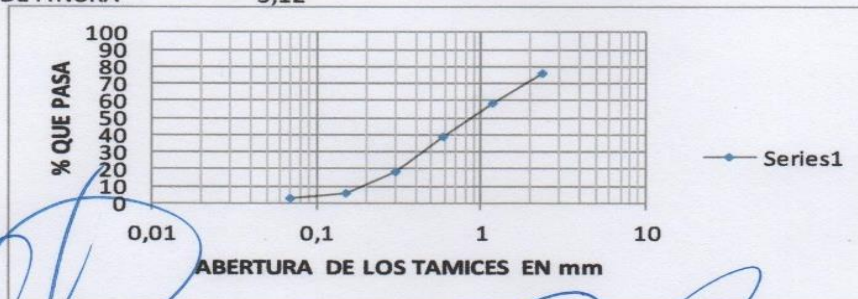
| | ABERTURA | PESO RET. | RET. ACUM. | % | % | % |
|------------|----------|-----------|------------|----------|-------|----------|
| TAMIZ Nº | MM. | GM. | GM. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | | |
| 1" | 25,4 | | | | | |
| 3/4" | 19,1 | | | | | |
| 1/2" | 12,7 | | | | | |
| 3/8" | 9,52 | | | | | |
| Nº4 | 4,76 | | | | | |
| PASA No4 | | 81,4 | 81,4 | 8,97 | 91,03 | |
| 8 | 2,38 | 133,3 | 214,7 | 23,66 | 76,34 | |
| 16 | 1,19 | 164 | 378,7 | 41,73 | 58,27 | |
| 30 | 0,580 | 178,9 | 557,6 | 61,45 | 38,55 | |
| 50 | 0,3 | 183,2 | 740,8 | 81,64 | 18,36 | |
| 100 | 0,15 | 113,3 | 854,1 | 94,12 | 5,88 | |
| 200 | 0,07 | 26,2 | 880,3 | 97,01 | 2,99 | |
| PASA No200 | | 2,3 | | | | |
| TOTAL | | 882,7 | | | | |

PESO ANTES DEL ENSAYO 883,5 PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO = 1000

PESO DESPUÉS DEL ENSAYO 882,7 PESO SECO ANTES DEL LAVADO = 907,44

% DE HUMEDAD 10,2 PESO SECO DESPUÉS DEL LAVADO = 883,5

MODULO DE FINURA 3,12



Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA DE SÍLICE

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

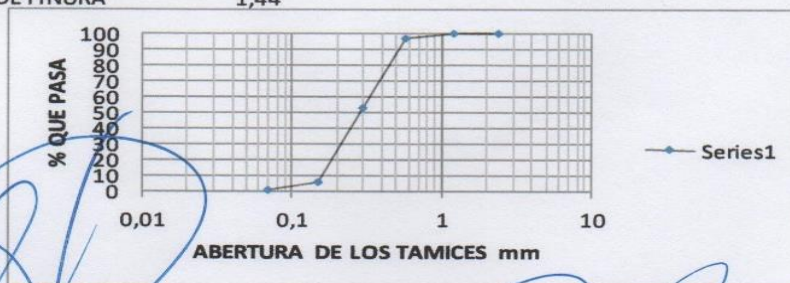
SOLICITADO POR : Ing. MSc. Luis Mario Almache

FECHA 18/4/2018



| | ABERTURA | PESO RET. | RET. ACUM. | % | % | % |
|------------|----------|-----------|------------|----------|--------|----------|
| TAMIZ Nº | MM. | GM. | GM. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | | |
| 1" | 25,4 | | | | | |
| 3/4" | 19,1 | | | | | |
| 1/2" | 12,7 | | | | | |
| 3/8" | 9,52 | | | | | |
| Nº4 | 4,76 | | | | | |
| PASA No4 | | | | 0,00 | 100,00 | |
| 8 | 2,38 | 0,1 | 0,1 | 0,01 | 99,99 | |
| 16 | 1,19 | 0,2 | 0,3 | 0,03 | 99,97 | |
| 30 | 0,580 | 27,6 | 27,9 | 2,81 | 97,19 | |
| 50 | 0,3 | 441 | 468,9 | 47,21 | 52,79 | |
| 100 | 0,15 | 462 | 930,9 | 93,73 | 6,27 | |
| 200 | 0,07 | 50,6 | 981,5 | 98,83 | 1,17 | |
| PASA No200 | | 2,1 | | | | |
| TOTAL | | 983,6 | | | | |

| | | | | |
|-------------------------|--------------|------------------------------|---|---------------|
| PESO ANTES DEL ENSAYO | <u>984,5</u> | PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO | = | <u>1000</u> |
| PESO DESPUÉS DEL ENSAYO | <u>983,6</u> | PESO SECO ANTES DEL LAVADO | = | <u>993,15</u> |
| % DE HUMEDAD | <u>0,69</u> | PESO SECO DESPUÉS DEL LAVADO | = | <u>984,5</u> |
| MODULO DE FINURA | <u>1,44</u> | | | |



Ing. Luis Mario Almache
 Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
 Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO ANDESITA

PROYECTO: Analisis comparativo de resistencias de una mezcla estandar de concreto con agregados alternos y convencionales

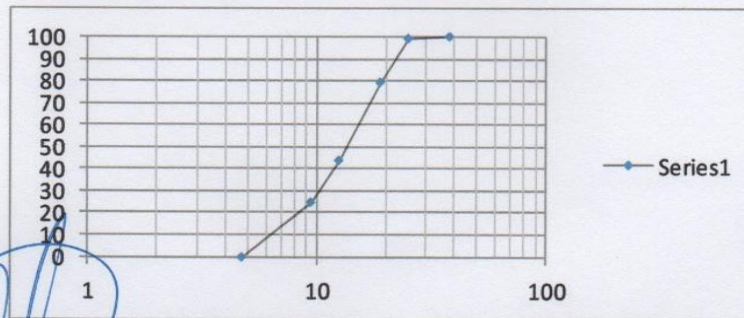


SOLICITADO POR: Ing. MSc. Luis Mario Almache

FECHA: 19/4/2018

| | ABERTURA | PESO RET. | RET.ACUM. | % | % | % |
|----------|----------|-----------|-----------|----------|-------|----------|
| TAMIZ N° | MM. | GR. | GR. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | 100 | |
| 1" | 25,4 | 93,5 | 93,5 | 0,94 | 99,07 | |
| 3/4" | 19,1 | 1946,5 | 2040 | 20,40 | 79,60 | |
| 1/2" | 12,7 | 3567,27 | 5607,27 | 56,07 | 43,93 | |
| 3/8" | 9,52 | 1958,25 | 7565,52 | 75,66 | 24,34 | |
| N°4 | 4,76 | 2434,48 | 10000 | 100,00 | 0,00 | |
| PASA N°4 | | 0 | 0 | | | |

PESO ANTES DEL ENSAYO = 10000 TAMAÑO MAXIMO 1"
PESO DESPUES DEL ENSAYO = 10000



Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO BASALTO

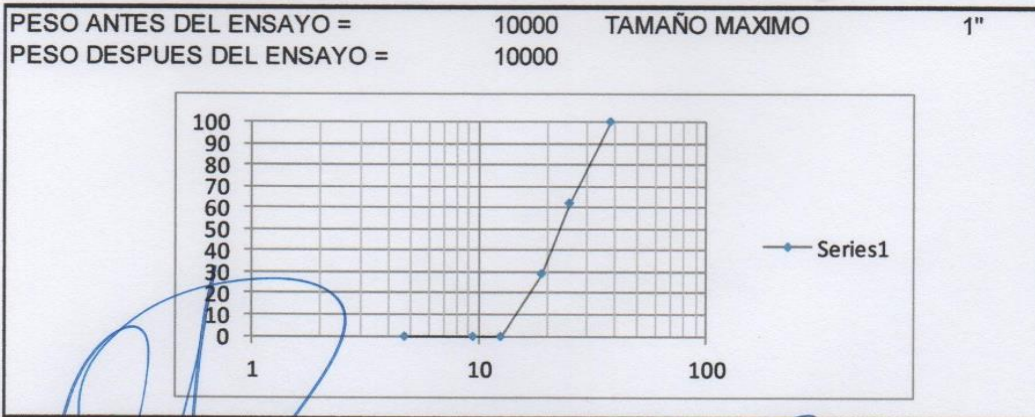
PROYECTO: Analisis comparativo de resistencias de una mezcla estandar de concreto con agregados alternos y convencionales

SOLICITADO POR: Ing. MSc. Luis Mario Almache

FECHA: 19/4/2018



| | ABERTURA | PESO RET. | RET.ACUM. | % | % | % |
|----------|----------|-----------|-----------|----------|-------|----------|
| TAMIZ N° | MM. | GR. | GR. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | 100 | |
| 1" | 25,4 | 3825,5 | 3825,5 | 38,26 | 61,75 | |
| 3/4" | 19,1 | 3250,85 | 7076,35 | 70,76 | 29,24 | |
| 1/2" | 12,7 | 2923,33 | 9999,68 | 100,00 | 0,00 | |
| 3/8" | 9,52 | 0 | 9999,68 | 100,00 | 0,00 | |
| N°4 | 4,76 | 0 | 9999,68 | 100,00 | 0,00 | |
| PASA N°4 | | 0 | 0 | | | |



Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO CUARZO

PROYECTO: Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estandar de concreto con agregados alternos y convencionales

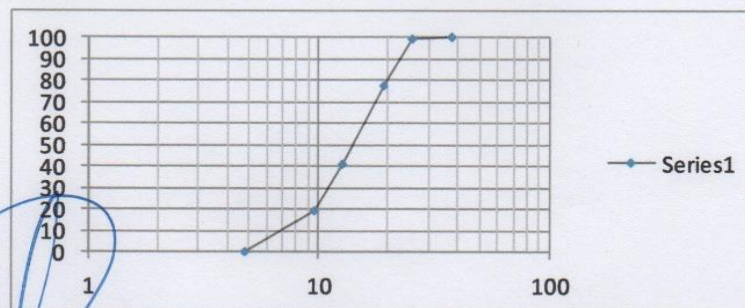
SOLICITADO POR: Ing. MSc. Luis Mario Almache

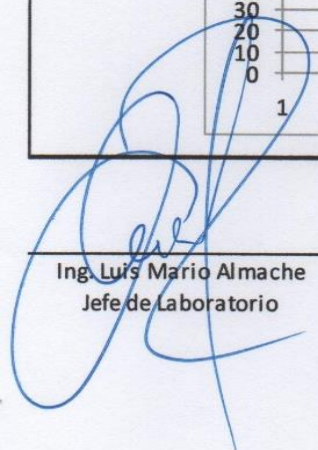
FECHA: 19/4/2018

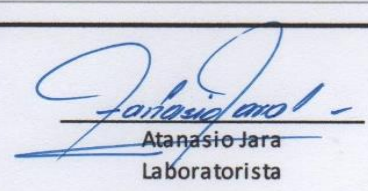


| | ABERTURA | PESO RET. | RET.ACUM. | % | % | % |
|----------|----------|-----------|-----------|----------|-------|----------|
| TAMIZ N° | MM. | GR. | GR. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | 100 | |
| 1" | 25,4 | 103,5 | 103,5 | 1,04 | 98,97 | |
| 3/4" | 19,1 | 2146,5 | 2250 | 22,50 | 77,50 | |
| 1/2" | 12,7 | 3657,5 | 5907,5 | 59,08 | 40,93 | |
| 3/8" | 9,52 | 2144,38 | 8051,88 | 80,52 | 19,48 | |
| N°4 | 4,76 | 1948,12 | 10000 | 100,00 | 0,00 | |
| PASA N°4 | | 0 | 0 | | | |

PESO ANTES DEL ENSAYO = 10000 TAMAÑO MAXIMO 1"
PESO DESPUES DEL ENSAYO = 10000




Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO GRANITO

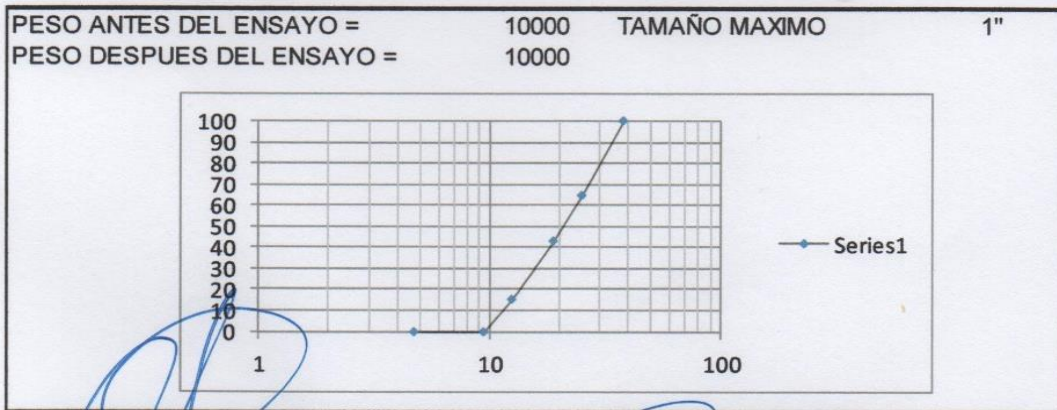
PROYECTO: Analisis comparativo de resistencias de una mezcla estandar de concreto con agregados alternos y convencionales

SOLICITADO POR: Ing. MSc. Luis Mario Almache

FECHA: 19/4/2018



| | ABERTURA | PESO RET. | RET.ACUM. | % | % | % |
|----------|----------|-----------|-----------|----------|-------|----------|
| TAMIZ N° | MM. | GR. | GR. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | 100 | |
| 1" | 25,4 | 3553,25 | 3553,25 | 35,53 | 64,47 | |
| 3/4" | 19,1 | 2175,83 | 5729,08 | 57,29 | 42,71 | |
| 1/2" | 12,7 | 2715,8 | 8444,88 | 84,45 | 15,55 | |
| 3/8" | 9,52 | 1555,12 | 10000 | 100,00 | 0,00 | |
| N°4 | 4,76 | 0 | 10000 | 100,00 | 0,00 | |
| PASA N°4 | | 0 | 0 | | | |



Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

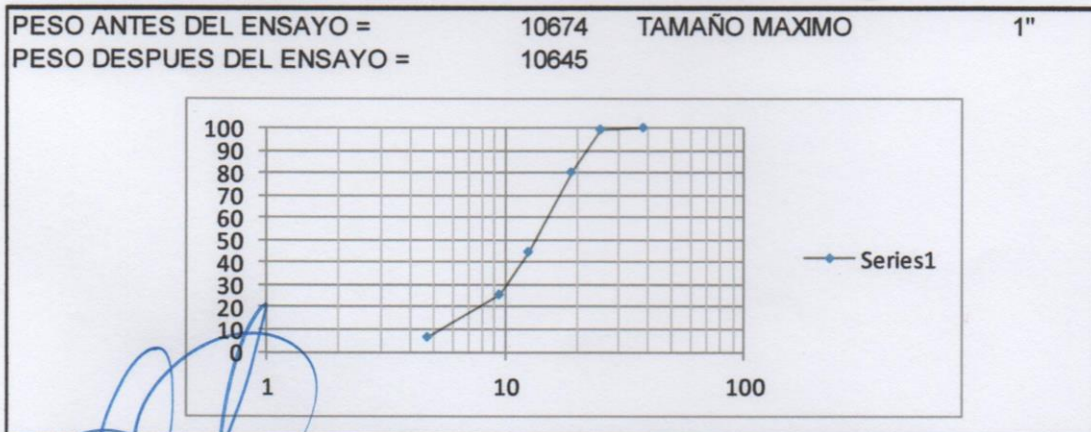
PROYECTO: Analisis comparativo de resistencias de una mezcla estandar de concreto con agregados alternos y convencionales

SOLICITADO POR: Ing. MSc. Luis Mario Almache

FECHA: 19/4/2018



| TAMIZ N° | ABERTURA MM. | PESO RET. GR. | RET.ACUM. GR. | % RETENIDO | % PASA | % ESPECIF. |
|----------|--------------|---------------|---------------|------------|--------|------------|
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | 100 | |
| 1" | 25,4 | 83,5 | 83,5 | 0,78 | 99,22 | |
| 3/4" | 19,1 | 2046,5 | 2130 | 20,01 | 79,99 | |
| 1/2" | 12,7 | 3757,5 | 5887,5 | 55,31 | 44,69 | |
| 3/8" | 9,52 | 2044,5 | 7932 | 74,51 | 25,49 | |
| N°4 | 4,76 | 2040 | 9972 | 93,68 | 6,32 | |
| PASA N°4 | | 673,5 | 673,5 | | | |



Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO PIZARRA

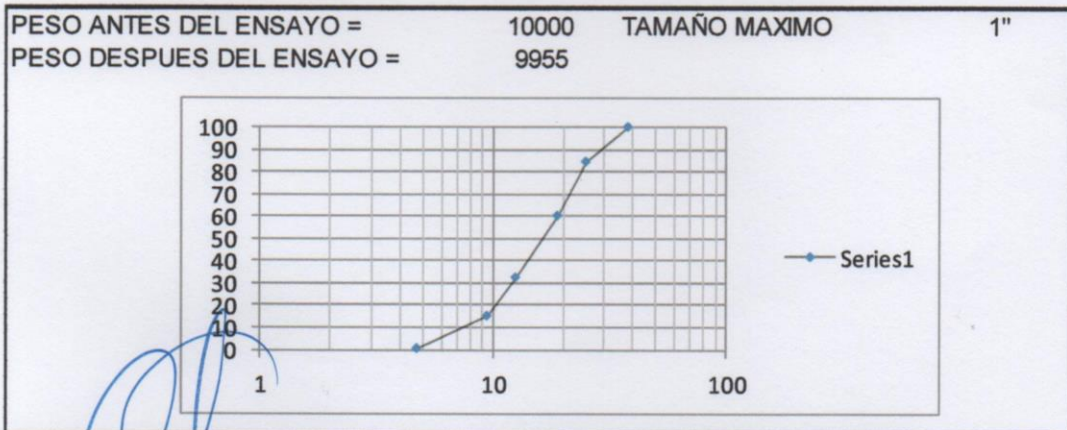
PROYECTO: Analisis comparativo de resistencias de una mezcla estandar de concreto con agregados alternos y convencionales

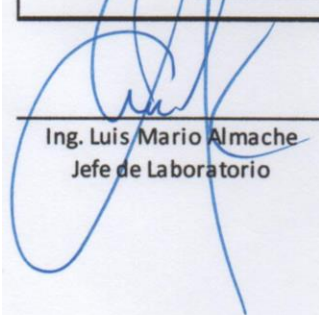


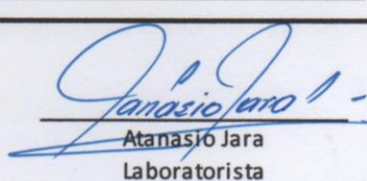
SOLICITADO POR: Ing. MSc. Luis Mario Almache

FECHA: 19/4/2018

| | ABERTURA | PESO RET. | RET.ACUM. | % | % | % |
|----------|----------|-----------|-----------|----------|-------|----------|
| TAMIZ N° | MM. | GR. | GR. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | 100 | |
| 1" | 25,4 | 1525,36 | 1525,36 | 15,32 | 84,68 | |
| 3/4" | 19,1 | 2425,36 | 3950,72 | 39,69 | 60,31 | |
| 1/2" | 12,7 | 2757,21 | 6707,93 | 67,38 | 32,62 | |
| 3/8" | 9,52 | 1723,5 | 8431,43 | 84,70 | 15,30 | |
| N°4 | 4,76 | 1513,57 | 9945 | 99,90 | 0,10 | |
| PASA N°4 | | 55 | 55 | | | |




Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO PÓMEZ

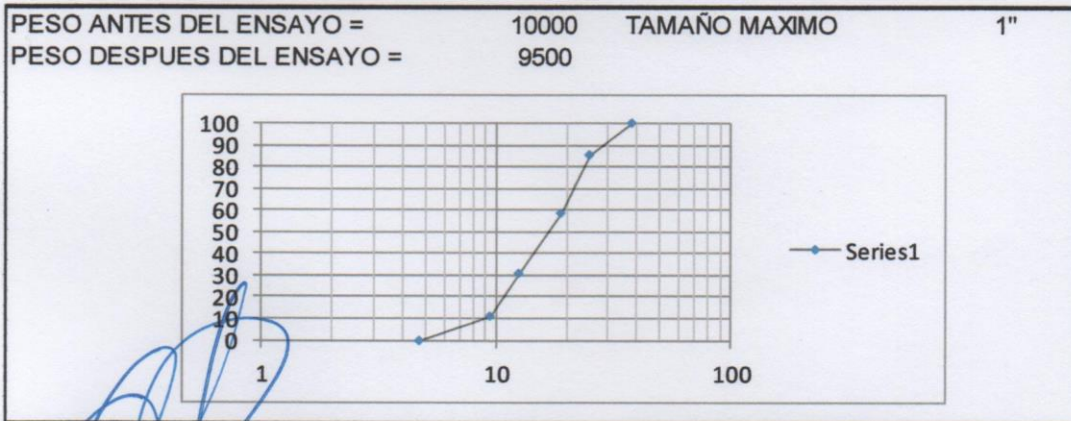
PROYECTO: Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estandar de concreto con agregados alternos y convencionales

SOLICITADO POR: Ing. MSc. Luis Mario Almache

FECHA: 19/4/2018



| | ABERTURA | PESO RET. | RET.ACUM. | % | % | % |
|----------|----------|-----------|-----------|----------|-------|----------|
| TAMIZ N° | MM. | GR. | GR. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | 100 | |
| 1" | 25,4 | 1425,36 | 1425,36 | 15,00 | 85,00 | |
| 3/4" | 19,1 | 2525,36 | 3950,72 | 41,59 | 58,41 | |
| 1/2" | 12,7 | 2657,21 | 6607,93 | 69,56 | 30,44 | |
| 3/8" | 9,52 | 1823,5 | 8431,43 | 88,75 | 11,25 | |
| N°4 | 4,76 | 1068,57 | 9500 | 100,00 | 0,00 | |
| PASA N°4 | | 500 | 500 | | | |



Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANALISIS GRANULOMETRICO PUMITA

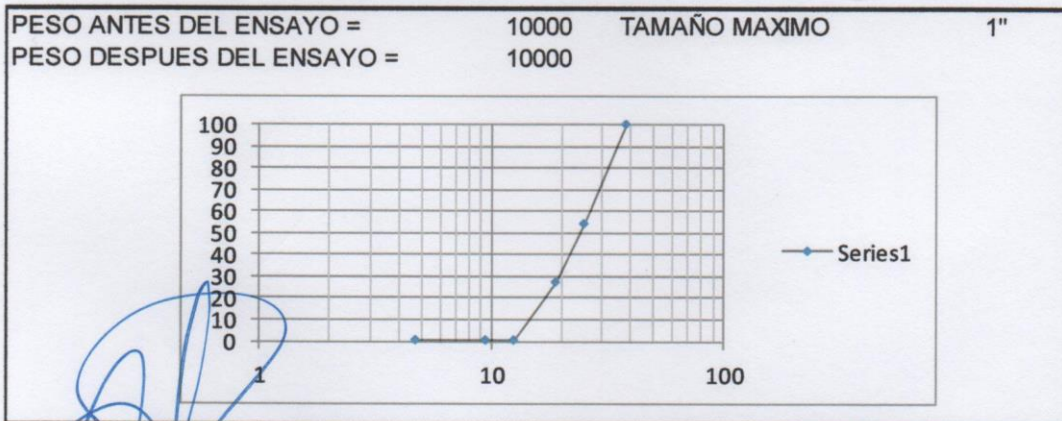
PROYECTO: Analisis comparativo de resistencias de una mezcla estandar de concreto con agregados alternos y convencionales

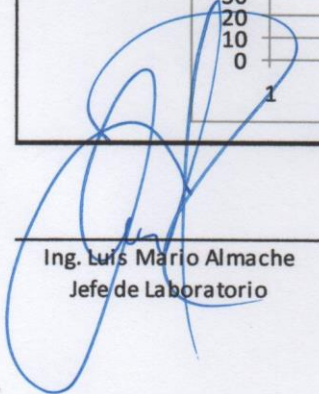
SOLICITADO POR: Ing. MSc. Luis Mario Almache

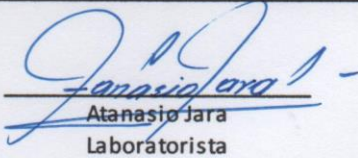
FECHA: 19/4/2018



| | ABERTURA | PESO RET. | RET.ACUM. | % | % | % |
|----------|----------|-----------|-----------|----------|-------|----------|
| TAMIZ N° | MM. | GR. | GR. | RETENIDO | PASA | ESPECIF. |
| 3" | 76,2 | | | | | |
| 2 1/2" | 63,5 | | | | | |
| 2" | 50,8 | | | | | |
| 1 1/2" | 38,1 | | | | 100 | |
| 1" | 25,4 | 4553,25 | 4553,25 | 45,53 | 54,47 | |
| 3/4" | 19,1 | 2675,83 | 7229,08 | 72,29 | 27,71 | |
| 1/2" | 12,7 | 2715,92 | 9945 | 99,45 | 0,55 | |
| 3/8" | 9,52 | 0 | 9945 | 99,45 | 0,55 | |
| N°4 | 4,76 | 0 | 9945 | 99,45 | 0,55 | |
| PASA N°4 | | 0 | 0 | | | |




Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

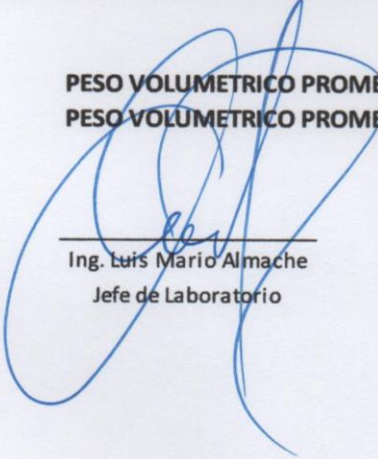
MATERIAL Andesita

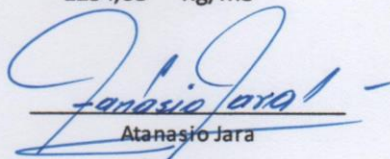
FECHA 20/4/2018

| DATOS | ENSAYOS | | |
|------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 5876,00 | 5876,00 | 5876,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 9155,62 | 9155,62 | 9155,62 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 17305,50 | 17357,50 | 17427,00 |
| PESO DEL MATERIAL | 11429,50 | 11481,50 | 11551,00 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,25 | 1,25 | 1,26 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

1,25 gr/cm3
1254,68 Kg/m3


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

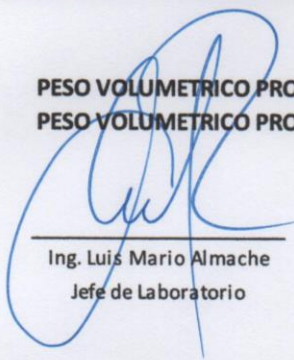
MATERIAL Basalto

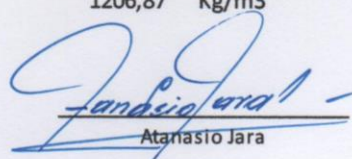
FECHA 20/4/2018

| D A T O S | E N S A Y O S | | |
|------------------------|---------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 5876,00 | 5876,00 | 5876,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 9155,62 | 9155,62 | 9155,62 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 16927,50 | 16944,00 | 16905,50 |
| PESO DEL MATERIAL | 11051,50 | 11068,00 | 11029,50 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,21 | 1,21 | 1,20 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

1,21 gr/cm3
1206,87 Kg/m3


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

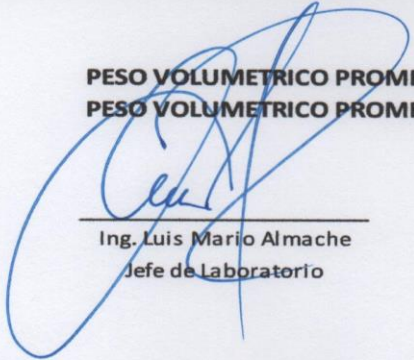
MATERIAL Granito

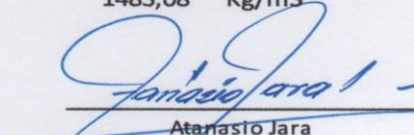
FECHA 20/4/2018

| DATOS | ENSAYOS | | |
|------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 5876,00 | 5876,00 | 5876,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 9155,62 | 9155,62 | 9155,62 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 19507,50 | 19375,00 | 19481,00 |
| PESO DEL MATERIAL | 13631,50 | 13499,00 | 13605,00 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,49 | 1,47 | 1,49 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

1,48 gr/cm3
1483,08 Kg/m3


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

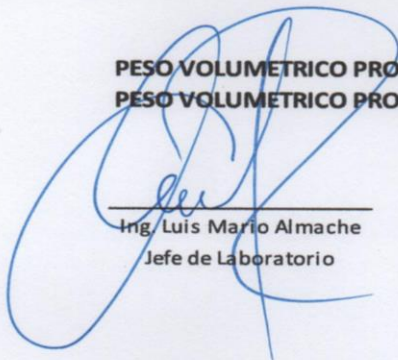
MATERIAL Grava

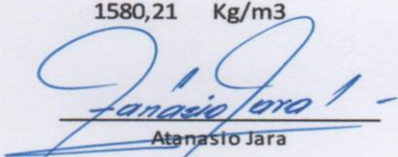
FECHA 20/4/2018

| D A T O S | E N S A Y O S | | |
|------------------------|---------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 5876,00 | 5876,00 | 5876,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 9155,62 | 9155,62 | 9155,62 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 20349,00 | 20335,50 | 20345,00 |
| PESO DEL MATERIAL | 14475,00 | 14459,50 | 14469,00 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,58 | 1,58 | 1,58 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

1,58 gr/cm³
1580,21 Kg/m³


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atenasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

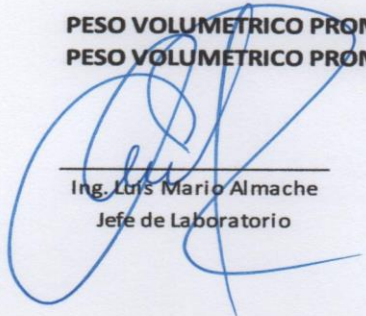
MATERIAL Pizarra

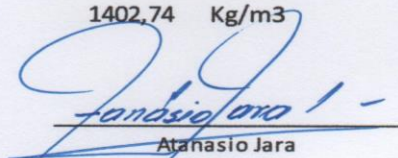
FECHA 20/4/2018

| D A T O S | E N S A Y O S | | |
|------------------------|---------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 5876,00 | 5876,00 | 5876,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 9155,62 | 9155,62 | 9155,62 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 18506,00 | 18764,00 | 18887,00 |
| PESO DEL MATERIAL | 12630,00 | 12888,00 | 13011,00 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,38 | 1,41 | 1,42 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

1,40 gr/cm3
1402,74 Kg/m3


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

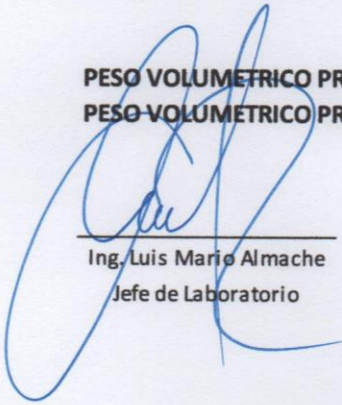
MATERIAL Pómez


FECHA 20/4/2018

| DATOS | ENSAYOS | | |
|------------------------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 5876,00 | 5876,00 | 5876,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 9155,62 | 9155,62 | 9155,62 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 9807,00 | 9820,00 | 9830,50 |
| PESO DEL MATERIAL | 3931,00 | 3944,00 | 3954,50 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 0,43 | 0,43 | 0,43 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

0,43 gr/cm3
430,68 Kg/m3


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

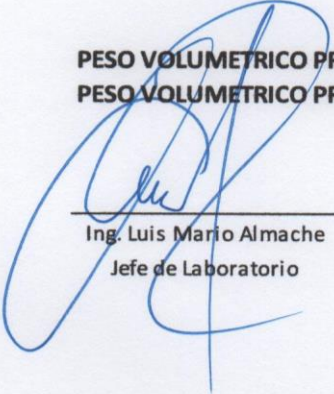
MATERIAL Pumita

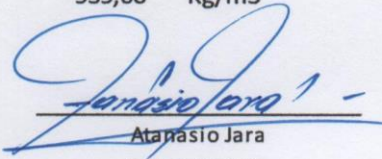
FECHA 20/4/2018

| DATOS | ENSAYOS | | |
|------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 5876,00 | 5876,00 | 5876,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 9155,62 | 9155,62 | 9155,62 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 14460,50 | 14472,00 | 14488,50 |
| PESO DEL MATERIAL | 8584,50 | 8596,00 | 8612,50 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 0,94 | 0,94 | 0,94 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

0,94 gr/cm3
939,06 Kg/m3


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

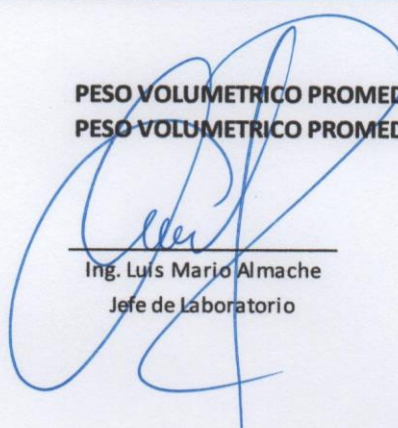
MATERIAL Arena de río


FECHA 20/4/2018

| D A T O S | E N S A Y O S | | |
|------------------------|---------------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 3409,00 | 3409,00 | 3409,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 2873,90 | 2873,90 | 2873,90 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 7855,00 | 7852,50 | 7828,00 |
| PESO DEL MATERIAL | 4446,00 | 4443,50 | 4419,00 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,55 | 1,55 | 1,54 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

1,54 gr/cm³
1543,61 Kg/m³


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD DE CATÓLICA DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

(Método de la ASTM C-20)

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

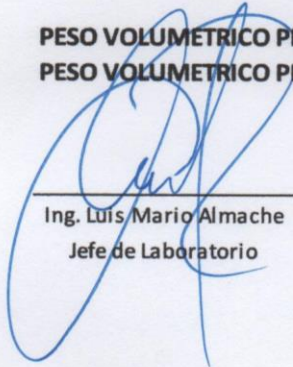
MATERIAL Arena de sílice

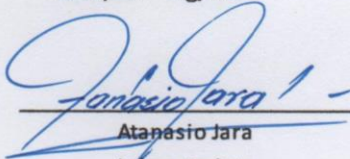
FECHA 20/4/2018

| DATOS | ENSAYOS | | |
|------------------------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PESO DEL RECIPIENTE | 3409,00 | 3409,00 | 3409,00 |
| VOLUMEN DEL RECIPIENTE | 2873,90 | 2873,90 | 2873,90 |
| RECIPIENTE + MATERIAL | 7253,50 | 7213,50 | 7175,00 |
| PESO DEL MATERIAL | 3844,50 | 3804,50 | 3766,00 |
| PESO VOLUMÉTRICO | 1,34 | 1,32 | 1,31 |

PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =
PESO VOLUMETRICO PROMEDIO =

1,32 gr/cm³
1323,98 Kg/m³


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanásio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Andesita

FECHA 23/4/2018

MÉTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

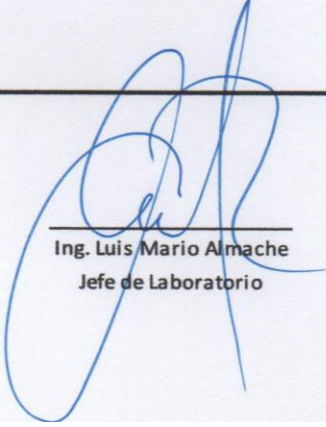
A= 1623,50 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 6346,50 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 5414,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D= 1530,00 g PESO DEL MATERIAL SECO

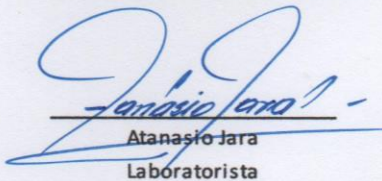
$$\text{PESO ESPECÍFICO SECO} = \frac{D}{D - (B - C)} = 2,561 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMETE SECO} = \frac{A}{A - (B - C)} = 2,349 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO APARENTE} = \frac{D}{D - (B - C)} = 2,561 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ DE ABSORCIÓN} = \frac{100(A - D)}{D} = 6,11\%$$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto
con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Basalto

FECHA 23/4/2018

MÈTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

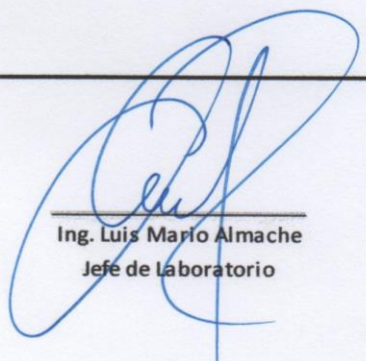
A= 2039,00 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 6635,50 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 5414,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D= 2013,50 g PESO DEL MATERIAL SECO

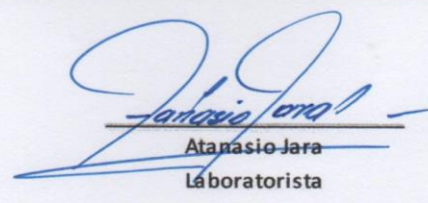
PESO ESPECÍFICO SECO $\frac{D}{D - (B - C)}$ = 2,542 gr/cm³

**PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICIALMETE SECO** $\frac{A}{A - (B - C)}$ = 2,494 gr/cm³

PESO ESPECÍFICO APARENTE $\frac{D}{D - (B - C)}$ = 2,542 gr/cm³

% DE ABSORCIÓN $\frac{100(A - D)}{D}$ = 1,27%


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto
con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Cuarzo

FECHA 23/4/2018

MÈTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

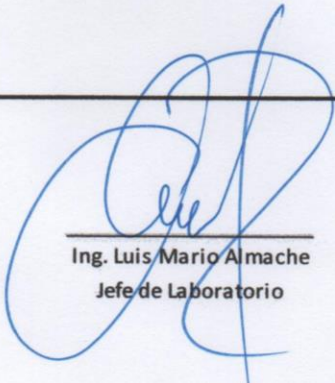
| | | |
|----|------------------|--|
| A= | <u>1798,50 g</u> | PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO |
| B= | <u>6549,00 g</u> | PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA |
| C= | <u>5414,00 g</u> | PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA |
| D= | <u>1769,50 g</u> | PESO DEL MATERIAL SECO |

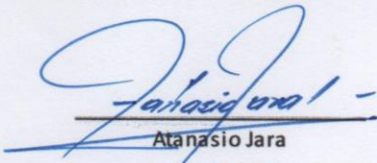
$$\text{PESO ESPECÍFICO SECO} = \frac{D}{D - (B - C)} = 2,789 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMETE SECO} = \frac{A}{A - (B - C)} = 2,711 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO APARENTE} = \frac{D}{D - (B - C)} = 2,789 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ DE ABSORCIÓN} = \frac{100(A - D)}{D} = 1,64\%$$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto
con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Granito

FECHA 23/4/2018

MÉTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

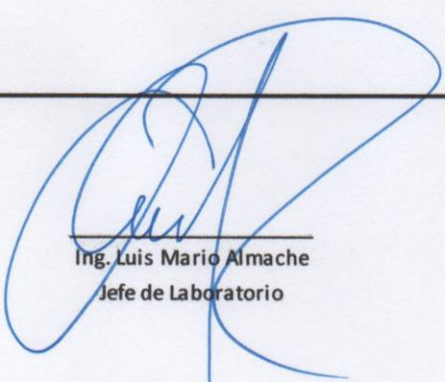
A= 1673,00 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 6434,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 5414,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D= 1643,50 g PESO DEL MATERIAL SECO

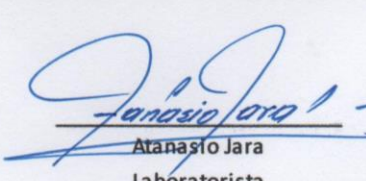
$$\text{PESO ESPECÍFICO SECO} = \frac{D}{D - (B - C)} = 2,636 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMETE SECO} = \frac{A}{A - (B - C)} = 2,562 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO APARENTE} = \frac{D}{D - (B - C)} = 2,636 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ DE ABSORCIÓN} = \frac{100(A - D)}{D} = 1,79\%$$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto
con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Grava

FECHA 23/4/2018

MÉTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

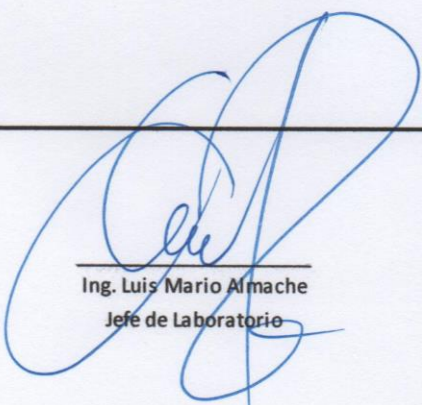
A= 1927,50 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 6614,50 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 5414,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D= 1892,00 g PESO DEL MATERIAL SECO

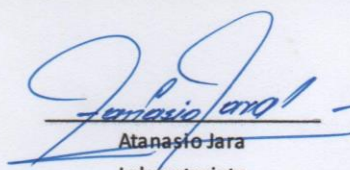
PESO ESPECÍFICO SECO $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,736 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMETE SECO $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,651 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO APARENTE $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,736 \text{ gr/cm}^3$

% DE ABSORCIÓN $\frac{100(A - D)}{D} = 1,88\%$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto
con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Pizarra

FECHA 23/4/2018

MÉTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

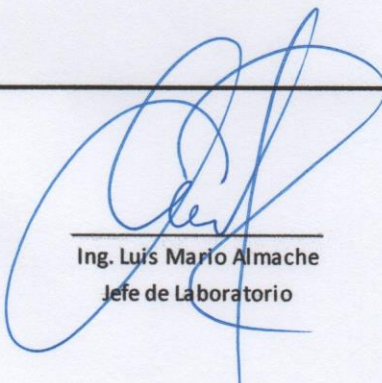
A= 1549,00 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 6381,50 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 5414,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D= 1506,00 g PESO DEL MATERIAL SECO

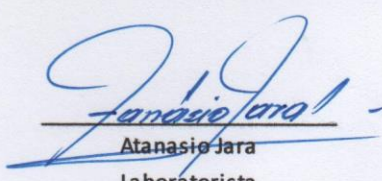
PESO ESPECÍFICO SECO $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,797 \text{ gr/cm}^3$

**PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICIALMETE SECO** $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,664 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO APARENTE $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,797 \text{ gr/cm}^3$

% DE ABSORCIÓN $\frac{100(A - D)}{D} = 2,86\%$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto
con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Pómez

FECHA 23/4/2018

MÈTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

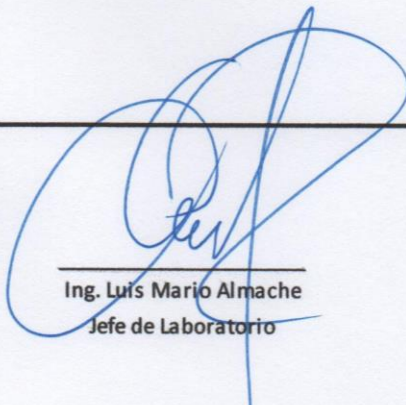
A= 908,00 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 5551,50 g PESO DEL PIGNÒMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 5414,00 g PESO DEL PIGNÒMETRO + AGUA
D= 488,50 g PESO DEL MATERIAL SECO


$$\text{PESO ESPECÍFICO SECO} = \frac{D}{D - (B - C)} = 1,392 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMETE SECO} = \frac{A}{A - (B - C)} = 1,178 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{PESO ESPECÍFICO APARENTE} = \frac{D}{D - (B - C)} = 1,392 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ DE ABSORCIÓN} = \frac{100(A - D)}{D} = 85,88\%$$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto
con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Pumita

FECHA 23/4/2018

MÈTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

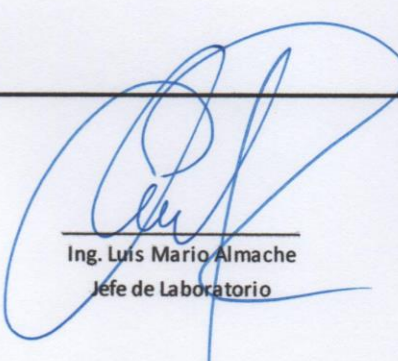
A= 1444,50 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 6027,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 5414,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D= 1337,50 g PESO DEL MATERIAL SECO

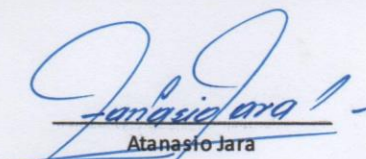
PESO ESPECÍFICO SECO $\frac{D}{D - (B - C)} = 1,846 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICIALMETE SECO $\frac{A}{A - (B - C)} = 1,737 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO APARENTE $\frac{D}{D - (B - C)} = 1,846 \text{ gr/cm}^3$

% DE ABSORCIÓN $\frac{100(A - D)}{D} = 8,00\%$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto
con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Arena de río

FECHA 23/4/2018

MÉTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

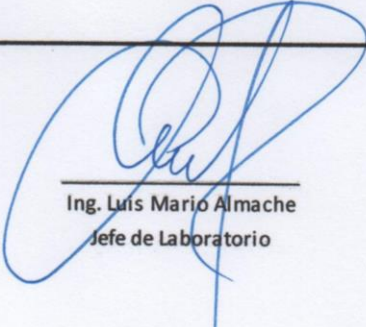
A= 200,00 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 775,90 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 658,00 g PESO DEL PIGNÓMETRO + AGUA
D= 190,20 g PESO DEL MATERIAL SECO

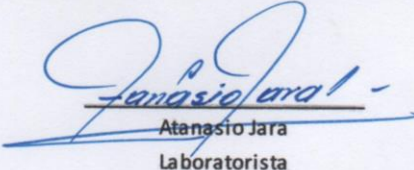
PESO ESPECÍFICO SECO $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,631 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO SATURADO
SUPERFICIALMETE SECO $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,436 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO APARENTE $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,631 \text{ gr/cm}^3$

% DE ABSORCIÓN $\frac{100(A - D)}{D} = 5,15\%$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS

PROYECTO Análisis comparativo de resistencias de una mezcla estándar de concreto con agregados alternos y convencionales

MATERIAL Arena de sílice

FECHA 23/4/2018

MÉTODO DEL PIGNÓMETRO

Material Retenido en el Tamiz No. 4

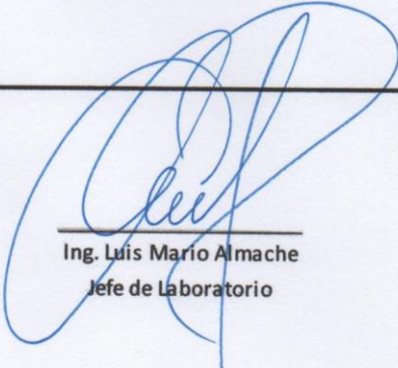
A= 200,00 g PESO DEL MATERIAL SUPERFICIALMENTE SECO Y SATURADO
B= 781,50 g PESO DEL PIGNÓNMETRO + AGUA + MUESTRA
C= 657,40 g PESO DEL PIGNÓNMETRO + AGUA
D= 197,90 g PESO DEL MATERIAL SECO

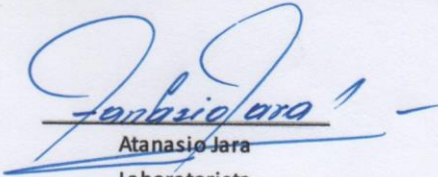
PESO ESPECÍFICO SECO $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,682 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO SATURADO SUPERFICIALMETE SECO $\frac{A}{A - (B - C)} = 2,635 \text{ gr/cm}^3$

PESO ESPECÍFICO APARENTE $\frac{D}{D - (B - C)} = 2,682 \text{ gr/cm}^3$

% DE ABSORCIÓN $\frac{100(A - D)}{D} = 1,06\%$


Ing. Luis Mario Almache
Jefe de Laboratorio


Atanasio Jara
Laboratorista



**Memoria fotográfica
Almacenamiento de los materiales**



Pesos de los agregados y Mezclas





Refrendado de las probetas



Desencofrado y Curado





Toma de pesos y diámetros de probetas



Ensayo de las Probetas







