

**INFLUENCIA DEL REEMPLAZO DE CALIZA POR CEMENTO CON  
PORCENTAJES (5,10 Y 30) EN MEZCLA DE CONCRETO CON RELACIÓN AGUA  
CEMENTO (0.80, 0.65 Y 0.50)**

JEISON CAMILO ALMANZAR JOYA  
JULIÁN DAVID CAMARGO VARGAS



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ D.C.**

**2016**

**INFLUENCIA DEL REEMPLAZO DE CALIZA POR CEMENTO CON  
PORCENTAJES (5,10 Y 30) EN MEZCLA DE CONCRETO CON RELACIÓN AGUA  
CEMENTO (0.80, 0.65 Y 0.50)**

JEISON CAMILO ALMANZAR JOYA  
JULIÁN DAVID CAMARGO VARGAS

**PROYECTO DE GRADO**

**ASESOR DISCIPLINAR:**

LUCIO GUILLERMO LÓPEZ YÉPEZ  
COASESOR. MATEO GUTIÉRREZ GONZÁLEZ

**ASESOR METODOLÓGICO:**

BIBIANA CAROLINA GÓMEZ SALGADO

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.**

**2016**

## CONTENIDO

TÍTULO.....	8
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	8
SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	8
AUTORES .....	8
ASESORES .....	8
LUGAR .....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
1.1. PREGUNTA PROBLEMA .....	10
2. JUSTIFICACIÓN .....	11
3. OBJETIVO GENERAL.....	12
3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	12
4. HIPÓTESIS.....	13
5. ANTECEDENTES .....	14
6. MARCOS REFERENCIALES.....	17
6.1. MATERIALES .....	17
6.1.1. Concreto.....	17
6.1.2. Agregado grueso .....	17
6.1.3. Dosificación .....	17
6.1.4. Relación agua-cemento.....	18
6.2. CÁLCULOS.....	18
6.2.1. Cálculos de resistencia a la compresión.....	18
6.2.2. Cálculo de densidad .....	19
6.2.3. Cálculo de Módulo de elasticidad .....	19
6.2.4. Calculo módulo de finura .....	20
6.3. MARCO LEGAL .....	21
6.4. MARCO TEÓRICO.....	22
6.4.1. La caliza .....	22
6.4.2. Tipos de piedra caliza .....	24

6.4.3.	Propósito del análisis de espectroscopia de fluorescencia de rayos x (frx).....	25
6.4.3.1	Metodología.....	25
6.4.3.2	Resultados del análisis de espectroscopia de fluorescencia de rayos x (frx).....	26
6.4.4	El concreto.....	26
6.4.5	Módulo de elasticidad en el concreto.....	27
6.4.6	Resistencia a la compresión en concretos .....	28
6.4.6.1	Modelos de fractura típicos .....	29
7	DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
7.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
7.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	30
7.3	FASES DE LA INVESTIGACIÓN .....	30
7.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	32
7.4.1	Métodos de muestreo y ensayo .....	32
7.4.2	Nomenclatura de los materiales .....	33
7.5	MATERIALES .....	33
7.5.1	Descripción de los materiales .....	35
7.6	DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO 300 PSI .....	38
8	RESULTADOS .....	40
9	CONCLUSIONES .....	55
10	RECOMENDACIONES.....	56
11	REFERENCIAS.....	57

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 . Investigaciones previas relacionadas.....	14
Tabla 2. Normatividad de la investigación.....	21
Tabla 3 . PRINCIPALES USOS DE LA CALIZA .....	23
Tabla 4. COMPUESTOS DE LA CALIZA .....	26
Tabla 5. Descripciones físicas de los materiales. ....	33
Tabla 6. Análisis granulométrico agregado grueso .....	35
Tabla 7. Datos agregado grueso .....	35
Tabla 8. Análisis granulométrico agregado fino 1 .....	36
Tabla 9. Análisis granulométrico agregado fino 2 .....	36
Tabla 10. Datos agregado fino .....	37
Tabla 11. Módulo de finura cemento - caliza.....	37
Tabla 12. Módulo de finura cemento - caliza.....	37
Tabla 13. Tabla datos de diseño de mezcla.....	38
Tabla 14. Volúmenes absolutos agua cemento de 0.80 .....	38
Tabla 15. Volúmenes absolutos agua - cemento de 0.65.....	38
Tabla 16. Volúmenes absolutos agua - cemento de 0.50.....	39
Tabla 17. Relaciones agua cemento 0.50% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 28 días.....	40
Tabla 18. Relaciones agua cemento 0.65% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 28 días.....	41
Tabla 19. Relaciones agua cemento 0.80% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 28 días.....	42
Tabla 20. Relaciones agua cemento 0.50% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días.....	43
Tabla 21. Relaciones agua cemento 0.65% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días.....	44
Tabla 22. Relaciones agua cemento 0.80% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días.....	45
Tabla 23. Relaciones agua cemento 0.50%, 0.65% y 0.80% resistencia a la compresión vs porcentaje de caliza curado a 28 días. ....	46
Tabla 24. Relaciones agua cemento 0.50%, 0.65% y 0.80% resistencia a la compresión vs porcentaje de caliza curado a 56 días. ....	47
Tabla 25. Comparativo Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80 módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 28 días. ....	48
Tabla 26. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días.....	49
Tabla 27. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, esfuerzo vs porcentaje de caliza curado a 28 días.....	51
Tabla 28. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, esfuerzo vs porcentaje de caliza curado a 56 días.....	51
Tabla 29. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días.....	53

<b>Tabla 30. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, esfuerzo vs porcentaje de caliza curado a 56 días.....</b>	<b>53</b>
---	-----------

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Piedra caliza.....	22
Gráfica 2 Resistencia a la compresión vs deformación unitaria.....	27
Gráfica 3. Maquina en proceso resistencia a la compresión. ....	28
Gráfica 4. Tipos de fractura en cilindros de concreto, resistencia a la compresión. ....	29
Gráfica 5. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.50% curado a 28 días.....	40
Gráfica 6. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.65% curado a 28 días.....	41
Gráfica 7. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.80% curado a 28 días.....	42
Gráfica 8. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.50% curado a 56 días.....	43
Gráfica 9. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.65% curado a 56 días.....	44
Gráfica 10. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.80% curado a 56 días.....	45
Gráfica 11. Resistencia a la compresión vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.50%, 0.65% y 0.80% curado a 28 días.....	46
Gráfica 12. Resistencia a la compresión vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.50%, 0.65% y 0.80% curado a 56 días.....	47
Gráfica 13. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0, 5, 10 y 30 con relación agua cemento del 0.50, 0.65 y 0.80 por ciento curado a 28 días.....	48
Gráfica 14. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0, 5, 10 y 30 con relación agua cemento del 0.50, 0.65 y 0.80 por ciento curado a 56 días.....	50
Gráfica 15. Esfuerzo vs porcentaje de caliza de 0, 5, 10 y 30 con relación agua cemento del 0.50, 0.65 y 0.80 por ciento curado a 28 y 56 días.....	52
Gráfica 16. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0, 5, 10 y 30 con relación agua cemento del 0.50, 0.65 y 0.80 por ciento curado a 28 y 56 días.....	54

## **GENERALIDADES**

### **TÍTULO**

INFLUENCIA DE LA CALIZA CON PORCENTAJES (5,10 Y 30%) EN CONCRETO  
CON RELACIÓN AGUA CEMENTO (0.80, 0.65 Y 0.50)

### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

ESTRUCTURAS

### **SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Edificaciones y obras civiles con el mecanismo apropiado para el buen desarrollo del  
concreto.

### **AUTORES**

### **ASESORES**

### **LUGAR**

LA GRAN COLOMBIA – BOGOTÁ – COLOMBIA



## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación experimenta con la materia prima como es la caliza, siendo este un material de bastante abundancia en nuestro país, y con un costo mucho más bajo que el del cemento. Siendo un óptimo candidato como agregado en un diseño de mezcla de concreto.

Claro está que debe cumplir con ciertos requisitos como su composición, su finura y entre otras características físicas comparadas con el cemento para que así este pueda llegar a datos y conclusiones confiables.

Se deciden tomar diseños de mezcla de relaciones agua cemento del 0.50%, 0.65% y 0.80% y con reemplazo de caliza por cemento en porcentajes del 5%, 10% y 30%. Creando muestras de cilindros con tiempos de curado de 28 días y de 56 días, tomando como punto de partida un diseño de mezcla con 0% de reemplazo de caliza para poder comparar con las mismas relaciones agua cemento ya nombradas, para así medir la influencia que tiene la caliza en reemplazo tanto en la resistencia como en su módulo de elasticidad al ser agregada en un diseño de mezcla con las especificaciones descritas anteriormente.

Se llega a ver que el reemplazo de caliza por cemento en un concreto cambia por completo sus capacidades mecánicas, hablando de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad; también si fijamos en relaciones agua cemento ( $a/c$ ) tan altas dan valores variables como se esperaba en un diseño de 0% de reemplazo de caliza, pero dio una respuesta diferente en el curado con 56 días, este ajusta el módulo de elasticidad, y es más notorio en relaciones de agua cemento altos y con reemplazo de caliza al 30%.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante varias décadas la humanidad va generando una implementación de un concreto simple, sin aplicar ningún tipo de material, con el paso del tiempo para la creación de un concreto u hormigón diferente, ha buscado de diferentes maneras el mejoramiento del concreto, pero mediante la creación e innovación de las nuevas investigación se van implementado nuevos materiales para mejorar muchas de sus propiedades mecánicas, buscado así mantener o mejorar estas características similares al concreto convencional.

Se desconoce los efectos mecánicos que causa la caliza en un concreto con relación agua cemento alto y variación en cuanto al reemplazo de caliza por cemento en distintas proporciones, también se desconoce el porcentaje de pureza en Carbonato de Calcio que contiene la caliza.

Si se tiene en cuenta en cuanto de resistencia y módulo de elasticidad en un concreto, es indispensable pensar a que se debe la implementación de este material y en qué tipo de estructura se piensa desarrollar, considerando muchos factores uno de ellos es el lugar donde se va a desenvolver, por lo tanto un concreto debe ser tratado química, física y mecánicamente mediante distintos procesos para obtener una resistencia adecuada según la NSR-10 que nos indica los procedimientos para cumplir con una óptima elaboración de cualquier proyecto.

Teniendo en cuenta las normas, cual es la influencia de la caliza en reemplazo a cemento en el concreto mediante una serie de pruebas, que nos indique cómo se comporta este material, teniendo en cuenta que se va a trabajar, con tipos de relación agua cemento (a/c) en una forma alta y se va a reemplazar el cemento por caliza en diferentes porcentajes y así ver cuál es el resultado obtenido.

Con base a lo anterior, se planteó la siguiente pregunta de investigación:

### **1.1. PREGUNTA PROBLEMA**

¿Cuál es la variación de la resistencia a la comprensión y el módulo de elasticidad en concretos con reemplazo del agregado Caliza con diferentes porcentajes: 5%, 10% y 30%; teniendo en cuenta que tiene el mismo factor de finura con relaciones de agua cemento altas de 0.80, 0.65 y 0.50?

## 2. JUSTIFICACIÓN

En la ingeniería a medida que va pasando el tiempo se va haciendo más importante el querer generar innovación e implementación de materiales, formas y de más, que ayuden al medio ambiente y al buen vivir del ser humano. En este caso se habla de concreto donde han querido mejorar y tener distintas variaciones en cuanto a lo mecánico, resistencia, módulo de elasticidad y demás.

La caliza es un material importante para la realización del cemento, se agrega en un porcentaje adecuado para que este tenga una excelente fabricación. Pensado en este argumento al momento de generar un diseño de mezcla siendo la caliza un reemplazante de cemento en diferentes porcentajes, y observando así los cambios que se presentan en comparación con un concreto, sin reemplazo de ninguna índole.

En Colombia se ha adaptado la adición de caliza, en la construcción de estructuras y para diversos usos, sin tomar en cuenta los cambios mecánicos que puede tener el concreto y las consecuencias que puede generar en las propiedades físicas en una mezcla, por ello es esencial, el ir más a fondo en las diferentes propiedades y manejos que se le deben dar a este componente para así dar una mezcla adecuada, respetando las exigencias de un concreto óptimo. Pues de ser posible este reemplazo de caliza por cemento en un concreto, la disminución de costos, se reflejaría en un alto porcentaje, además de ello la afectación del medio ambiente se reduciría de una manera considerable.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

- Analizar la variación y la influencia de la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad en concretos con reemplazo de caliza por cemento en diferentes porcentajes (5, 10, y 30%), para unas relaciones de agua cemento de 0.5 0.65 y 0.80.

#### **3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Identificar como varía la resistencia a compresión y módulo de elasticidad según el porcentaje de reemplazo de Caliza en un 5% y con relaciones  $A/c$  de 0.5 0.65 y 0.80.
- Determinar cómo varía la resistencia a compresión y módulo de elasticidad según el porcentaje de reemplazo de Caliza en un 10% y con relaciones  $A/c$  de 0.5 0.65 y 0.80.
- Evaluar como varía la resistencia a compresión y módulo de elasticidad según el porcentaje de reemplazo de Caliza en un 30% y con relaciones  $A/c$  de 0.5 0.65 y 0.80

#### **4. HIPÓTESIS**

Las variaciones que presentan en la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad con la adición de ciertos porcentajes de caliza en el concreto es óptimo, probado con diferentes relaciones de agua cemento y mostrando una aceptación adecuada y dándole una consistencia aceptable.

Siendo este, un material que reduce las cantidades de cemento necesarias para cumplir con las resistencias requeridas en el diseño de mezcla deseado, teniendo alteraciones muy bajas al momento de compararlo con concretos que en su composición no poseen ninguna adición de caliza.

## 5. ANTECEDENTES

Para la presente investigación se realizó un exhausto de la información y contamos con trabajo a nivel internacional, nacional y local.

Con el transcurso del tiempo se han ´presentado documentos donde se han plasmado las diferentes investigaciones que muestran los avances en cuanto a los efectos producidos por el remplazo de caliza en la mezcla del concreto.

**Tabla 1 . Investigaciones previas relacionadas**

Año	Titulo-Autores	Descripción
1994	Hormigones con cementos compuestos ternarios. Parte I: estado fresco y resistencia mecánica Ignacio Menéndez y Fernando Triviño ICCET/CSIC	<p>evaluaron el comportamiento mecánico de hormigones elaborados con cementos compuestos binarios y ternarios conteniendo hasta 18% de caliza y 20% de escoria granulada de alto horno</p> <p>Llegando a conclusiones como de la combinación de caliza y escoria de alto horno es complementaria, pues la caliza provee la resistencia a temprana edad, mientras que la escoria contribuye con la resistencia a edad avanzada, también se identificó que al paso de 7 días parece ser suficiente para lograr propiedades mecánicas adecuadas para hormigones con cemento compuesto ternario</p>
2008	Desempeño del cemento portland adicionado con calizas de diferentes grados de pureza Jorge Iván Tobón Rebeca Kazes Gómez Universidad Nacional De Colombia.	determinaron la incidencia de adicionar calizas de diferentes calidades al cemento portland tipo 3, sustituyéndole a este porcentajes de caliza del 15, 20 y 25% con porcentajes de carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> ) menor al 70% entre el 70% y 80% y mayor al 80% evaluando la resistencia mecánica de morteros curados bajo condiciones estándar a 3, 7 y 28 días

		<p>Llegando a conclusiones que las calizas menores al 70% de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) son muy buena opción de adición para el cemento portland, hasta en cantidades superiores al 20%, además de esto al momento que determinaron la relación a/c para mantener una fluidez apropiada en los morteros con cementos adicionados encontraron que ninguna de las adiciones produjo incremento en la demanda de agua manteniendo así una relación a/c del 0.480 y 0.485%</p>
<p><b>2012</b></p>	<p>El uso de la piedra caliza local como agregado en la mezcla de concreto Dr.Muyasser M. Jomaa'h</p>	<p>Esta investigación se ocupa de las investigaciones de campo y las propiedades de construcción para el uso de piedra caliza como un agregado grueso de peso ligero en la mezcla de concreto en lugar de lo normal gruesa según la norma ASTM. Para estas muestras el agregado grueso normal se sustituye por 100 % grueso triturado de piedra caliza. Hay tres tipos de piedra caliza que fueron utilizados ( Al- Sinea , y Makhool, Himreen )</p> <p>Como conclusiones se encontró que el tipo Al-Sinea de piedra caliza dio una buena combinación (FCU = 32.11MPa sin aditivos) .Los resultados obtenidos mostraron una reducción adecuada en cargas muertas de elementos estructurales y costo. De acuerdo con ello, el uso de la piedra caliza mejorará las aplicaciones estructurales y propiedades de la mezcla de concreto para lograr la viabilidad económica. Estos resultados anteriores hacen piedra caliza como una buena alternativa de agregado grueso normales</p>

<p><b>2012</b></p>	<p>Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c R. G. Solís E. I. Moreno E. Arjona</p>	<p>el objetivo de este trabajo fue responder a la pregunta sobre cuál sería la máxima resistencia de diseño que se podría utilizar para concretos fabricados con un tipo específico de agregados obtenidos a partir de la trituración de roca caliza de alta absorción</p> <p>Se concluyó que con los agregados estudiados es posible fabricar concretos de hasta 500 k/cm<sup>2</sup> de f'c.</p>
<p><b>2012</b></p>	<p>Influencia del material de sustitución parcial de los residuos como piedra caliza para la arena y polvo de mármol en las propiedades del hormigón Omar M. Omar Ghada D. Abd Elhameed Mohamed A. Sherif Hassan A. Mohamadien</p>	<p>Se investigaron los efectos de los residuos de piedra caliza como agregado fino sobre varias propiedades fresco y endurecido de los hormigones</p> <p>La investigación incluyó las pruebas de resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, y permeabilidad. Se encontró que los residuos de piedra caliza como agregado fino mejoró la prueba de asentamiento de los hormigones frescos. Sin embargo, los hormigones de peso de la unidad no se vieron afectados. Sin embargo, se observó el buen rendimiento cuando se utilizó residuos de piedra caliza como agregado fino en presencia de polvo de mármol.</p>



## **6. MARCOS REFERENCIALES**

### **6.1. MATERIALES**

#### **6.1.1. Concreto**

Hormigón o concreto, es un compuesto de vital importancia para la construcción estructural; este se compone principalmente de arena o agregado fino, agua, material cementante generalmente cemento portland y agregados grueso (grava) y finos (arena); en otros casos otros aditivos.

#### **6.1.2. Agregado grueso**

El agregado grueso debe estar compuesto de gravas de un tamaño superior a 4.75mm (tamiz #4) e inferior a 9mm (tamiz 3/8), conforme a los requisitos de la norma colombiana.

El agregado grueso debe cumplir con los requisitos establecidos para el número de tamaño especificado de la norma técnica colombiana (NTC174)<sup>1</sup>.

#### **6.1.3. Dosificación**

La proporción relativa de los distintos ingredientes debe estar adecuadamente dosificada, de tal manera que la suma de sus volúmenes absolutos sea 1 y el concreto antes de ser colocado en los encofrados sea trabajable y ya colocado tenga las propiedades deseadas, incluidas resistencia y durabilidad. El procedimiento a seguir para la selección de las proporciones queda a criterio del contratista o del vendedor de concreto premezclado, estando dada por la Supervisión la garantía del cumplimiento de las especificaciones.

---

<sup>1</sup>NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Especificaciones de los agregados para concreto. NTC 174. Bogotá D.C.: 1994, 08 p.

#### 6.1.4. Relación agua-cemento

La relación agua-cemento (A/C) es el factor más importante en la resistencia del concreto. Una determinada relación agua-cemento produce distintas resistencias de acuerdo al tipo de agregado utilizado y al tipo de cemento<sup>2</sup>.

### 6.2. CÁLCULOS

#### 6.2.1. Cálculos de resistencia a la compresión

El cálculo de la resistencia a la compresión del espécimen es dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio de la sección transversal como se describe en el numeral 6. Si la relación de longitud a diámetro es de 1.75 o menor se debe corregir el resultado de resistencia multiplicándolo con un factor de corrección<sup>3</sup>.

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

R<sub>c</sub>= Esfuerzo (KN/mt<sup>2</sup>)

F=Fuerza (KN)

A= Área (mt<sup>2</sup>)

---

<sup>2</sup> Bernal Arias, J. (2009). *el concreto*. [online] Elconcreto.blogspot.com.co. Disponible en: <http://elconcreto.blogspot.com.co/> [Acceso 15 Feb. 2016].

<sup>3</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Parámetros para la resistencia a compresión. NTC-673, Bogotá D.C.: 1994, 8 p.

### 6.2.2. Cálculo de densidad

La densidad es una medida de cuánto material se encuentra comprimido en un espacio determinado; es la cantidad de masa por unidad de volumen.

$$\text{Densidad} = \frac{m}{V}$$

m= masa del espécimen

V= volumen del espécimen calculado a partir del diámetro promedio y longitud promedio o también el volumen sea determinado por el peso sumergido.

Cálculo de volumen cuando el espécimen está sumergido de la siguiente manera.

$$V = \frac{m - mf}{\gamma_w}$$

(Ecuación 3)

Donde

m=masa del espécimen sumergido

$\gamma_w$  = densidad del agua a temperatura del laboratorio (23 C=62.27lbs/ft<sup>3</sup>)

### 6.2.3. Cálculo de Módulo de elasticidad

Se calcula el módulo de elasticidad, aproximando a 350 MPa (50 000 psi) como sigue<sup>4</sup>:

$$E = \frac{(S_2 - S_1)}{(\epsilon_2 - 0.00005)}$$

E = MODULO DE ELASTICIDAD SECANTE. (MPa)

S<sub>2</sub> = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última.

---

<sup>4</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión. NTC-4025, Bogotá D.C. 2006, 11 p.

$S_1$  = Esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal,  $\epsilon_1$ , de la 50 millonésimas, en MPa.

$\epsilon_2$  = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo  $S_2$

#### 6.2.4. Cálculo módulo de finura<sup>5</sup>

$$S = \frac{S_p \delta \sqrt{np}}{\sqrt{T_p}}$$

S = Superficie específica de la muestra en ensayo.

$S_p$  = Superficie específica de la muestra patrón, empleada del aparato

T = Intervalo de tiempo observado en el descenso del manómetro para la muestra del ensayo.

$T_p$  = Intervalo observado para la muestra patrón empleada en la calibración del aparato.

n = Viscosidad de aire en la temperatura del ensayo, en MPa.

$np$  = Viscosidad del aire a la temperatura en que se efectúa la calibración del aparato, en MPa.

---

<sup>5</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Determinar la finura del cemento hidráulico por medio del aparato de Blaine de permeabilidad al aire. NTC-33, Bogotá D.C. 2006, 11 p.

### 6.3. MARCO LEGAL

**Tabla 2. Normatividad de la investigación.**

<b>NORMAS</b>	<b>OBJETIVO</b>
NSR 10	Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).
NTC 174	Establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos, (excepto los agregados livianos y pesados) para uso en concreto.
ASTM C33	Define los requisitos para granulometría y calidad de agregado fino y grueso (distinto de agregado liviano o pesado) para utilizar en concreto.
NTC 129	Esta norma abarca la toma de muestras de agregados finos y gruesos para los siguientes propósitos:
	El control del producto de la fuente de suministro.
	El control de las operaciones en el sitio de construcción.
ASTM D 75	La aceptación o el rechazo de los materiales.
NTC 673	Práctica Normativa para el Muestreo de Agregados.
NTC 2871	Determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
ASTM C42	Esta práctica trata sobre procedimientos para preparar y curar especímenes cilíndricos y de viga de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción.
ASTM C192	Procedimientos estandarizados para obtener y ensayar especímenes para determinar la resistencia a la compresión, a la tracción indirecta y a la flexión de concreto colocado.
NTC 33	Procedimiento para hallar el módulo de finura del cemento y caliza.
NTC 1377	Procedimientos para preparar y curar especímenes de concreto para ensayo en laboratorio bajo un control preciso de materiales y condiciones de ensayo usando concreto.

## 6.4. MARCO TEÓRICO

### 6.4.1. La caliza

Las calizas son rocas carbonatadas, compuestas de calcita, aunque la dolomita puede ser un constituyente importante. El carbonato de calcio en la gran mayoría de los casos se ha extraído del agua del mar por acción de organismos diminutos y luego depositado en capas que finalmente se consolidan en rocas. Estas rocas son de estructura de grano fino y uniforme, a veces bastante densas. Algunas calizas son casi calcita pura, mientras que otras contienen materiales parecidos a la arcilla y varios óxidos como impurezas<sup>6</sup>.

Contiene en más de un 50% calcita y en ocasiones pequeñas cantidades de arcilla, hematita, siderita, cuarzo, aragonita, óxido de hierro, entre otros. Granos que varían de finos a gruesos, generalmente un poco rasposos. Tienden a ser de textura consistente; granos y minerales que se entrelazan. Tienen presencia de calcita y la muestra efervescen en presencia del ácido clorhídrico<sup>7</sup>.

**Gráfica 1. Piedra caliza**



Fuente: <http://www.carbonatocalcico.es/tag/caliza/>

---

<sup>6</sup> Marketizer.com, Q. (2016). *Las rocas calizas y sus usos comunes* | *QuimiNet.com*. [online] Quiminet.com. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/las-rocas-calizas-y-sus-usos-comunes-4228.htm> [Acceso 29 Abr. 2016].

<sup>7</sup> Graterol Mariluz y Vásquez Haymarí. (2013). *Roca Sedimentaria. Caliza*. Quebrada Segovia. Venezuela [online] Disponible en: <http://uciencia.uma.es/Banco-de-Imagenes/Ciencia/Roca-Sedimentaria.-Caliza> [Acceso 08 Abr. 2016].

**Tabla 3 . PRINCIPALES USOS DE LA CALIZA**

<p><b>Cerámica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Vidrio</li> <li>· Refractarios</li> </ul>	<p><b>Construcción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Materiales de construcción</li> <li>· Estabilización de suelos y carreteras</li> </ul>
<p><b>Pulpa y papel</b></p>	<p><b>Productos químicos</b></p>
<p><b>Medio Ambiente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Tratamiento de agua</li> <li>· Tratamiento de aguas de desecho</li> <li>· Tratamiento de desechos industriales</li> <li>· Tratamiento en plantas empacadoras de alimentos</li> <li>· Eliminación de azufre de los gases de combustión</li> <li>· Neutralizador de tierras ácidas</li> </ul>	<p><b>Alimentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Industria lechera</li> <li>· Industria azucarera</li> <li>· Industria de gelatina y goma animal</li> <li>· Industria panificadora</li> <li>· Almacenaje de frutas y legumbres</li> <li>· desinfectante</li> </ul>
<p><b>Recubrimientos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Pigmentos</li> <li>· Pinturas de agua</li> <li>· Barnices</li> </ul>	<p><b>Metalurgia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Industria del acero</li> <li>· Fabricación de magnesio y alúmina</li> <li>· Flotación de metales</li> <li>· Fundición de metales no ferrosos</li> </ul>

Fuente: Autor

## 6.4.2. Tipos de piedra caliza

- Tiza y coquina

La tiza y coquina son dos calizas fosilíferas, que pueden contener fósiles. La tiza es suave, de color blanco a gris y tiene una estructura extremadamente fina. Los restos de las conchas calcáreas de organismos marinos prehistóricos y microscópicos formaron este tipo de roca caliza. Los acantilados blancos de Dover, en Inglaterra, son un ejemplo de tiza. Por otro lado, la coquina tiene una textura rugosa, debido a que es el resultado de la cementación de los desechos de conchas rotas y corales. La formación geológica de Anastasia, en Florida, es un ejemplo de coquina que se formó más de 10.000 años atrás.<sup>3</sup>

- Piedra caliza oolítica

Este tipo de piedra caliza se compone de pequeñas esferas. Cuando los océanos primitivos estaban saturados de carbonato de calcio, las pequeñas partículas del mineral comenzaron a agruparse alrededor de los granos de arena, formando la piedra caliza. Los bajos Cayos de Florida contienen piedra caliza. En Gran Bretaña, la zona de Cotswold es famosa por sus antiguas casas construidas con piedra caliza oolítica de color amarillo que se formó hace 150 millones de años.<sup>3</sup>

- Travertinos y toba

Los travertinos es una piedra caliza de color blanco a amarillo que se encuentra a menudo en cuevas o cerca de fuentes de agua. Se forma cuando el carbonato de calcio disuelto en el agua se acumula con el tiempo en las superficies de roca, produciendo formaciones como las estalactitas. En los EE.UU., las formaciones de travertinos se encuentran en varios lugares, como las Cavernas Mitchell, en la Reserva Nacional de Mojave, California. El Parque Nacional de Plitvice, en Croacia, es un ejemplo de la formación de travertino asociado a las cascadas. Al igual que el travertino, la toba es un tipo de piedra caliza a menudo vinculada a los manantiales de agua caliente<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Yazmin Zinni, (2014). *Tipos de roca caliza | eHow en Español*. [online] Disponible en: [http://www.ehowenespanol.com/tipos-roca-caliza-info\\_145600/](http://www.ehowenespanol.com/tipos-roca-caliza-info_145600/) [Acceso 19 feb. 2016]



- Caliza litográfica

La caliza litográfica se formó hace unos 150 millones de años, durante el período Jurásico. Es un tipo de roca densa y de grano fino, que llegó a ser importante a finales de 1700 con la llegada de un proceso de impresión llamado litografía. Los artistas dibujaron imágenes en la piedra con una tinta aceitosa especial, y presionando hojas de papel. Un dibujo único podría generar muchas copias en papel. La piedra caliza litográfica primero fue encontrada en el sur de Alemania<sup>9</sup>.

Nota: Se hace un estudio de los compuestos que contienen la caliza en la cual es llamado ANÁLISIS DE ESPECTROSCOPIA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X va a reemplazar por cemento y estos resultados se presentan a continuación:

### **6.4.3. Propósito del análisis de espectroscopia de fluorescencia de rayos x (frx)**

La Espectroscopia de Fluorescencia de Rayos X es la técnica que permite conocer la composición elemental de una sustancia analizando la emisión de rayos X (longitud de onda < luz visible) de los diferentes elementos presentes en ella. Esta técnica permite determinar todos los elementos del Sistema Periódico, desde el Flúor (9° F) hasta el Uranio (92U), en muestras sólidas, en polvos y en líquidos. Asimismo, mediante la utilización de los patrones adecuados es posible realizar el análisis cuantitativo de los elementos presentes.

#### **6.4.3.1 Metodología**

Las muestras en polvo fueron mezcladas con cera espectrométrica de la casa Merck en relación Muestra: Cera de 10:1 (7gr de muestra y 0.7gr de cera), luego homogenizadas por agitación, llevadas a una prensa hidráulica a 120kN por minuto generando cuatro pastillas prensadas de 37mm de diámetro que posteriormente fueron medidas en la aplicación SEMIQ-2007. El análisis semicuantitativo se realizó con el software IQ, haciendo 11 barridos, con el fin de detectar todos los elementos presentes en la muestra, excluyendo H, Li, Be, B, C, N, O y los elementos transuránicos. Se utilizó un espectrómetro de fluorescencia de rayos X, MagixPro PW-2440 Philips equipado con un tubo de Rodio, con una potencia máxima de 4KW. Este equipo tiene una sensibilidad de 200ppm (0.02%) en la detección de elementos

---

<sup>9</sup> Yazmin Zinni, (2014). *Tipos de roca caliza | eHow en Español*. [online] Disponible en: [http://www.ehowenespanol.com/tipos-roca-caliza-info\\_145600/](http://www.ehowenespanol.com/tipos-roca-caliza-info_145600/) [Acceso 19 feb. 2016].

pesados metálicos. La estabilidad del equipo es controlada diariamente mediante la medición de una muestra patrón.

#### 6.4.3.2 Resultados del análisis de espectroscopia de fluorescencia de rayos x (frx)

Los resultados obtenidos en forma de compuestos y de elementos, se describen a continuación:

**Tabla 4. COMPUESTOS DE LA CALIZA**

CONSTITUYENTE	M 1
	% EN PESO
CaCO <sub>3</sub>	97,381
SiO <sub>2</sub>	1,164
SO <sub>3</sub>	0,482
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,449
MgO	0,175
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,119
Sr	0,073
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,057
TiO <sub>2</sub>	0,047
Na <sub>2</sub> O	0,034
K <sub>2</sub> O	0,010
Zn	0,008
Y	0,001

Fuente: Autor

De acuerdo con los resultados anteriores (ver tabla No 4) se observa que la muestra estudiada en el presente análisis (M 1), tiene un alto contenido de CaCO<sub>3</sub> del 97,381% (Carbonato de calcio), seguido en menor proporción por SiO<sub>2</sub> con 1,164%.

#### 6.4.4 El concreto

El concreto u hormigón, es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena y Grava y en algunas casos de aditivos.

Es actualmente el material más empleado en la industria de la construcción por su duración Resistencia, impermeabilidad, facilidad de producción y economía.

El concreto es una roca creada por el hombre, diseñada y producida de acuerdo a normas establecidas para fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con las características de economía, facilidad de colocación, velocidad

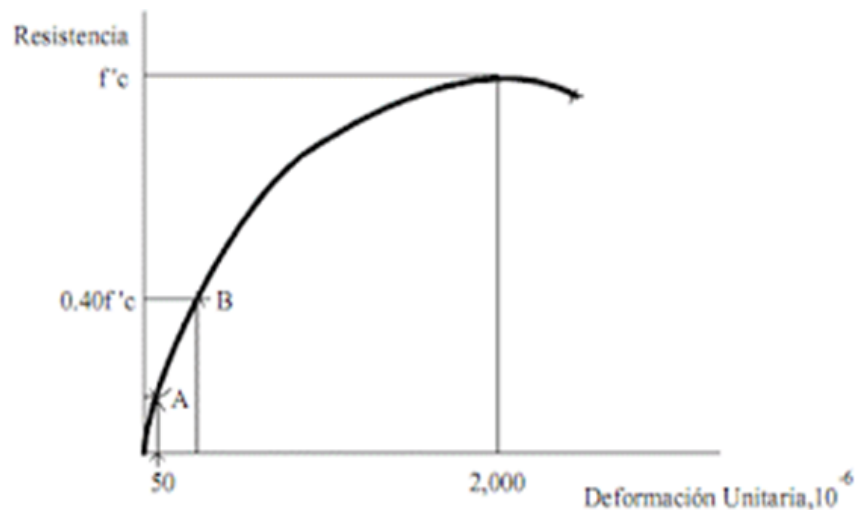
de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación. El concreto presenta como las piedras naturales una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción, por lo cual se refuerza con varillas de acero, para que sean estas las que soporten tales esfuerzos; esto es lo que llamamos “CONCRETO ARMADO”<sup>10</sup>.

#### 6.4.5 Módulo de elasticidad en el concreto

El concreto no es un material eminentemente elástico, esto se puede observar fácilmente si se somete a un espécimen a esfuerzos de compresión crecientes hasta llevarlo a la falla, si para cada nivel de esfuerzo se registra la deformación unitaria del material, se podría dibujar la curva que relaciona estos parámetros.

De acuerdo a la norma ASTM C-469, el módulo de elasticidad ( $E_c$ ) se obtiene calculando la pendiente del segmento de recta que pasa por los puntos A y B, para lo cual es necesario obtener del trazo de la curva (o en el transcurso de la prueba) la ordenada correspondiente a las 50 micro deformaciones y la abscisa correspondiente al esfuerzo  $0.40f'_c$ <sup>11</sup>.

**Gráfica 2 Resistencia a la compresión vs deformación unitaria.**



Fuente: <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/concreto-modulo-de-elasticidad.html>

<sup>10</sup> Arias, J. V. (2009). *El concreto: Concreto*. [online] Elconcreto.blogspot.com.co. Disponible en: <http://elconcreto.blogspot.com.co/search/label/Concreto> [Acceso 20 Abr. 2016].

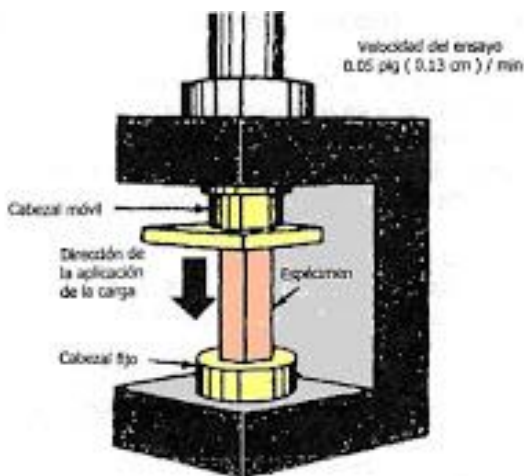
<sup>11</sup> Elconstructorcivil.com. (2013). *Concreto: Módulo de Elasticidad*. | Constructor Civil. [online] Disponible en: <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/concreto-modulo-de-elasticidad.html> [Acceso 18 May. 2016].

De la figura se observa también que la deformación que corresponde a la resistencia del concreto es 0.002 cm/cm, que corresponde a 2,000 micro deformaciones. Aún después de que el concreto alcanza su resistencia máxima, y si la carga se sostiene (el esfuerzo disminuye) hasta lograr la falla total (el concreto truena), se puede medir la deformación última que soporta el material.

#### 6.4.6 Resistencia a la compresión en concretos

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en Mega Páscales (MPa) en unidades SI<sup>12</sup>.

**Gráfica 3. Máquina en proceso resistencia a la compresión.**



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/propiedades-mecanicas.html>

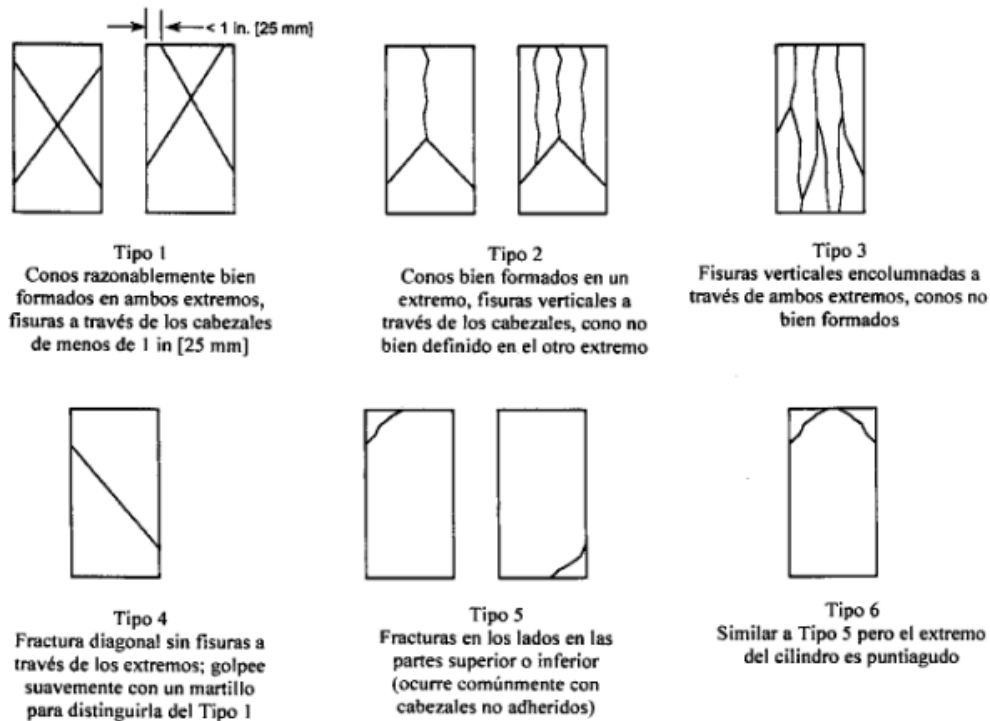
Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada,  $f'c$ , del proyecto.

<sup>12</sup> El concreto en la obra problemas, causas y soluciones. (2006). *Imcyc (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto)*, [online] 1(5), pp.20-24. Disponible en: <http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf> [Acceso 6 Apr. 2016].

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto en estructuras, para programar las operaciones de construcción, tales como remoción de cimbras o para evaluar la conveniencia de curado y protección suministrada a la estructura.

#### 6.4.6.1 Modelos de fractura típicos

**Gráfica 4. Tipos de fractura en cilindros de concreto, resistencia a la compresión.**



**Fuente:** <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/propiedades-mecanicas.html>

## 7 DISEÑO METODOLÓGICO

### 7.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue de tipo cuantitativa, debido a que contamos con variables numéricas como lo fue los porcentajes de caliza, y los porcentajes de agua cemento.

Se realizaron varios tipos de cilindros los cuales se analizaron en el laboratorio.

### 7.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo experimental y comparativa entre los tipos de concreto con adición de la caliza, los cuales fueron sometidos a ensayos de compresión y módulo de elasticidad en el laboratorio, donde se observaran las posibles variaciones de Resistencia a la compresión y módulo de elasticidad entre un concreto con cemento portland y Caliza en diferentes porcentajes y distintas relaciones agua cemento.

De esta manera se controlaron variables y todo se realizó de manera experimental, por lo que utilizamos ciertos protocolos en el laboratorio para realizarlo con precisión.

### 7.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

#### ***Fase I. Experimentación con los materiales del concreto.***

**Actividad 1.1** Revisión bibliográfica o generar una búsqueda del estado del concreto con adiciones de Caliza.

**Actividad 1.2** Generar una retroalimentación de los componentes que conforma el concreto y la Caliza.

**Actividad 1.3** En esta fase la recolección de material y autorizaciones necesarios, se deben obtener los permisos y datos necesarios para poder empezar a realizar la experimentación con los materiales en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil.

**Actividad 1.4** Cálculo de la finura del concreto y la Caliza, en este se deben hacer las pruebas necesarias para la obtención del diseño esperado en esta investigación, teniendo el debido cuidado y las precauciones necesarias para realizar las muestras y poder después realizar los diferentes ensayos indicados por la Norma Colombia.

***Fase II. Diseño de la elaboración del Concreto convencional y Concreto con adición de caliza con variación de porcentaje de remplazo del cemento.***

**Actividad 1.5** Diseño del concreto convencional de 3000psi, con la ayuda de una hoja de cálculo para la determinación las cantidades de materiales con relación agua cemento de 0.80, 0.65 y 0.50.

**Actividad 1.6** Diseño del concreto con adición de caliza en un 5% de 3000psi, con la ayuda de una hoja de cálculo para la determinación las cantidades de materiales con relación agua cemento de 0.80, 0.65 y 0.50.

**Actividad 1.7** Diseño del concreto con adición de caliza en un 10% de 3000psi, con la ayuda de una hoja de cálculo para la determinación las cantidades de materiales con relación agua cemento de 0.80, 0.65 y 0.50.

**Actividad 1.8** Diseño del concreto con adición de caliza en un 30% de 3000psi, con la ayuda de una hoja de cálculo para la determinación las cantidades de materiales con relación agua cemento de 0.80, 0.65 y 0.50.

**Actividad 1.9** Ensayo de las muestras realizadas, en esta parte después de obtener las muestras suficientes, se le practicarán los ensayos necesarios tales como el de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad como lo indica la Norma Colombiana.

***Fase III. Análisis de variación de resistencia a la compresión y módulo de elasticidad entre concreto convencional y Concreto con adición de la Caliza.***

**Actividad 2.1** Obtención y verificación de datos y resultados, aquí se recopilarán los datos que fueron arrojados por las muestras ensayadas probetas cilíndricas.

**Actividad 2.2** Después de la fase experimental se genera un análisis y comparaciones sobre la metodología utilizada como también en los materiales empleados.

**Actividad 2.3** Comparar los datos obtenidos del concreto con adición de la Caliza con los del concreto convencional y con esto verificar si nos cumplen con lo esperado en la hipótesis.

**Actividad 2.4** De acuerdo con estos análisis generar conclusiones y recomendaciones para un futuro.

## **7.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

Las técnicas de investigación de campo dirigidas a recoger información primaria son:

La experimentación, realización y recolección de datos obtenidos en los ensayos indicados en las Normas Técnicas Colombianas las cuales indican que tipos de ensayo se deben realizar para garantizar la calidad del material de construcción, con esto obtener los datos necesarios para poderlo implementar como material constructivo.

La Observación, buena verificación de los procedimientos realizados diariamente, que se realizan en el laboratorio notando la calidad del experimento realizado, puesto que se debe tener un debido rigor en el curado del concreto para que este cumpla con lo esperado.

Las técnicas de investigación bibliográficas destinadas a obtener información de fuentes secundarias que constan en libros, revistas, periódicos y documentos en general.

### **7.4.1 Métodos de muestreo y ensayo**

El muestreo y el ensayo de los agregados deben hacerse de acuerdo con los métodos de ensayo. Los ensayos exigidos se deben hacer sobre especímenes que cumplan con los requisitos de los métodos de ensayo designados. Se permite el uso del mismo espécimen de ensayo para el análisis granulométrico y para la determinación del material que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$ , (No. 200). Para la preparación de muestras para los ensayos de sanidad y abrasión, se permite el uso de tamaños separados del análisis de granulometría. Para la determinación de todos los otros ensayos y para la evaluación de la reactividad potencial del álcali en donde se requiere, se usan especímenes de ensayo independientes. La toma de muestras es



necesaria para lograr detectar impurezas orgánicas, Estas pueden influir en el comportamiento del hormigón. Estas están especificadas por las normas técnicas colombianas.<sup>13</sup>

#### **7.4.2 Nomenclatura de los materiales**

CCC: Concreto con adición de la Caliza

CAL: Caliza.

CTC: Concreto normal a base de cemento portlant.

### **7.5 MATERIALES**

En la elaboración del concreto con reemplazo de Caliza se utilizaron los siguientes materiales los cuales fueron caracterizados en el laboratorio véase tabla 5.

#### ***Tabla 5. Descripciones físicas de los materiales.***

---

<sup>13</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. Práctica para la toma de muestras de agregados. NTC 129: Bogotá D.C.:1994,13 p.

<b>CONCRETO CON REMPLAZO DE CALIZA</b>			
<b>ÍTEM</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>IMAGEN</b>
CALIZA	Piedra caliza triturada color blanco donde es llevada a la misma finura del cemento para generar un similar comportamiento. Con más de 95% de carbonato de calcio.	La composición carbonato de calcio. pequeñas cantidades de óxidos de alúmina, férrico y alcalino	
CEMENTO	Polvo de color gris con partículas mínimas. Piedra Portland sometida a grandes temperaturas	Caliza, cenizas, Clinker, escoria ,puzolanas	
AGREGADO GRUESO	Piedra rugosa, piedra o grava triturada, color grisáceo tamaño máximo de 1"	Piedra o grava triturada	
AGREGADO FINO	Partículas pequeñas, color gris tamizado máximo por tamiz N°4	Arcilla, limos, álcalis.	
AGUA	Líquido transparente, no olor, no sabor.	Dos átomos de hidrogeno y una de oxigeno	

Fuente: PROPIA

### 7.5.1 Descripción de los materiales

**Tabla 6. Análisis granulométrico agregado grueso**

PESO MUESTRA		10000g	ENSAYO	Autor
TAMIZ#	Peso en cada tamiz	Retenido acumulado	% Retenido acumulado	% Acumulado pasa
2"	0,00g	0,00g	0,00%	100,00%
1 1/2"	0,00g	0,00g	0,00%	100,00%
1"	0,00g	0,00g	0,00%	100,00%
3/4"	1717,60g	1717,60g	17,30%	82,70%
1/2"	2050,40g	3768,00g	37,94%	62,06%
3/8"	1560,50g	5328,50g	53,66%	46,34%
4	2952,30g	8280,80g	83,39%	16,61%
8	1523,60g	9804,40g	98,73%	1,27%
BANDEJA	125,80g	9930,20g	100,00%	0,00%
MODULO DE FINURA			1"	

Fuente: Autor

**Tabla 7. Datos agregado grueso**

	1	2	3	PROMEDIO
PESO SECO (A)	2,00	2,13	1,99	2,04
PESO S.S.S. (B)	2,02	2,16	2,02	2,06
PESO SUMERGIDO (C)	1,27	1,36	1,25	1,29
CÁLCULOS				
PESO ESPECIFICO APARENTE: $G_s A/(B-C)$	2,68	2,66	2,60	2,65
PESO ESPECIFICO BULK: $B/(B-C)$	2,71	2,70	2,64	2,68
ABSORCIÓN: $(B-A)/A * 100$	0,90	1,41	1,52	1,28

Fuente: Autor

**Tabla 8. Análisis granulométrico agregado fino 1**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO				
PESO MUESTRA		700 g	ENSAYO	Autor
TAMIZ#	Peso en cada tamiz	Retenido acumulado	% Retenido acumulado	% Acumulado pasa
3/8"	0,76g	0,76g	0,11%	99,89%
4	11,43g	12,19g	1,76%	98,24%
8	153,23g	165,42g	23,83%	76,17%
16	106,20g	271,62g	39,12%	60,88%
30	104,12g	375,74g	54,12%	45,88%
50	216,31g	592,05g	85,28%	14,72%
100	82,05g	674,10g	97,10%	2,90%
200	15,85g	689,95g	99,38%	0,62%
pasa 200	4,30g	694,25g	100,00%	0,00%
MODULO DE FINURA			3,0	

Fuente: Autor

**Tabla 9. Análisis granulométrico agregado fino 2**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO				
PESO MUESTRA		1500g	ENSAYO	Autor
TAMIZ#	Peso en cada tamiz	Retenido acumulado	% Retenido acumulado	% Acumulado pasa
3/8"	0,00g	0,00g	0,00%	100,00%
4	70,76g	70,76g	4,80%	95,20%
8	217,43g	288,19g	19,56%	80,44%
16	173,23g	461,42g	31,32%	68,68%
30	360,00g	821,42g	55,76%	44,24%
50	467,47g	1288,89g	87,50%	12,50%
100	136,31g	1425,20g	96,75%	3,25%
200	32,05g	1457,25g	98,92%	1,08%
pasa 200	15,85g	1473,10g	100%	0,00%
MODULO DE FINURA			3,05	

Fuente: Autor

**Tabla 10. Datos agregado fino**

	1	2	3	PROMEDIO
PESO MATERIAL SECO (A)	489	486	479	485
PESO PICNÓMETRO + AGUA (B)	636	606	648	630
PESO PICNÓMETRO + MATERIAL S.S.S + AGUA (C)	930	915	942	929
PESO MATERIAL S.S.S.(D)	500	505	490	498
<b>CÁLCULOS</b>				
PESO ESPECÍFICO APARENTE: $A/(A+B-C)$	2,51	2,75	2,59	2,61
PESO ESPECÍFICO BULK S.S.S: $D/(A+B-C)$	2,56	2,85	2,65	2,69
ABSORCIÓN: $(D-A)/A * 100$	2,25	3,91	2,30	2,82

Fuente: Autor

**Tabla 11. Módulo de finura cemento - caliza**

MERCURIO		CEMENTO		CALIZA	
W1	104,11 g	W1	78,71 g	W1	78,31 g
W2	104,37 g	W2	78,82 g	W2	77,80 g
W3	104,62 g	W3	78,84 g	W3	78,64 g
promedio	104,37 g	promedio	78,79 g	promedio	78,25 g

Fuente: Autor

**Tabla 12. Módulo de finura cemento - caliza**

VCEM	1,89 g/cm <sup>3</sup>	VCAL	1,93 g/cm <sup>3</sup>
MCEM	4,29	MCAL	4,25

Fuente: Autor

## 7.6 DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO 300 PSI

El diseño de mezcla de concreto se realizó mediante el procedimiento de dosificación de mezclas de American Concrete Institute (ACI)<sup>14</sup> que es aplicable al concreto de peso normal.

**Tabla 13. Tabla datos de diseño de mezcla**

	CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	CALIZA
F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	280			
$\bar{\delta}$ (g/cm <sup>3</sup> )	3,08	2,61	2,65	2,7
% Absorción		2,82	1,28	2,1
% W		1,375	0,35	0,58
Módulo de finura (m <sup>2</sup> /Kg)	429	3		425
Peso Compactado			1535,44	
Tamaño máximo			1"	

Fuente: Autor

**Tabla 14. Volúmenes absolutos agua cemento de 0.80**

		VALOR ABS
CEMENTO	8,32%	
AGUA DE MEZCLA	20,50%	61,03%
AIRE	1,50%	
AGREGADO GRUESO	30,71%	
AGREGADO FINO	38,97%	

Fuente: Autor

**Tabla 15. Volúmenes absolutos agua - cemento de 0.65**

CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS 0.65		
		VALOR ABS
CEMENTO	10,24%	
AGUA DE MEZCLA	20,50%	0,63 %
AIRE	1,50%	
AGREGADO GRUESO	30,71%	
AGREGADO FINO	37,05%	

Fuente: Autor

<sup>14</sup>THE AMERICAN CONCRETE INTITUTE. Procedimiento para el diseño de mezclas de hormigón.(ACI 2.3) ;Perú 1955

**Tabla 16. Volúmenes absolutos agua - cemento de 0.50**

CALCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS 0.50		
		VALOR ABS
CEMENTO	13,31%	
AGUA DE MEZCLA	20,50%	0,66 %
AIRE	1,50%	
AGREGADO GRUESO	30,71%	
AGREGADO FINO	33,98%	

Fuente: Autor

## 8 RESULTADOS

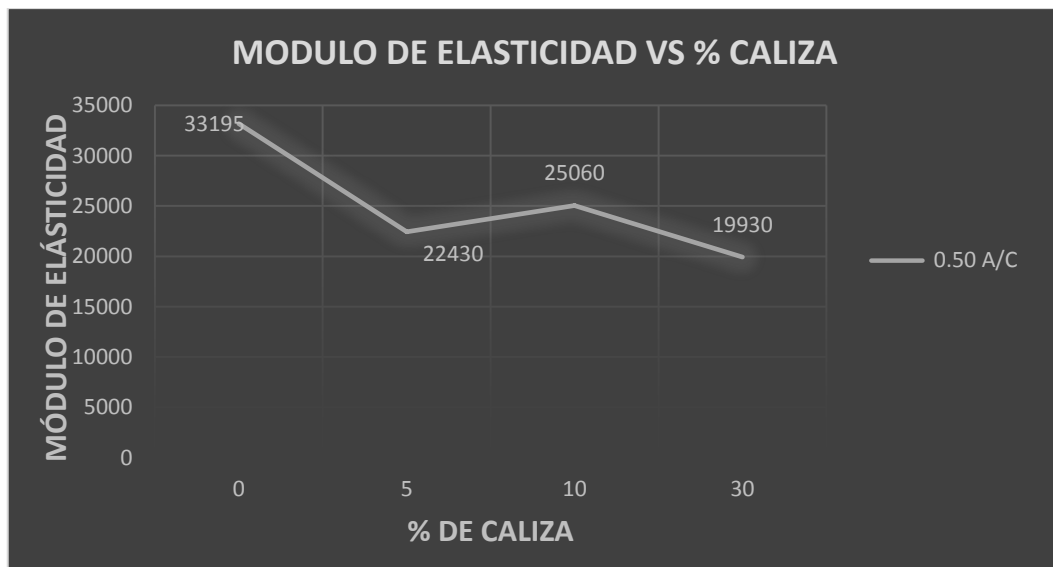
**Tabla 17. Relaciones agua cemento 0.50% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 28 días**

	PORCENTAJE	Egráfica
0.50	0	33195
	5	22430
	10	25060
	30	19930

Fuente: Autor

**Gráfica 5. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.50% curado a 28 días.**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 28 días, con relación agua cemento del 0.80 observando como se trata de mantener el módulo de elasticidad.



Fuente: Autor



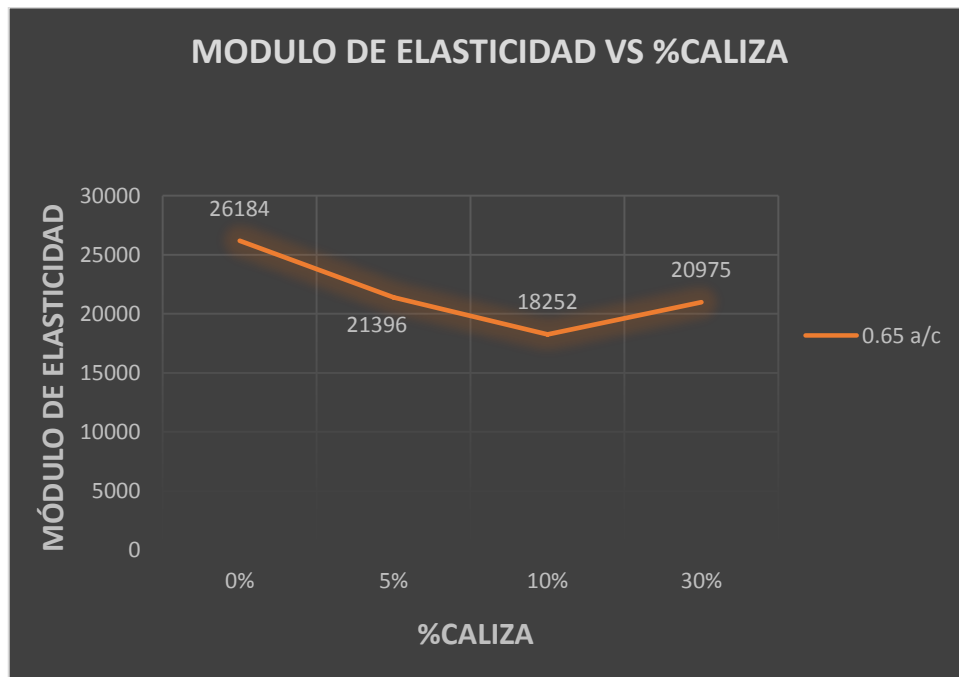
**Tabla 18. Relaciones agua cemento 0.65% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 28 días**

	PORCENTAJE	Eprom
0.65	0%	26184
	5%	21396
	10%	18252
	30%	20975

Fuente: Autor

**Gráfica 6. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.65% curado a 28 días**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 28 días, con relación agua cemento del 0.65 observando como se trata de mantener el módulo de elasticidad y este va ganando a medida que aumenta el reemplazo de caliza.



Fuente: Autor

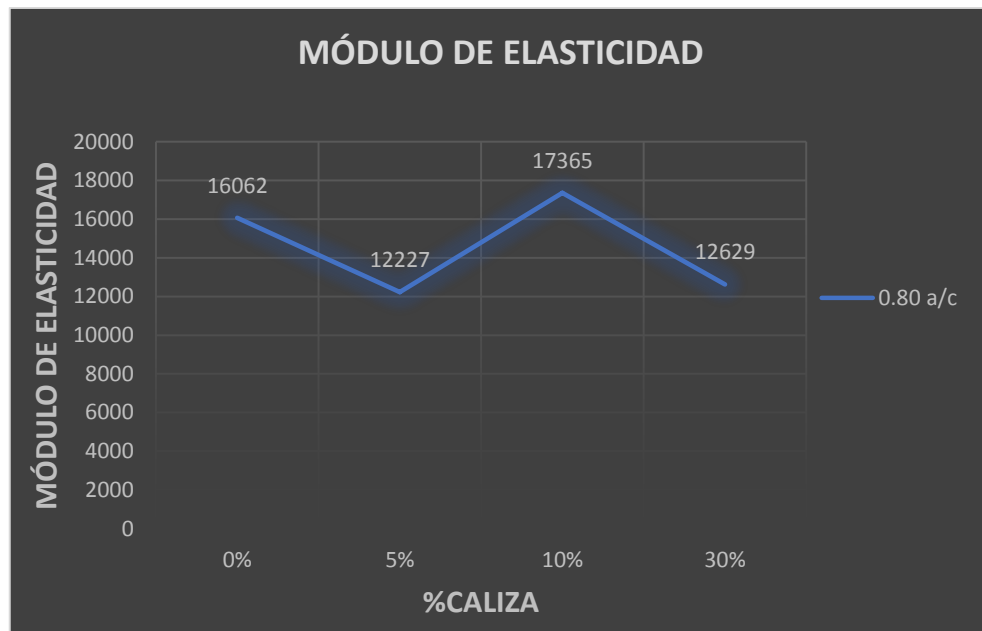
**Tabla 19. Relaciones agua cemento 0.80% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 28 días**

	PORCENTAJE	Eprom
0.80	0%	16062
	5%	12227
	10%	17365
	30%	12629

Fuente: Autor

**Gráfica 7. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.80% curado a 28 días.**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 28 días, con relación agua cemento del 0.80 observando como se trata de mantener el módulo de elasticidad.



Fuente: Autor

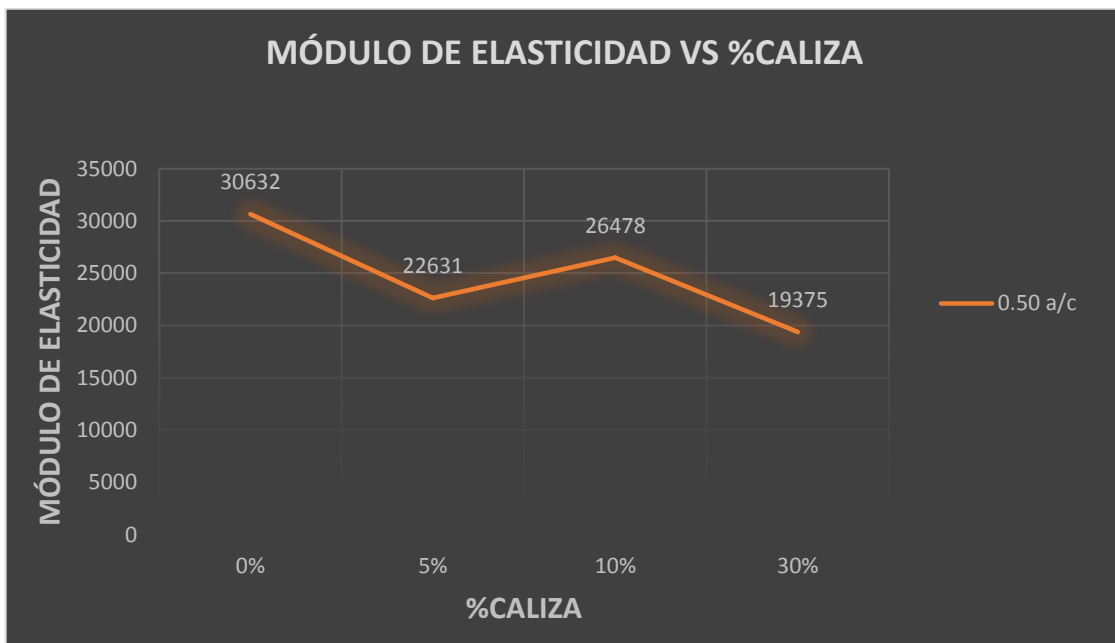
**Tabla 20. Relaciones agua cemento 0.50% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días**

	PORCENTAJE	Eprom
0.50	0%	30632
	5%	22631
	10%	26478
	30%	19375

Fuente: Autor

**Gráfica 8. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.50% curado a 56 días**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 56 días, con relación agua cemento del 0.50 observando como el módulo de elasticidad cae.



Fuente: Autor

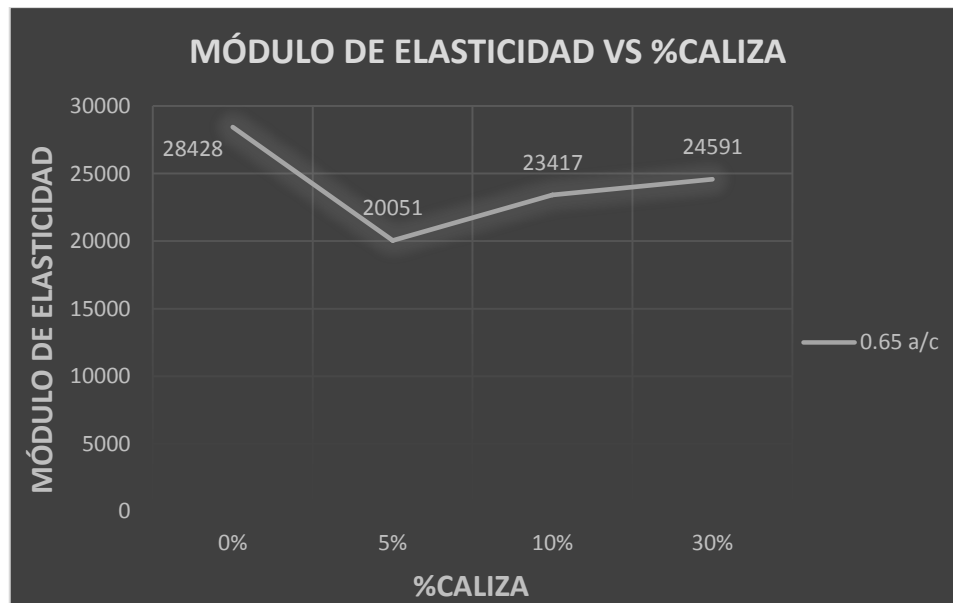
**Tabla 21. Relaciones agua cemento 0.65% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días**

	PORCENTAJE	Eprom
0.65	0%	28428
	5%	20051
	10%	23417
	30%	24591

Fuente: Autor

**Gráfica 9. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.65% curado a 56 días**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 56 días, con relación agua cemento del 0.65 observando como va ganando módulo de elasticidad.



Fuente: Autor

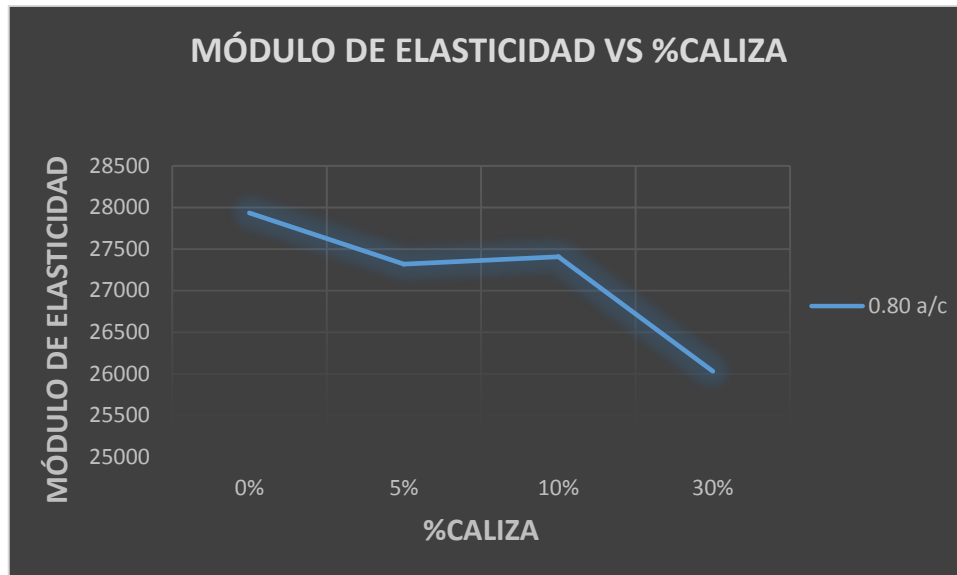
**Tabla 22. Relaciones agua cemento 0.80% módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días**

	PORCENTAJE	Eprom
0.80	0%	31518
	5%	26998
	10%	27014
	30%	25480

Fuente: Autor

**Gráfica 10. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.80% curado a 56 días**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 56 días, con relación agua cemento del 0.80 observando como el módulo de elasticidad decrece.



Fuente: Autor

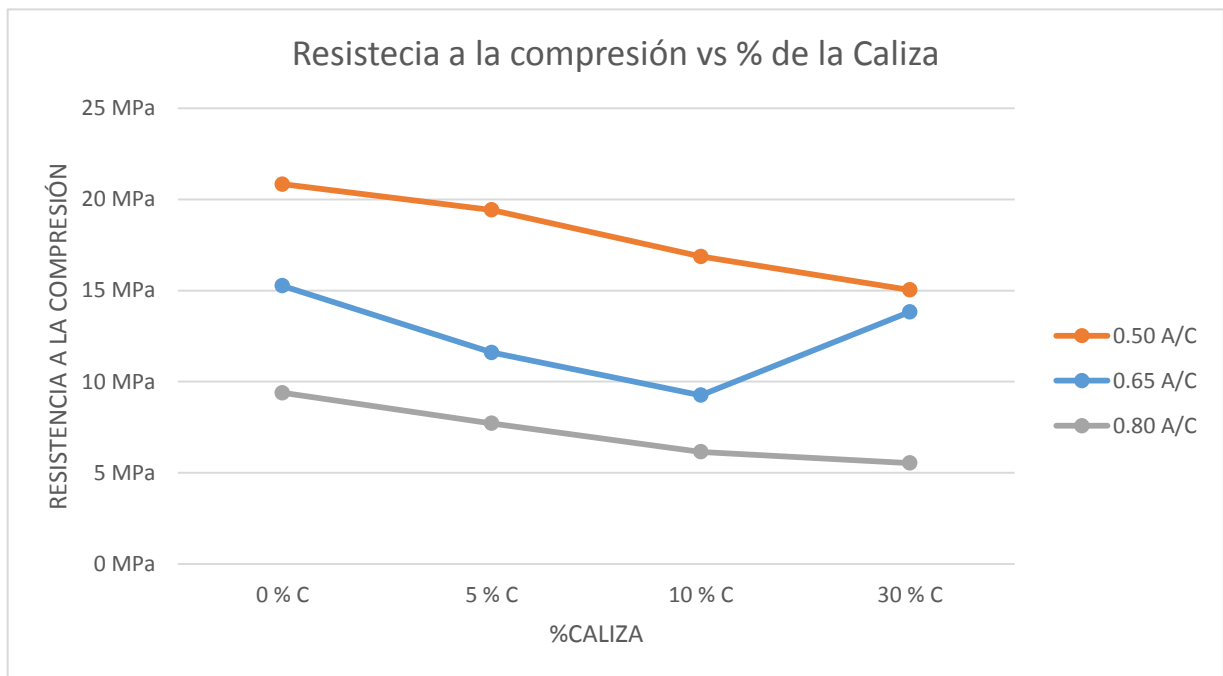
**Tabla 23. Relaciones agua cemento 0.50%, 0.65% y 0.80% resistencia a la compresión vs porcentaje de caliza curado a 28 días.**

RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa	RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa	RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa
0,50	0 % C	21 MPa	0.65	0 % C	15 MPa	0,80	0 % C	9 MPa
	5 % C	19 MPa		5 % C	12 MPa		5 % C	8 MPa
	10 % C	17 MPa		10 % C	9 MPa		10 % C	6 MPa
	30 % C	15 MPa		30 % C	14 MPa		30 % C	6 MPa

Fuente: Autor

**Gráfica 11. Resistencia a la compresión vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.50%, 0.65% y 0.80% curado a 28 días.**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 28 días, este es de tipo decreciente con respecto a la resistencia, cuando la relación a/c y el porcentaje de cemento reemplazado son mayores; con excepción del 30% de caliza en una relación a/c 0.65.



Fuente: Autor

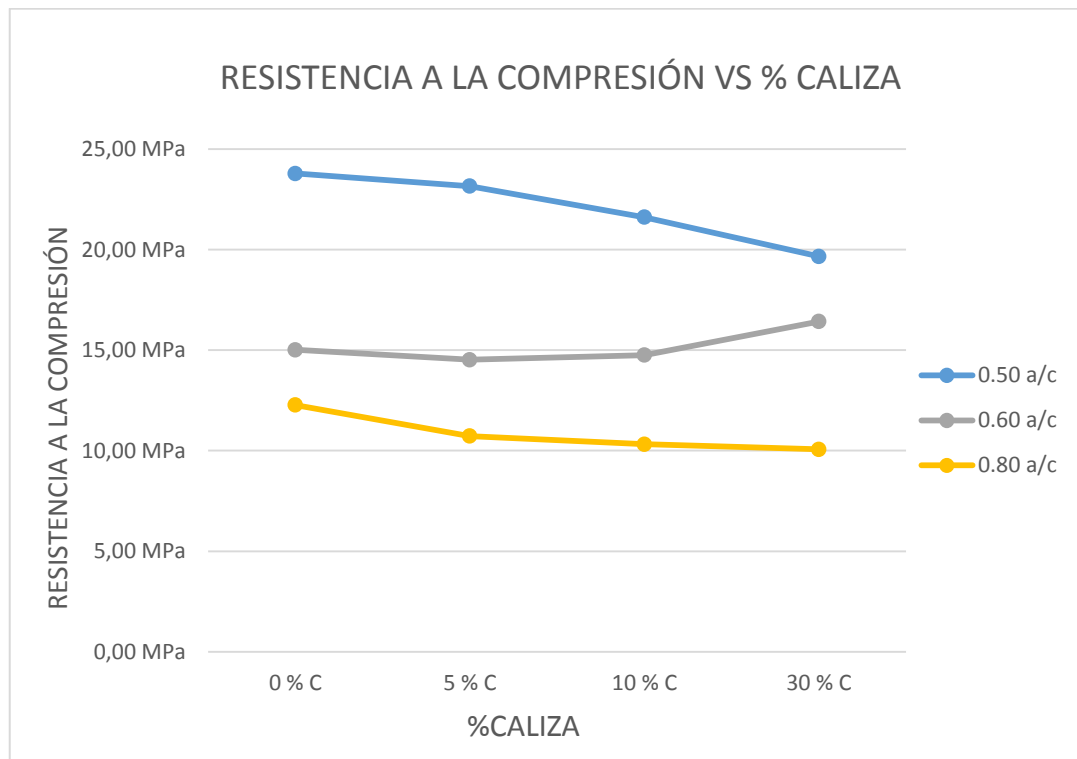
**Tabla 24. Relaciones agua cemento 0.50%, 0.65% y 0.80% resistencia a la compresión vs porcentaje de caliza curado a 56 días.**

RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa	RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa	RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa
0,50	0 % C	23,79 MPa	0.65	0 % C	15,01 MPa	0.8	0 % C	12.27 MPa
	5 % C	23,16 MPa		5 % C	14,52 MPa		5 % C	10.73 MPa
	10 % C	21,62 MPa		10 % C	14,75 MPa		10 % C	10.32 MPa
	30 % C	19,67 MPa		30 % C	16,43 MPa		30 % C	10.06 MPa

Fuente: Autor

**Gráfica 12. Resistencia a la compresión vs porcentaje de caliza de 0%, 5%, 10% y 30% con relación agua cemento del 0.50%, 0.65% y 0.80% curado a 56 días.**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 56 días, a mayor relación a/c este tiende a mantener su resistencia, pero observando que en la relación a/c 0.65, a mayor porcentaje de caliza este muestra una mejoría de la resistencia.



Fuente: Autor

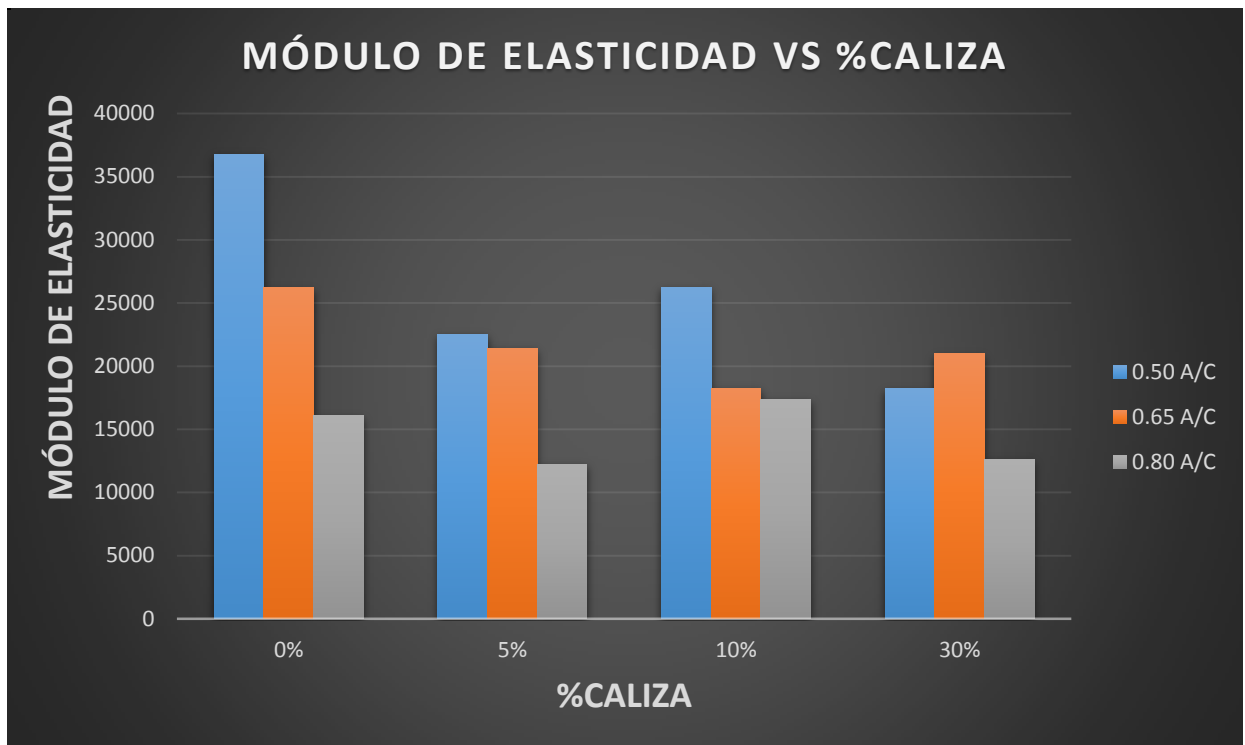
**Tabla 25. Comparativo Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80 módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 28 días.**

	PORCENTAJE	Eprom		PORCENTAJE	Eprom		PORCENTAJE	Eprom
0.50	0%	36770	0.65	0%	26184	0.80	0%	16062
	5%	22519		5%	21396		5%	12227
	10%	26233		10%	18252		10%	17365
	30%	18222		30%	20975		30%	12629

Fuente: Autor

**Gráfica 13. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0, 5, 10 y 30 con relación agua cemento del 0.50, 0.65 y 0.80 porciento curado a 28 días.**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 28 días, observando que entre mayor relación a/c y porcentaje de caliza, su módulo de elasticidad decrece.



Fuente: Autor



De acuerdo a los datos encontrados y promediando los módulos de elasticidad de cada grupo de cilindros, datos que se encuentran en Anexos 2. Y generando una representación de los promedios de los datos en las gráficas se denota un cambio considerable del módulo de elasticidad con el porcentaje nulo de caliza, a comparación de los que contienen porcentajes de caliza

En una relación agua cemento del 50% y con un porcentaje de caliza del 10% es una de las mezclas de concreto que presenta el módulo de elasticidad más alto en comparación con las diferentes relaciones agua cemento con sus debidas adiciones de caliza

En la adición del 5% de caliza con una relación agua cemento del 80% es la mezcla que presenta el módulo de elasticidad más bajo a comparación de las otras relaciones de mezcla

**Tabla 26. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días**

	PORCENTAJE	Eprom
0,50	0%	30632
	5%	22631
	10%	26478
	30%	19375

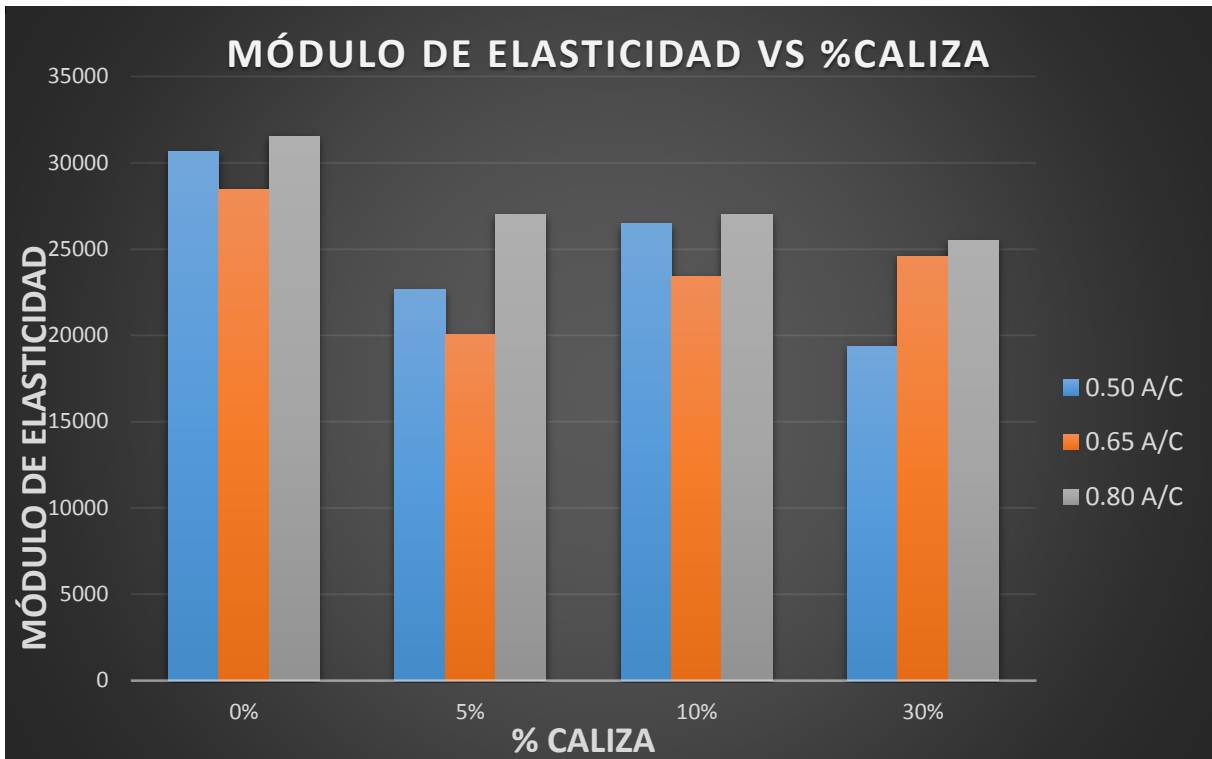
	PORCENTAJE	Eprom
0,65	0%	28428
	5%	20051
	10%	23417
	30%	24591

	PORCENTAJE	Eprom
0,80	0%	31518
	5%	26998
	10%	27014
	30%	25480

Fuente: Autor

**Gráfica 14. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0, 5, 10 y 30 con relación agua cemento del 0.50, 0.65 y 0.80 por ciento curado a 56 días.**

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento del concreto a 56 días, observando que entre mayor relación a/c y porcentaje de caliza, su módulo de elasticidad crece; siendo mejor en relación a/c de 0.80 con adición de caliza que sin adición.



Fuente: Autor

De acuerdo a los datos encontrados y promediando los módulos de elasticidad de cada grupo de cilindros, datos que se encuentran en Anexos 2. Y generando una representación de los promedios de los datos en las gráficas se denota que el cambio que genera la adición de caliza del 5% , 10% y 30% con relaciones agua - cemento del 50% , 65% y 80% comparando al tipo de mezcla sin adición presenta módulos de elasticidad altos

El módulo de elasticidad más bajo que se presenta es en la mezcla de relación agua cemento 50% con un porcentaje de adición de caliza del 30%

**Tabla 27. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, esfuerzo vs porcentaje de caliza curado a 28 días**

RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa
0,50	0 % C	21 MPa
	5 % C	19 MPa
	10 % C	17 MPa
	30 % C	15 MPa

RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa
0.65	0 % C	15 MPa
	5 % C	12 MPa
	10 % C	9 MPa
	30 % C	14 MPa

RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa
0,80	0 % C	9 MPa
	5 % C	8 MPa
	10 % C	6 MPa
	30 % C	6 MPa

Fuente: Autor

**Tabla 28. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, esfuerzo vs porcentaje de caliza curado a 56 días**

RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa
0,8	0 % C	12 MPa
	5 % C	11 MPa
	10 % C	10 MPa
	30 % C	10 MPa

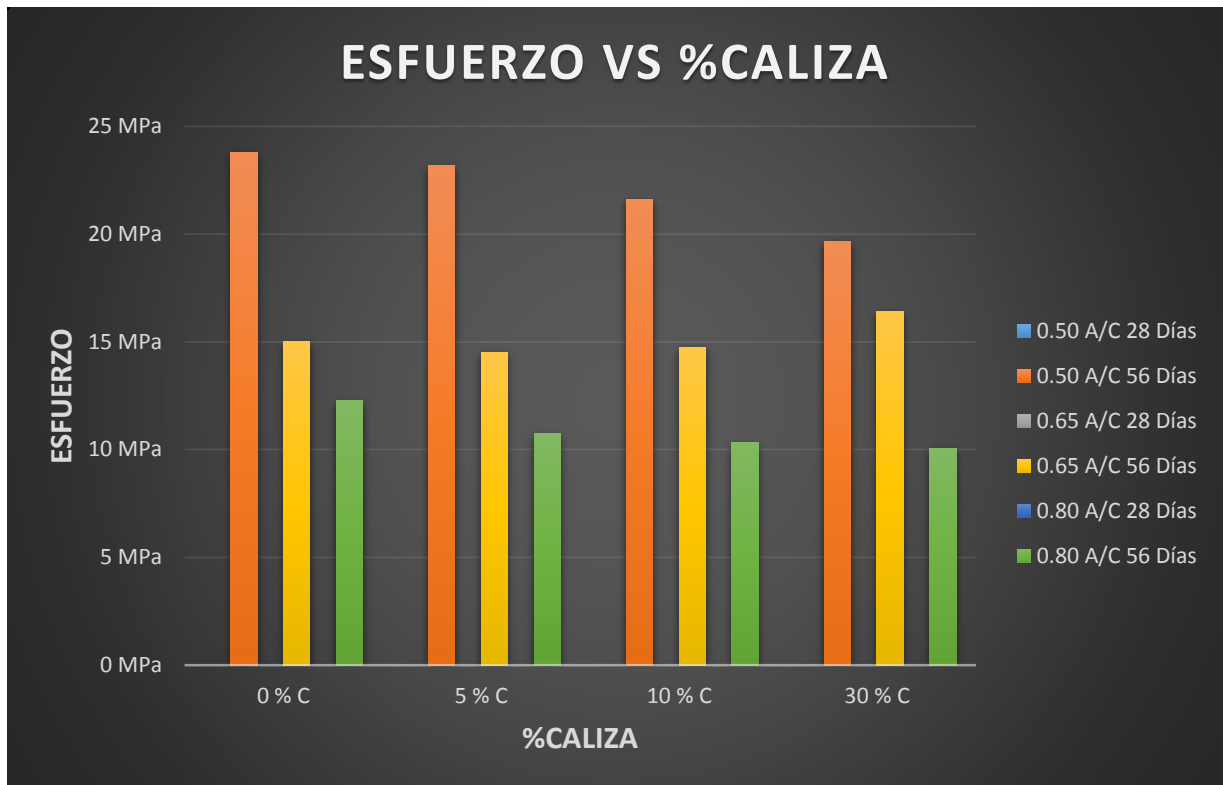
RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa
0.65	0 % C	15 MPa
	5 % C	15 MPa
	10 % C	15 MPa
	30 % C	16 MPa

RELACIÓN A/C	PORCENTAJE	MPa
0,50	0 % C	24 MPa
	5 % C	23 MPa
	10 % C	22 MPa
	30 % C	20 MPa

Fuente: Autor

**Gráfica 15. Esfuerzo vs porcentaje de caliza de 0, 5, 10 y 30 con relación agua cemento del 0.50, 0.65 y 0.80 por ciento curado a 28 y 56 días.**

En la siguiente gráfica comparamos el comportamiento del concreto a 28 y 56 días, observando que entre mayor tiempo de fraguado este tiene un mejor comportamiento en cuanto a resistencia.



Fuente: Autor

De acuerdo a los datos encontrados y promediando los esfuerzo de cada grupo de cilindros, datos que se encuentran en Anexos 1. Y generando una representación de los promedios de los datos en las gráficas se denota que en relaciones agua cemento del 50% con los diferentes porcentajes de caliza adicionados presentan un esfuerzo alto y óptimo para el diseño de mezcla buscado

**Tabla 29. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza curado a 56 días.**

	PORCENTAJE	$E_{prom}$		PORCENTAJE	$E_{prom}$		PORCENTAJE	$E_{prom}$
0.80	0%	16062	0.65	0%	26184	0.50	0%	36770
	5%	12227		5%	21396		5%	22519
	10%	17365		10%	18252		10%	26233
	30%	12629		30%	20975		30%	18222

Fuente: Autor

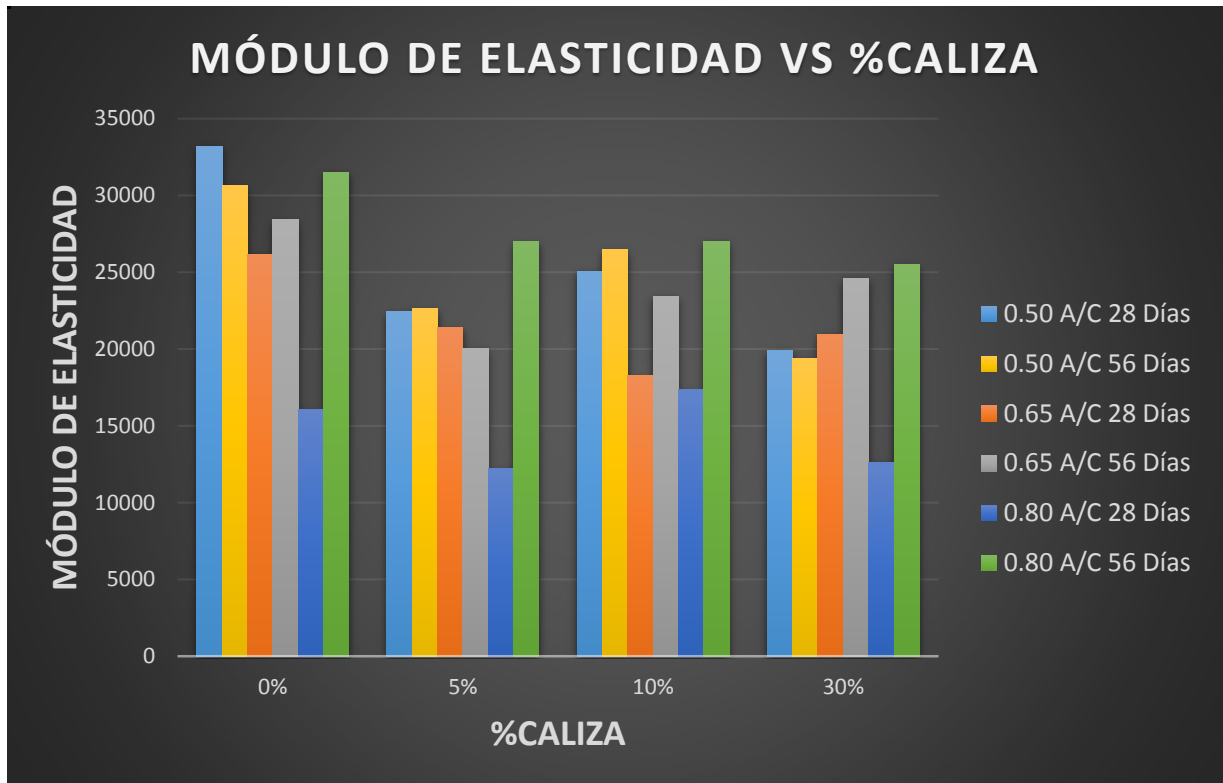
**Tabla 30. Relaciones agua cemento 0.50, 0.65, 0.80, esfuerzo vs porcentaje de caliza curado a 56 días.**

	PORCENTAJE	$E_{prom}$		PORCENTAJE	$E_{prom}$		PORCENTAJE	$E_{prom}$
0.80	0%	31518	0.65	0%	28428	0.50	0%	30632
	5%	26998		5%	20051		5%	22631
	10%	27014		10%	23417		10%	26478
	30%	25480		30%	24591		30%	19375

Fuente: Autor

**Gráfica 16. Módulo de elasticidad vs porcentaje de caliza de 0, 5, 10 y 30 con relación agua cemento del 0.50, 0.65 y 0.80 por ciento curado a 28 y 56 días.**

En la siguiente gráfica comparamos el comportamiento del concreto a 28 y 56 días, observando que con una relación a/c del 0.80 a 56 días con remplazo de caliza presenta mejor módulo que sin el remplazo de este.



Fuente: Autor

De acuerdo a los datos encontrados y promediando los módulos de cada grupo de cilindros, datos que se encuentran en Anexos 2. Y generando una representación de los promedios de los datos en las gráficas se denota que en relaciones de reemplazo de calza con una relación agua cemento del 80% no se ve muy afectado, y también se ven afectadas por el tiempo de curado ya que presentan picos bajos y picos altos y óptimos para el diseño de mezcla buscado.

## 9 CONCLUSIONES

- Se evaluó que en las mezclas de concreto con relación agua cemento (0.50, 0.65 y 0.80) elaborado con reemplazo de caliza (5, 10 y 30%) a los 28 días, es de tipo decreciente con respecto a la resistencia inicial cuando las relaciones a/c y el porcentaje de cemento reemplazado son mayores, a excepción del 30% de caliza en una relación a/c 0.65. Las bajas resistencias se presentan debido a que la relación agua/cemento es aumentada y que el reemplazo de cemento por caliza fue muy alto, dando así que estas mezclas no son óptimas para este diseño.
- Se determinó que la mezcla de concreto elaborado con reemplazo de caliza a los 56 días, presenta una resistencia a la compresión menos decreciente a comparación de la de 28 días, mejorando así su resistencia; esto es debido a que la hidratación y curado del concreto estuvo por más tiempo. Nos da a comprender que por medio de la caliza el concreto tiene un mejor comportamiento en relaciones a/c (0.50, 0.65, 0.80) con un mayor tiempo de fraguado. Las construcciones prefabricadas, serian una buena opción de uso para estos concretos.
- Se identificó que en cuanto a mayor relación a/c y reemplazo de caliza por cemento se ve afectado el módulo de elasticidad decayendo considerablemente a los 28 días, esto puede ser debido a que este no ha tenido un curado óptimo. A los 56 días el módulo de elasticidad presenta un incremento, observando que en cuanto a mayor porcentaje de caliza y relación agua/cemento este mantiene su módulo, esto puede ser debido a que tuvo un mayor tiempo de curado.

## 10 RECOMENDACIONES

- Se recomienda enfatizar en el módulo de elasticidad dinámico del concreto, es decir bajo las cargas rápidas ya que son importantes para saber el comportamiento real, cuando se presenta sismo.
- Se recomienda analizar las propiedades mecánicas aplicando un aditivo acelerante que mejoren los tiempo de fraguado a los 28 días, para así alcanzar las resistencias y el módulo de elasticidad adecuadas que se generaron a los 56 días.
- Se recomienda estudiar el comportamiento con relaciones agua/cemento del 0.65 en porcentajes de caliza mayores a los estudiados pues tiende a aumentar su resistencia y módulo de elasticidad.



## 11 REFERENCIAS

ICONTEC, (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). NTC 174, NTC 129, NTC 673, NTC 2871. Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2010.

ICONTEC, (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación)- Concretos. Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión. Bogotá, 2006, 11 p. (NTC 4025)

ICONTEC, (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). Ingeniería civil y arquitectura. Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto. Bogotá, 1995, 10 p. (NTC 504).

ICONTEC, (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación). Determinar la finura del cemento hidráulico por medio del aparato de Blaine de permeabilidad al aire. NTC-33, Bogotá D.C. 2006, 11 p.

Marketizer.com, Q. (2016). Las rocas calizas y sus usos comunes | QuimiNet.com. [Online] Quiminet.com. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/las-rocas-calizas-y-sus-usos-comunes-4228.htm> [Acceso 29 Abr. 2016].

Graterol Mariluz y Vásquez Haymarí. (2013). Roca Sedimentaria. Caliza. Quebrada Segovia. Venezuela [online] Disponible en: <http://uciencia.uma.es/Banco-de-Imagenes/Ciencia/Roca-Sedimentaria.-Caliza> [Acceso 08 Abr. 2016].

Yazmin Zinni, (2014). Tipos de roca caliza | eHow en Español. [online] Disponible en: [http://www.ehowenespanol.com/tipos-roca-caliza-info\\_145600/](http://www.ehowenespanol.com/tipos-roca-caliza-info_145600/) [Acceso 19 feb. 2016].

Arias, J. V. (2009). El concreto: Concreto. [online] Elconcreto.blogspot.com.co. Disponible en: <http://elconcreto.blogspot.com.co/search/label/Concreto> [Acceso 20 Abr. 2016].

Elconstructorcivil.com. (2013). Concreto: Módulo de Elasticidad. | Constructor Civil. [online] Disponible en: <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/concreto-modulo-de-elasticidad.html> [Acceso 18 May. 2016].

Bernal Arias, J. (2009). el concreto. [online] Elconcreto.blogspot.com.co. Disponible en: <http://elconcreto.blogspot.com.co/> [Acceso 15 Feb. 2016].

El concreto en la obra problemas, causas y soluciones. (2006).Imcyc (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto), [online] 1(5), pp.20-24. Disponible en: <http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/PROBLEMAS.pdf> [Acceso 6 Abr. 2016].

Mariano. (2011). PROPIEDADES MECÁNICAS | Tecnología de los Plásticos. [online] Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2011/06/propiedades-mecanicas.html> [Acceso 29 Abr. 2016].

Noergia. (2016). Caliza | CARBONATO CÁLCICO. [online] Disponible en: <http://www.carbonatocalcico.es/tag/caliza/> [Acceso 12 Abr. 2016].

Tobón, J. and Cacez Gómez, R. (2008). Desempeño del cemento portland adicionado con calizas con diferentes grados de pureza. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, (156), pp.177-184.

Solis, R., Moreno, E. y Arjona, E. (2016). Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación agua cemento. ALCONPAT, [online] 2(1), pp.21-29. ] Disponible en: <http://www.mda.cinvestav.mx/alconpat/revista> [Acceso 17 Mar. 2016].