

**CUANTIFICACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO DE
3000 PSI E INFLUENCIA DEL CURADO Y CARACTERISTICAS DE LOS
AGREGADOS EN LAS RESITENCIAS FINALES**



Norma Liliana Triana Castro

Jhon Esteban Díaz Martínez



Facultad de Ingeniería Civil

Universidad Santo Tomás

Villavicencio

Octubre

2018

Proyecto de aplicación en temas de Ingeniería Civil

**CUANTIFICACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO DE
3000 PSI E INFLUENCIA DEL CURADO Y CARACTERISTICAS DE LOS
AGREGADOS EN LAS RESISTENCIAS FINALES**

Por:

Norma Liliana Triana Castro

Jhon Esteban Díaz Martínez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de **Ingeniero(a) Civil**

Aprobado por:

Ing. Esp. Emiro Andrés Lozano Pérez

Director

Ing. Esp. Oscar Fabián Barreto Chitiva

Codirector

Facultad de Ingeniería Civil

Universidad Santo Tomás

Villavicencio

Octubre

2018

AUTORIDADES ACADEMICAS

FRAY UBALDO LOPEZ SALAMANCA, O.P.

Rector General

FRAY JAVIER ANTONIO CASTELLANOS, O.P.

Vicerrector Académico General

FRAY JOSE ARTURO RESTREPO RESTREPO, O.P.

Rector Sede Villavicencio

FRAY FERNANDO CAJICA GAMBOA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBON

Secretaria de División Sede Villavicencio

ING ESP. JHON JAIRO GIL PELAEZ

Decano Facultad de Ingeniería Civil

NOTA DE ACEPTACIÓN

JHON JAIRO GIL PELAEZ

Decano de Facultad

OSCAR FABIÁN BARRETO CHITIVA

Director Trabajo de Grado

EMIRO ANDRÉS LOZANO PÉREZ

jurado

Villavicencio, octubre de 2018

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado primordialmente a Dios, por habernos dado la vida y permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional.

A nuestros padres por infundir en nuestra lucha y el deseo de superación; resaltando el apoyo incondicional en los momentos de desesperación, duda y felicidad a lo largo de este proyecto y nuestra carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseamos expresar nuestro agradecimiento al director de esta tesis el Ing. Emiro Lozano, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dedicación, dirección, conocimiento, enseñanza y consejos permitió el desarrollo de este trabajo, al Ing. Oscar Barreto que gracias a sus colaboración y correcciones hoy podemos culminar este trabajo.

A nuestros compañeros, amigos y docentes por ser las personas que han estado para brindarnos el apoyo y ánimos para culminar este proceso.

RESUMEN

El resultando de este proyecto de grado es la investigación del Módulo de elasticidad del concreto más común en la construcción (3000Psi), debido que es un parámetro importante en el diseño de estructuras para poder establecer las deformaciones que tienen los elementos estructurales como columnas, vigas y muros. En la región de Villavicencio en estos tiempos para los diseños estructurales se recurre a las formulas planteadas por la Norma Colombiana Sismo-Resistente de 2010 (NSR-10, demostrando los cambios que tienen estos procesos de curados en el módulo de elasticidad.

En este proyecto se analizarán 90 resultados tomados por medio de cilindros de concreto donde se tomarán los agregados de una cantera de la región de Villavicencio, donde se compararán los resultados con los diferentes tipos de curado que se están empleando en la construcción.

Se determinaran los resultados por medio de ensayos de compresión y se realizaran en el laboratorio de concretos de la Universidad Santo Tomas Villavicencio.

Palabras Clave: Curado, concreto, agregados, ensayos a compresión, módulo de elasticidad, procesos de curado, resistencia final

ABSTRACT

The result of this project of degree is the investigation of the Module of elasticity of the concrete more common in the construction (3000Psi), because it is an important parameter in the design of structures to be able to establish the deformations that have the structural elements as columns, beams and walls. In the Villavicencio region in these times for structural designs recourse is had to the formulas proposed by the (NSR-10, demonstrating the changes that these curing processes have in the modulus of elasticity.)

This project will analyze 90 results taken by means of concrete cylinders where the aggregates of a quarry from the Villavicencio region will be taken, where the results will be compared with the different types of curing that are being used in the construction.

The results will be determined by means of compression tests and will be carried out in the concrete laboratory of Santo Tomas Villavicencio University.

Keywords: *Curing, concrete, aggregates, compression tests, modulus of elasticity, process of curing, finally resistance.*

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
1. Introducción.....	15
1.1 Formulación Del Problema.....	16
1.2 Objetivo General.....	17
1.2.1. Objetivo Específicos.....	17
2. Fundamentación Teórica y Científica.....	18
2.1. Marco Teórico	18
2.2. Marco Legal	30
2.3. Estado del Arte	34
3. CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES	36
3.1. FINURA DEL CEMENTO HIDRÁULICO	36
3.2. DENSIDAD DEL CEMENTO.....	36
3.3. CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO	36
3.4. GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO	37
3.5. GRANULOMETRIA AGREGADO FINO	38

3.6. DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	40
3.7. MASA UNITARIA Y VACIOS	41
3.8. DISEÑO DE MEZCLA.....	42
4. ANÁLISIS	DE
RESULTADOS.....	44
5. CONCLUSIONES	60
Bibliografía.....	62
ANEXOS	65

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de los procesos de fraguado y endurecimiento del concreto en función del tiempo. Tomado de Durabilidad y Patología del Concreto. Autor Ing. Sánchez de Guzmán D. noviembre 2011.	19
Ilustración 2. Ciclo Geológico de las Rocas. Tomado de El Concreto y Otros Materiales. Autor Libia Gutiérrez de López de Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 2009.	21
Ilustración 3. Resistencia a compresión del cemento gris de uso estructural ARGOS. Tomado de proyecto de grado de la universidad Cooperativa de Colombia. Ing Luis Felipe Rodríguez Beltrán. 2016.	22
Ilustración 4. Curva de la granulometría del agregado Grueso. Fuente: Propia.....	37
Ilustración 5. Curva de la granulometría del agregado fino. Fuente: Propia.....	39
Ilustración 6. Curva de la granulometría de la Arena Lavada. Fuente: Propia.....	40
Ilustración 7. Curva teórica	44
Ilustración 8. Esfuerzo Vs Deformación, Sumergido. Fuente: Propia	48
Ilustración 9. Esfuerzo Vs Deformación, Plástico Transparente. Fuente: Propia.....	50
Ilustración 10. Esfuerzo Vs Deformación, Plástico Negro. Fuente: Propia	52
Ilustración 11. Esfuerzo Vs Deformación, Intemperie. Fuente: Propia.....	53
Ilustración 12. Encuesta, ¿Cuál es el tipo de mezcla que se emplea en la obra? Fuente: Propia.	54

Ilustración 13. Encuesta, ¿Cuál de las siguientes marcas de cemento es la más utilizada en obra para la elaboración del concreto?. Fuente: Propia.....	54
Ilustración 14. Encuesta, ¿Cuál es la dosificación que se empleando para el diseño de mezcla del concreto? Fuente: Propia	55
Ilustración 15. Encuesta, ¿Qué proceso de curado se utiliza en obras? Fuente: Propia	56
Ilustración 16. Encuesta, ¿Cuál es el tiempo de aplicación de agua a la estructura para obtener un proceso de curado satisfactorio?. Fuente: Propia	57
Ilustración 17. Encuesta, ¿Hasta qué tiempo se sigue realizando el proceso de curado a la obra? Fuente: Propia.....	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Especificaciones técnicas del Cemento de uso estructural. Tomado de proyecto de grado de la universidad Cooperativa de Colombia. Ing. Luis Felipe Rodríguez Beltrán.	22
Tabla 2. Normativa. Fuente: Propia.....	30
Tabla 3. Consistencia normal del cemento. Fuente: Propia	36
Tabla 4. Granulometría del agregado grueso. Fuente: Propia	37
Tabla 5. Granulometría del agregado fino. Fuente: Propia	38
Tabla 6. Granulometría de la arena lavada, material no utilizado. Fuente: Propia.....	39
Tabla 7. Método para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso. Fuente: Propia.....	40
Tabla 8. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de los agregados. Fuente: Propia.....	41
Tabla 9. Materiales a utilizar en un metro cubico. Fuente: Propia	42
Tabla 10. Diseño de mezcla a utilizar. Fuente: Propia	42
Tabla 11. Comparativo 1. Fuente: Propia.....	45
Tabla 12. Comparativo 2. Fuente: Propia.....	45
Tabla 13. Comparativo 3. Fuente: Propia.....	46
Tabla 14. Proceso para hallar el módulo elástico del proceso de curado sumergido. Fuente: Propia.....	47
Tabla 15. . Proceso para hallar el módulo elástico del proceso de curado plastico	

Transparente. Fuente Propia. 50

Tabla 16. Proceso para hallar el módulo elástico del proceso de curado plastico Negro.

Fuente: Propia..... 51

Tabla 17. Proceso sin ningún proceso de curado Intemperie. Fuente: Propia..... 52

1. Introducción

El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro muy importante para la construcción y el análisis de estructuras, ya que este permite e indica el índice de deformación de los materiales por la acción de fuerzas que actúan sobre la estructura, en esta ocasión solo se buscará el módulo de elasticidad de fuerzas a compresión para el concreto, mostrando las deformaciones que son cambios de dimensiones y formas de una muestra.

También se deben conocer los procesos de curado y la importancia que implican estos en el concreto, esto hará que la durabilidad y la humedad del concreto sea de acuerdo al diseño de la mezcla que soliciten las normas y el criterio técnico del ingeniero supervisor. El valor del módulo de elasticidad depende en general del tipo de concreto, de su dosificación, del tipo y origen de agregado usado, por las diferentes respuestas del material ante cargas, de la matriz de cemento presente en el concreto y de la calidad del agregado. Específicamente en el caso de concretos de resistencia normal en nuestro medio, con resistencia entre 21 Mpa y 35 MPa (3000 a 5000 PSI) la correlación del Módulo de elasticidad respecto de la resistencia puede diferir respecto de la obtenida para concretos de alta resistencia (mayor a 42 MPa), debido a que en estos últimos la rotura del material se presenta por el agregado.

1.1 Formulación Del Problema

En Villavicencio se está presentando un auge encaminado al desarrollo de procesos constructivos, debido a los cambios que se han presentado en la economía de la región a causa de la baja en la producción de petróleo y el aumento en la construcción de vivienda urbana en la ciudad y los municipios aledaños; es por esto, que la ciudad se está expandiendo de manera continua hacia lugares que no cumplen con los lineamientos del ordenamiento territorial; asimismo, estas obras, por dar cumplimiento a los tiempos de entrega planificados no permiten que se lleve a cabo un proceso de curado del concreto de la estructura efectivo, debido a las obras que han sido observadas en la ciudad de Villavicencio se puede evidenciar que el proceso de curado no es aplicado correctamente.

El proceso de curado del concreto es importante porque permite que el porcentaje de humedad contenido en este sea estable y conserve una temperatura adecuada en la estructura, para así, obtener una resistencia máxima y poder desarrollar las propiedades con las cuales son diseñadas las mezclas. Otro factor importante es la durabilidad que un buen proceso de curado da, ya sea mediante alguno de los procesos de curado establecido en la Norma Sismo resistente NSR-10 que aportan al concreto estos factores de incidencia del desarrollo óptimo de sus propiedades. El concreto con un curado apropiado dará óptimas condiciones de humedad, a su vez, permite una mejor dureza superficial y una mayor resistencia al desgaste y la compresión, también es importante decir que el curado apropiado hace que el concreto no absorba agua lo cual aumenta la vida útil, no solamente del concreto, sino de la misma estructura.

¿Las características de los agregados que están siendo utilizados en la obras de la ciudad de Villavicencio están cumpliendo con las resistencias?

¿Las obras de la ciudad de Villavicencio están realizando el proceso de curado adecuado?

1.2 Objetivo General

Cuantificar el módulo de elasticidad del concreto a partir de la importancia de los procesos de curado del concreto y las características de los agregados en las resistencias finales.

1.2.1. Objetivo Específicos

- Se determinara las características de los agregados gruesos y finos de la region en los resultados de las resistencias finales.
- Determinar en que influyen los características de los agregados en el concreto.
- Realizar ensayos de compresión de cilindros de concreto bajos los diferentes procesos de curado.
- Llevar a cabo un análisis comparativo con las diferentes muestras y resultados que se obtuvieron con los diferentes procesos de curado.

2. Fundamentación Teórica y Científica

2.1. Marco Teórico

En el presente documento está determinando el módulo de elasticidad del concreto utilizando un punto de extracción en la región de Villavicencio y la importancia del procedimiento de curado en la construcción.

El concreto es una de los materiales más utilizados en construcción y sus componentes le proveen características de resistencia a la compresión.

2.1.1. CURADO EFECTIVO EN LAS ESTRUCTURAS

El curado a través de su influencia en la porosidad, la permeabilidad y la hermeticidad del concreto tiene también una influencia muy alta de durabilidad.

Desafortunadamente, en la práctica se considera que, si el concreto alcanza el nivel de resistencia requerido, el curado carece de importancia. Pero este concepto es erróneo, por cuanto el concreto debe madurar bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura para desarrollar todas sus características y propiedades. El curado del concreto, que debe darse durante la primera fase del endurecimiento (después del fraguado) es el proceso que asegura que el concreto sea resistente, tenga baja permeabilidad, se encuentre libre de fisuras y por lo tanto sea durable. Por ello, durante la etapa inicial que inicia inmediatamente se da el tiempo de fraguado final (el concreto ya es un sólido pero su resistencia a la compresión es cercana a cero), debe tenerse especial cuidado en los siguientes aspectos [1]:

- Asegurar que los procesos de fraguado y de endurecimiento sean los adecuados para las condiciones ambientales de la obra, la tecnología disponible, y el tiempo transcurrido. Es decir, que el vaciado del concreto debe efectuarse de tal manera que se alcancen unos niveles de resistencia determinados a unos tiempos también determinados, de manera que se evite la formación de fisuras tempranas.
- Asegurar que el concreto no se vea afectado por la probabilidad de ocurrencia de heladas tempranas, lo cual es propio de climas fríos o muy fríos. La experiencia ha

enseñado, que el concreto sufre daños permanentes en el evento de que se presenten heladas durante las primeras 24 horas. El método elegido, debe asegurar que el concreto no se helara hasta que obtenga un cierto y determinado grado de endurecimiento.

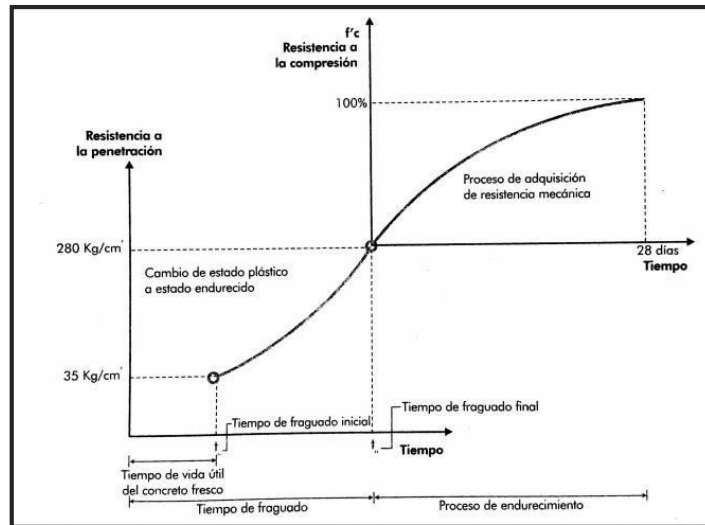


Ilustración 1. Esquema de los procesos de fraguado y endurecimiento del concreto en función del tiempo. Tomado de Durabilidad y Patología del Concreto. Autor Ing. Sánchez de Guzmán D. noviembre 2011.

2.1.2. AGREGADOS

Los agregados pueden ser definidos como aquellos materiales inertes que poseen una resistencia propia suficiente, que no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento y que garantizan una adherencia con el cemento. Son considerados material de relleno dentro del concreto, debido a que éstos constituyen mayor volumen dentro de la mezcla, haciéndola más económica.

Dicho material puede variar en la mineralogía de sus componentes o las condiciones físicas de sus partículas, de forma tal que la distribución del tamaño, la forma y la textura son factores que tienen un efecto en el comportamiento del concreto.

Los agregados son considerados materiales inertes, es decir, no reaccionan químicamente

con ningún otro material que posee el concreto, tienen una resistencia propia suficiente que no altera ni afecta el proceso de endurecimiento del cemento y que garantiza una adherencia con la pasta de cemento endurecida. Estos materiales pueden ser naturales o artificiales, dependiendo de su origen.

- **Agregado o árido:** Conjunto de materiales de composición mineral, naturales o artificiales, generalmente inertes, usados en la construcción de obras civiles.
- **Agregado grueso o grava:** Material retenido en el tamiz No. 4, con un tamaño entre 7.6 cm y 4.76 mm.
- **Agregado fino o arena:** Material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 Micras (0.074 mm.).
- **Finos:** Son partículas pasantes del tamiz No. 200 con tamaños entre 0.074 mm y 0.002 mm.
- **Sucio de río:** Término empleado para denominar en su totalidad el material de arrastre de un río sin separación de tamaños, y tal como se puede extraer de un depósito natural. En algunas regiones del país a este material se llama cantos rodados.
- **Gravilla:** Material de río o de cantera, separado en la fuente en tamaños pasantes del tamiz 3/4" y retenido en el No.4, con tamaños entre 19.1 mm y 4.76 mm.
- **Arenón:** Arena natural de río o de veta, con tamaños pasantes del tamiz 3/8" y retenidos en el tamiz No.40, es decir con tamaños entre 9.51 mm y 0.420 mm.
- **Cascajo:** Hace referencia exclusivamente al agregado rodado

2.1.3. ORIGEN DE LOS AGREGADOS NATURALES

Los agregados naturales provienen de las rocas y se obtienen por un proceso de fragmentación natural como el intemperismo y la abrasión o mediante un proceso físico mecánico hecho por el hombre; en ambos casos conservan las propiedades físicas: densidad, porosidad, textura, resistencia al intemperismo y composición mineralógica de la roca madre.

Para comprender mejor las propiedades de los agregados como su textura, porosidad, y su resistencia, tanto mecánica como al intemperismo, es necesario estudiar un poco la genealogía de las rocas y su formación.

Las rocas originales o ígneas se produjeron por fenómenos geológicos internos de la tierra al solidificarse el magma que es una mezcla heterogénea de diversos silicatos, y posteriormente por fenómenos geológicos externos como la meteorización, con el tiempo se formaron las rocas sedimentarias. Posteriormente las rocas sedimentarias e ígneas al sufrir procesos de presión y temperatura formaron las rocas metamórficas. Este proceso se conoce como un ciclo geológico de las rocas y puede observarse en el siguiente diagrama [2]:

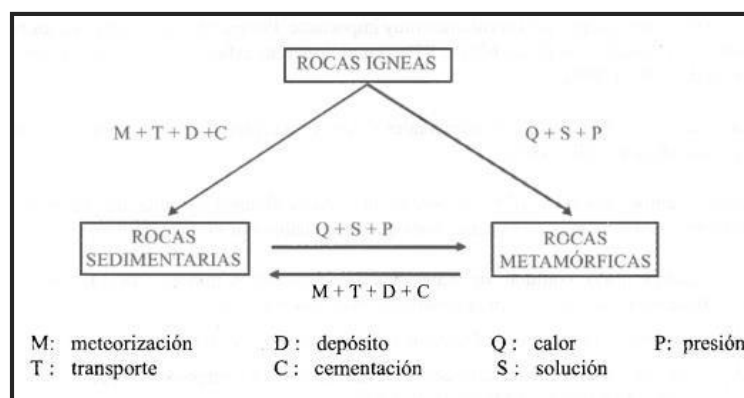


Ilustración 2. Ciclo Geológico de las Rocas. Tomado de El Concreto y Otros Materiales. Autor Libia Gutiérrez de López de Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 2009.

2.1.4. CEMENTO GRIS DE USO ESTRUCTURAL

El cemento gris estructural se obtiene del Clinker, yeso y adiciones minerales, teniendo en cuenta proporciones adecuadas que generen la obtención de altas resistencias iniciales, es un cemento que cumple con la NTC 121 y la ASTM C-1157. Tiene diversos usos donde se requieran altas resistencias iniciales, tales como la elaboración de concretos para cualquier tipo de construcción, preparación de mortero entre otros. Este cemento estructural genera grandes beneficios ya que nos proporciona un mayor rendimiento, debido a esto se requiere menor dosificación; los tiempos de fraguado más cortos generando rapidez en las

construcciones y disminución en costos [3].

Tabla 1.Especificaciones técnicas del Cemento de uso estructural. Tomado de proyecto de grado de la universidad Cooperativa de Colombia. Ing. Luis Felipe Rodríguez Beltrán.

PARÁMETROS QUÍMICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 321 Tipo I	ASTM C-1157 Tipo GU
Óxido de magnesio, MgO, máximo (%)	6.00	7.00	–
Trióxido de azufre, SO ₃ , máximo (%)	3.50	3.50	–
PARÁMETROS FÍSICOS	ESPECIFICACIONES ARGOS	NTC 121 Tipo I	ASTM C-1157 Tipo GU
Fraguado inicial ⁽¹⁾ , mínimo (minutos)	70	45	45
Fraguado final ⁽¹⁾ , máximo (minutos)	330	480	420
Expansión autoclave, máximo (%)	0.80	0.80	0.80
Expansión en agua ⁽²⁾ , máximo (%)	0.02	–	0.02
Resistencia a 3 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	21.0	8.0	10.0
Resistencia a 7 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	28.0	15.0	17.0
Resistencia a 28 días ⁽³⁾ , mínimo (Mpa)	36.6	24.0	28.0

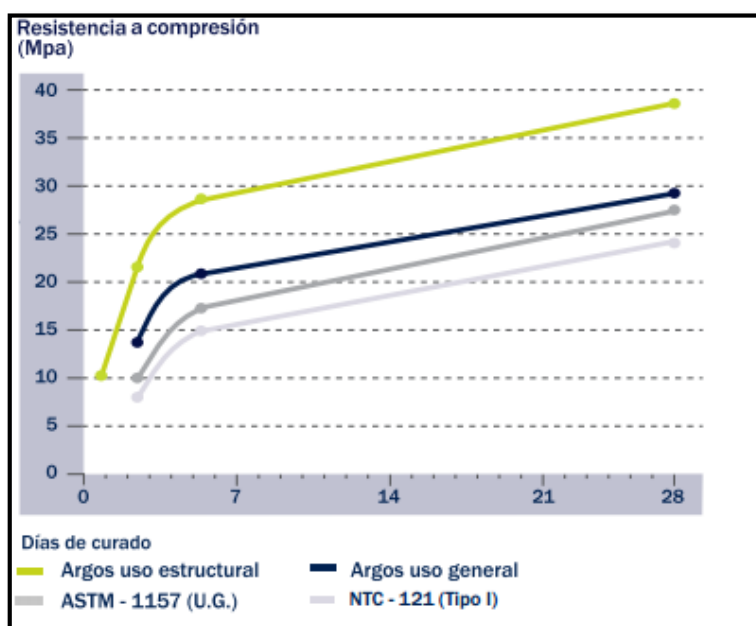


Ilustración 3. Resistencia a compresión del cemento gris de uso estructural ARGOS. Tomado de proyecto de grado de la universidad Cooperativa de Colombia. Ing. Luis Felipe Rodríguez Beltrán. 2016.

2.1.5. PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO

Esta es la etapa en la cual se puede manipular el concreto, en ella se realizan actividades tales

como mezclado de los materiales para la conformación del mismo, transporte, colocación de la mezcla dentro de la formaleta adecuada y vibrado de la misma a fin de evitar hormigueros y de eliminar el aire atrapado por las partículas durante el proceso [4].

Con el fin de realizar un buen control de calidad en estado fresco al concreto y con el propósito de tomar decisiones rápidas durante la colocación del mismo, se hace necesario realizar una serie de métodos de ensayos, que permiten medir estas propiedades:

2.1.5.1. Manejabilidad

Esta puede definirse como la cantidad de trabajo interno útil necesario para producir la compactación total, entendiéndose como trabajo interno, a la energía requerida para vencer a la fricción interna entre las partículas en el concreto. Otros autores la definen como la capacidad que posee el concreto de ser colocado y compactado apropiadamente.

2.1.5.2. Ensayo De Asentamiento

Uno de los ensayos que miden la manejabilidad del concreto fresco es el ensayo de asentamiento, el cual se encuentra descrito en la norma NTC- 396, el cual mide la consistencia del concreto o fluidez de la misma, el cono de dimensiones prefijadas por Abrams es llenado en tres capas de igual volumen compactándolas con 25 golpes con una varilla de acero de dimensiones y peso prefijado en el ensayo, una vez se ha llenado completamente el cono, éste es retirado sin girarlo, de ésta forma como la mezcla está fresca y se le ha retirado el soporte lateral que la sostiene, la mezcla se asienta, se toma la diferencia de alturas entre la que tenía la mezcla antes de ser retirado el molde y la que tomó una vez retirado y con esta se mide la manejabilidad de la mezcla, dando como resultado mezclas secas (2.5 – 3.5 cm), semi-secas (3.5 – 5.0 cm), media (5-10 cm), húmeda (10.0 – 15.0 cm) y muy húmedas(mayor a 15.0 cm) [4].

2.1.5.3. Segregación

Se define como la tendencia que poseen las partículas gruesas de separarse de la fase del mortero del concreto y la deficiencia de esas partículas en el perímetro del concreto colocado.

La segregación se presenta cuando se usan mezclas secas o pobres, en las cuales las partículas gruesas tienden a separarse y en mezclas muy húmedas en las cuales se producen separación de una parte de los agregados.

2.1.5.4. Exudación O Sangrado

Se presenta cuando las partículas gruesas se sedimentan o se segregan y parte del agua del mezclado tiende a elevarse a la superficie de la mezcla recién colocada, debido a que los materiales sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua cuando se asientan durante el fraguado de la mezcla. Para determinar la exudación el método descrito por la norma NTC 1294 lo determina, compactando un espécimen y apisonándolo sin perturbación y el otro espécimen por vibración de forma intermitente durante el ensayo

2.1.5.5. Masa Unitaria Y Rendimiento Volumétrico

Se mide según lo estipulado en la norma NTC- 1926, consistente en determinar la masa requerida para llenar un molde de volumen conocido, compactándolo con 25 golpes con una varilla de 5/8" lisa.

La masa unitaria real del concreto se determina mediante el cociente de la masa neta del concreto y el volumen del recipiente⁶; valor que es utilizado para la determinación del rendimiento volumétrico, al dividir la masa total de los materiales mezclados entre este valor.

2.1.5.6. Contenido De Aire

Para medir el contenido de aire en el concreto se encuentran diferentes métodos de ensayo, entre las cuales se encuentran el ensayo de presión normal NTC 1028, el volumétrico NTC 1032 y el gravímetro NTC 1926

2.1.5.7. Método De Presión

Está basado en la Ley de Boyle, en donde se tiene en cuenta la relación entre la presión y el volumen. Este equipo esta calibrado para realizar el contenido de aire directamente cuando se le aplica una presión predeterminada.

2.1.5.8. Método Gravimétrico

Se precisa la remoción del aire de volumen conocido de concreto agitándolo dentro de un exceso de agua y finalmente en el método gravimétrico, es usado el mismo equipo para la determinación del rendimiento del concreto en estado fresco realizando el mismo procedimiento y el contenido de aire se expresa en porcentaje con relación al volumen total del concreto⁶, utilizando la siguiente ecuación [4]:

$$A = \frac{P - W * 100}{P}$$

En donde:

A = contenido de aire en el concreto.

P = masa teórica del concreto calculada con la suposición de que está al aire en Kg/m³

W = Densidad real en Kg/ m³

2.1.5.9. Contenido De Agua

Se hace importante medirla debido a que son base fundamental para determinar si la cantidad de agua real presente en la mezcla es la estipulada en el diseño de mezcla. La norma NTC 3752 describe la forma de hallarla, mediante la medición de la concentración de ion cloruro resultante de la reacción química de la mezcla del concreto, con una solución de cloruro de volumen y características conocidas.

2.1.6. PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

Conviene precisar que, en ésta etapa, el concreto está adquiriendo la resistencia para la cual fue diseñado y precisamente por ésta condición se hace necesario proveerlo de un buen curado. Es necesario recordar que el concreto es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión, dependiendo de las propiedades físicas, químicas, mecánicas y de la interacción de cada uno de los componentes.

2.1.6.1. Resistencia A La Compresión

Al respecto es importante decir, que la gran mayoría de estructuras se diseñan supuestamente para que resistan a éste tipo de esfuerzos; razón por la cual este es un aspecto de gran relevancia, en razón a que sirve como criterio de calidad del concreto.

El espécimen de concreto es cargado hasta su rotura, por medio de una prensa de características y especificaciones definidas, con una velocidad controlada según lo establecido en la norma (NTC-673).

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen por el área de la sección transversal del mismo.

2.1.7. MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO DEL CONCRETO Y COEFICIENTE DE POISSON

El módulo de elasticidad estático secante es la relación que existe entre el esfuerzo y la deformación unitaria axial, al estar sometido el concreto a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico. Es la pendiente de la secante definida por dos puntos de la curva del esfuerzo- deformación, dentro de esta zona elástica. Estos puntos son definidos como 0 y el 40% de la resistencia máxima del concreto [5].

El módulo de elasticidad estático (E_c) se define por medio de la siguiente fórmula:

$$E_c = 3900\sqrt{f'_c} \text{ en MPa}$$

El coeficiente de Poisson es la relación entre las deformaciones transversal y longitudinal, al estar sometido el concreto a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico. Las normas NTC 4025 y la ASTM C 469, describen el proceso para su determinación. En la cual se utilizan cilindros de los mismos que se utilizan en la prueba de resistencia a la compresión del concreto, a estos especímenes se les adapta un dispositivo llamado extensómetro, consistente en dos anillos, uno unido de manera rígida y el otro atado a dos puntos opuestos de forma diametral, que permiten rotar. Este dispositivo posee dos deformímetros para realizar lecturas de deformación no solo longitudinal sino también

transversal, a fin de permitir la medición de las mismas.

La norma sismo-resistente NSR-10 [5], sugiere como ecuación general para la determinación del E_c , la siguiente expresión $E_c = 3900 \sqrt{f'_c}$ (MPa) y cuando se conoce el origen de los agregados y se dispone de W_c y f'_c las siguientes ecuaciones [4]:

$$\text{Material Ígneo} \quad E_c = (W_c)^{1.50} * 0.047 \sqrt{f'_c}$$

$$\text{Material Sedimentario} \quad E_c = (W_c)^{1.50} * 0.031 \sqrt{f'_c}$$

$$\text{Material Metamórfico} \quad E_c = (W_c)^{1.50} * 0.041 \sqrt{f'_c}$$

2.1.8. PRUEBAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS AGREGADO

En cuanto a las propiedades físicas que son significativas en el comportamiento mecánico del concreto se encuentran: la granulometría, densidad, porosidad, masa unitaria y la forma y textura de los agregados; parámetros medidos en el presente proyecto [4].

2.1.8.1. Pruebas Físicas

2.1.8.1.1. Granulometría

Es la distribución del tamaño de las partículas de una masa de agregado. El análisis granulométrico consiste en hacer pasar una masa conocida de material a través de una serie de tamices o mallas que poseen aberturas cuadradas ubicadas de forma tal que los tamaños más grandes se encuentren ubicados de mayor a menor abertura y pesando el material que queda retenido en cada uno de ellos.

En el caso de agregados para concretos éste ensayo permite además de mostrar la distribución de los tamaños de los agregados, calcular los tamaños de los mismos como son el tamaño máximo (T_M), el tamaño máximo nominal (T_{MN}) y el módulo de finura (MF), parámetros básicos para diseño de concretos [4].

2.1.8.1.2. Textura

La textura es un parámetro importante en lo referente a la influencia que el agregado posee

en cuanto a la adherencia de éste con la pasta de cemento fraguada, de igual forma para la densidad y las resistencias a tanto a compresión como a flexión.

2.1.8.1.3. Densidad

Esta depende directamente de las propiedades de la roca madre, la densidad aparente es importante para el diseño de las mezclas de concreto, para la determinación de las cantidades de los agregados por peso para un volumen unitario de concreto.

2.1.8.1.4. Porosidad Y Absorción

La porosidad de un agregado se mide por medio del % de absorción de agua u otro líquido que este material posea, vale la pena anotar que entre más % de absorción posea un agregado más poroso será, menos denso y por consiguiente el concreto será menos resistente, deduciéndose de esta manera que un agregado de mejor calidad será aquel que posea menor absorción.

2.1.8.1.5. Masa Unitaria

Es la relación entre la cantidad de material en un recipiente determinado y el volumen que esta ocupa. Se pueden determinar las masas unitarias sueltas y las masas unitarias compactas. Para la determinación de la masa unitaria suelta se procede a llenar un molde de peso y volumen conocido por gravedad desde una cierta altura de caída y la masa unitaria compacta se determina llenando el molde en tres capas compactadas con 25 golpes. El procedimiento de ensayo se encuentra descrito en la norma (NTC-92).

2.1.8.2. Propiedades Mecánicas

Dentro de las propiedades mecánicas estudiadas en el presente trabajo se encuentran las siguientes:

2.1.8.2.1. Dureza

Se determina por medio del ensayo de desgaste en la máquina de los Ángeles referidos en la

norma (NTC-93 y 98), esta propiedad depende de la constitución mineralógica y de la procedencia del agregado. Esta propiedad es usada como indicador de la calidad inherente de varias fuentes de agregados.

2.1.8.2.2. Sanidad

La sanidad de los agregados es un parámetro medido en el ensayo descrito por la norma (NTC-126), en relación a que los agregados pueden en ocasiones estar contaminados con contenidos de sulfato y cloruros adheridos a su superficie, además, el ataque de los cloruros también puede presentarse cuando los agregados se encuentran expuestos a un ambiente agresivo. Estas reacciones que no son observables a simple vista deben estudiarse mediante ensayos de laboratorio a fin de medir la peligrosidad de éstas en el concreto.

2.1.8.2.3. Contenido De Materia Orgánica

La materia orgánica consiste en productos de descomposición de material en forma de humus o marga orgánica, que suelen estar presente en las arenas. Sus efectos perjudiciales se pueden comprobar mediante la prueba colorimétrica descrita en la norma (NTC-127).

2.2. Marco Legal

Tabla 2. Normativa. Fuente: Propia

Norma/Año	Titulo	Descripción
Ley 400 de 1997 (Modificada Ley 1229 de 2008)		La ley constituye el mecanismo más equilibrado para regular las relaciones de los asociados. A través de ella el Estado debe procurar evitar las nefastas consecuencias de tragedias y desastres de la magnitud de las recientemente observadas o las inolvidables escenas del pasado, en materia de pérdidas humanas. Ello debe constituir un propósito nacional, gremial y estatal tendiente a proteger a todas las personas residentes en Colombia [6].
NTC 4025 (2006)	Método de Ensayo para Determinar el Modulo de Elasticidad Estático y la Relación de Poisson en Concreto a Compresión	Determina el módulo de elasticidad secante (o módulo de Young) y la relación de Poisson de cilindros de concreto normalizados y núcleos de concreto, cuando éstos se hallan bajo esfuerzos de compresión longitudinal [7] .

Tabla 2. Continuación

NTC 3318 (2008)	Producción de Concreto	Esta norma establece las especificaciones para la producción de concreto, considerando que el concreto se entrega a la obra en estado fresco. Los requisitos para la calidad del concreto deben ser los especificados en esta norma o los especificados por el cliente. Cuando existan diferencias entre las dos especificaciones, deben primar las del cliente siguiendo los métodos de evaluación de las Normas Técnicas Colombianas [8].
NTC 673 (2010)	Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto	Este método de ensayo trata sobre la determinación de la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Se encuentra limitado al concreto que tiene un peso unitario mayor que 800 kg/m ³ [50 lb/ft ³] [9].
NTC 174 (2000)	Especificaciones de los Agregados para Concreto	Esta norma establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos, (excepto los agregados livianos y pesados) para uso en concreto. Se pueden necesitar mayores o menores restricciones para ciertas obras o

Tabla 2. Continuación

		regiones. Por ejemplo, en donde la estética es importante, se pueden considerar límites más restrictivos en relación con las impurezas que puedan manchar la superficie de concreto [10].
NSR -10 (2010)	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente	Las normas sismo resistentes presentan requisitos mínimos que, en alguna medida, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte. No obstante, la defensa de la propiedad es un resultado indirecto de la aplicación de las normas, pues al defender las vidas humanas, se obtiene una protección de la propiedad, como un subproducto de la defensa de la vida [5].
NTC 890 (1995)	Determinación del tiempo de fraguado de Mezclas de concreto por medio de su Resistencia a la penetración	Este método de ensayo cubre la determinación del tiempo de fraguado del concreto, con asentamiento mayor a cero, por medio de mediciones de resistencia a la penetración sobre el mortero tamizado de la mezcla de concreto [11].
NTC 1032 (2013)	Método de ensayo para la determinación del	Esta norma describe el método de ensayo para determinar el contenido de aire del concreto

Tabla 2. Continuación

	contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión	fresco mezclado, a partir de la observación del cambio de volumen de concreto, con un cambio de presión [12].
NTC 3459 (2001)	Agua para la elaboración de concreto	Esta norma tiene por objeto determinar el método para establecer por medio de ensayos, si el agua es apropiada para la elaboración de concreto. Los ensayos a que se refiere esta norma no proporcionan información con respecto a la durabilidad del concreto a largo plazo [13].
NTC 1028 (1994)	Determinación del contenido de aire en concreto fresco método volumétrico.	Esta norma contempla la determinación del contenido de aire del concreto fresco que contiene cualquier tipo de agregado, ya sea éste denso, celular o liviano [14].
NTC 221 1999	Método de ensayo para Determinar la densidad del cemento Hidráulico	Esta norma establece el método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico. Su principal utilidad está relacionada con el diseño y control de las mezclas de concreto [15]

2.3. Estado del Arte

El presente estado del arte parte de los conceptos emitidos por los autores Torrado y Porras [4] , donde nos explicaban la determinación de las ecuaciones del módulo elástico en un diferente sector del país, donde establecían un parámetro fundamental del módulo elástico para los desplazamientos de los elementos estructurales que se estarían construyendo en el país. En la actualidad en Colombia para los diseños estructurales se acuden a unas ecuaciones o formulas propuestas por la Norma Colombiana de Diseño Sismo resistente de 2010 (NSR-10). Se determinaron las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido a dichas muestras, de esa manera se conoció la información relacionada con el peso unitario, la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad, estos valores experimentales que utilizaron para determinar las ecuaciones del módulo elástico.

Otro concepto que fortalece el estudio, es un proyecto de investigación llevado a cabo por estudiantes de la Universidad Cooperativa donde nos explican la elaboración de adoquines y bloques por materiales no convencionales, como lo es la ceniza del cuesco de la palma africana, los autores Rodríguez y Barreto [3] se basaron en realizar muestras de cilindros de concreto incluyendo la ceniza y así tomaron los diferentes resultados del módulo elásticos cumpliendo las edades correspondientes de los especímenes para así establecer la resistencia máxima con la que iban a contar los adoquines y los bloques con este complemento en la mezcla a realizar para hacerlos.

Otro estudio donde se fundamentó nuestro proyecto, es el artículo de la universidad Santo Tomas de la Ciudad de Tunja donde el estudiante Medina [16], donde habla si están utilizando la aplicación adecuada de métodos de curado, ya que muchas veces esto se hace de manera errónea o de forma incompleta, esto puede afectar directamente la resistencia del concreto a los 28 días y por ende generar obras que no cumplan las especificaciones de calidad dadas por los diseños estructurales, de lo cual el autor presenta resultados de ensayos a compresión que se realizaron a muestras de concretos, donde estos están sometidos a diferentes procesos de curados en laboratorios y de intemperismo, así mismo se presentaron

resultados de la aplicación de encuestas sobre la temática del curado del concreto en la ciudad de Tunja.

Estos fueron los proyectos de los cuales se basaron nuestro proyecto de investigación para la realización del proyecto, donde nos guiamos y basamos para la elaboración de nuestras muestras para llevar a cabo los diferentes procesos de curado y saber cuáles son los resultados de cada proceso y también por la aplicación de encuestas determinar si en las obras de la ciudad de Villavicencio se están utilizando procesos de curado adecuados para el concreto.

3. CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES

4.

3.1. FINURA DEL CEMENTO HIDRÁULICO

$$F = 100 - \left(\frac{Rs * 100}{w} \right)$$

Donde:

F= Finura del cemento expresada como el % que pasa por el tamiz #100

Rs= Residuo de la muestra retenido en el tamiz #100

W: Peso de la muestra

$$F = 100 - \left(\frac{35 \text{ gr} * 100}{50 \text{ gr}} \right) = 30\%$$

3.2. DENSIDAD DEL CEMENTO

$$\rho \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{\text{Masa del cemento}}{\text{Volumen desplazado } \text{cm}^3}$$

$$\rho \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{64}{17} = 3,764 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

3.3. CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO

Tabla 3. Consistencia normal del cemento. Fuente: Propia.

650 gr Cemento	650 gr Cemento	650 gr Cemento	650 gr Cemento	650 gr Cemento
240 ml Agua	230 ml Agua	220 ml Agua	210 ml Agua	200 ml Agua
24 mm	22 mm	15 mm	12 mm	8,5 mm

3.4. GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

Tabla 4. Granulometría del agregado grueso. Fuente: Propia.

NORMA TECNICA COLOMBIANA # 77. Método para el Análisis por Tamizado de los Agregados Finos y Gruesos					
Granulometría de los agregados- Agregado grueso					
Abertura (cm)	Serie de tamices	Material retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
3,81	1 1/2"	0	0%	0%	100,0%
2,54	1"	0	0%	0%	100,0%
1,91	3/4"	195	19,5%	19,5%	80,5%
1,27	1/2"	805	80,5%	100,0%	0,0%
Peso inicial de la muestra		1000			

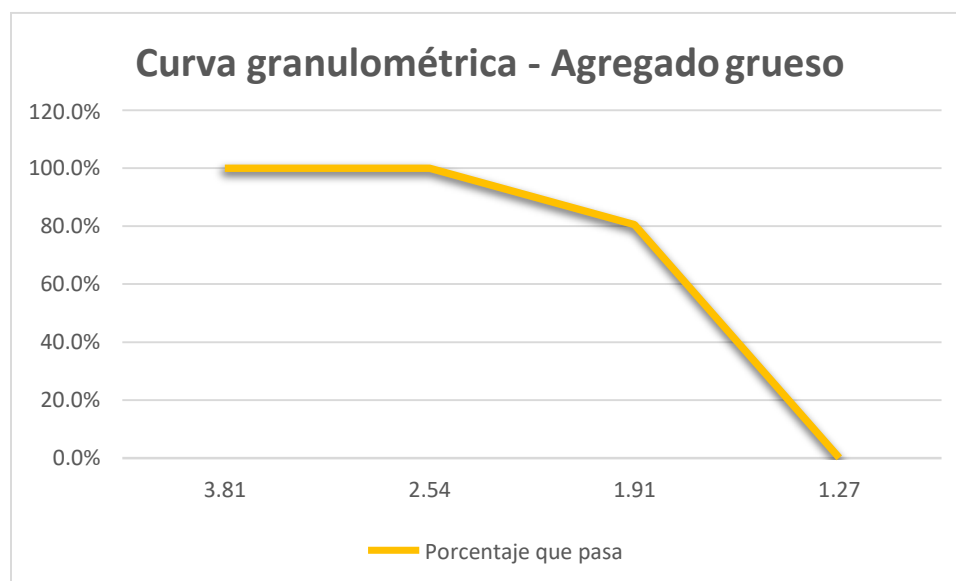


Ilustración 4. Curva de la granulometría del agregado Grueso. Fuente: Propia

3.5. GRANULOMETRIA AGREGADO FINO

Tabla 5. Granulometría del agregado fino. Fuente: Propia.

NORMA TECNICA COLOMBIANA # 77. Método para el Análisis por Tamizado de los Agregados Finos y Gruesos					
Granulometría de los agregados- Agregado fino "ARENA 50/50"					
Abertura (mm)	Serie de tamices	Material retenido (g)	% retenid o	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
6,35	1/4"	10	2%	2%	98,0%
4,76	No 4	40	8%	10%	90,0%
2	No 10	140	28%	38,0%	62,0%
1,19	No 16	65	13%	51,0%	49,0%
0,595	No 30	70	14%	65,0%	35,0%
0,297	No 50	80	16%	81,0%	19,0%
0,149	No 100	60	12%	93,0%	7,0%
0,074	No 200	15	3%	96,0%	4,0%
Fondo	Fondo	20	4%	100,0%	0,0%
Peso inicial de la muestra		500			

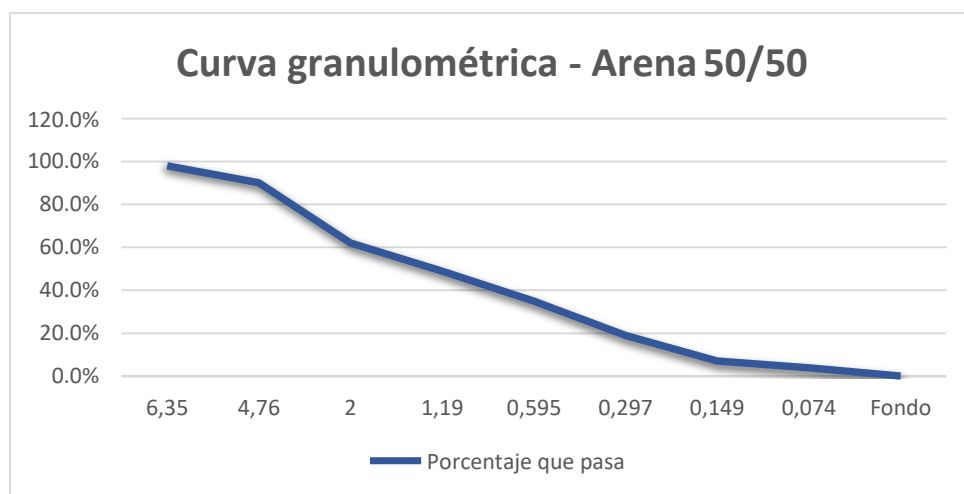


Ilustración 5. Curva de la granulometría del agregado fino. Fuente: Propia

Tabla 6. Granulometría de la arena lavada, material no utilizado. Fuente: Propia.

NORMA TECNICA COLOMBIANA # 77. Método para el Análisis por Tamizado de los Agregados Finos y Gruesos					
Granulometría de los agregados- Agregado fino "ARENA LAVADA"					
Abertura (mm)	Serie de tamices	Material retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
4,76	No 4	18,9	3,8%	3,8%	96,2%
0,841	No 20	210,6	42,1%	45,9%	54,1%
0,595	No 30	63,1	12,6%	58,5%	41,5%
0,25	No 60	148,8	29,8%	88,3%	11,7%
0,149	No 100	46,9	9,4%	97,7%	2,3%
0,074	No 200	7,3	1,5%	99,1%	0,9%
	Fondo	4,4	0,9%	100,0%	0,0%
Peso inicial de la Muestra		500			

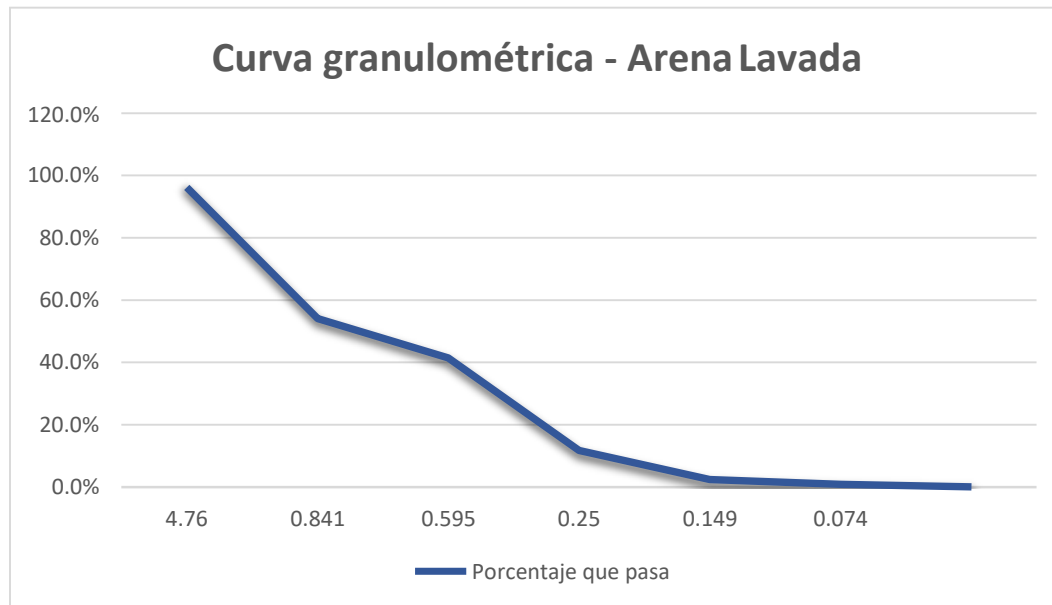


Ilustración 6. Curva de la granulometría de la Arena Lavada. Fuente: Propia.

3.6. DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 7. Método para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso. Fuente: Propia.

NORMA TECNICA COLOMBIANA N° 176			
Método para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso			
DATOS			
	Masa en el aire de la muestra de ensayo secada al horno	Masa en el aire de la muestra de ensayo saturada y superficialmente seca	Masa en el agua la muestra de ensayo saturada
N°	A (gr)	B (gr)	C (gr)
1	12948,49	13034,7	

TOTAL	12948,49	13034,7	
CÁLCULOS			
Densidad aparente			0,99
Ds aparente (saturada y superficialmente seca)			1,00
Densidad nominal			1,00
Absorción %			0,67

3.7. MASA UNITARIA Y VACIOS

Tabla 8. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de los agregados. Fuente: Propia

NORMA TECNICA COLOMBIANA # 92						
Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados						
AGREGADO GRUESO						
Masa unitaria del agregado	Masa del agregado más el molde	Masa del molde	Volumen del molde	Gravedad específica	Densidad del agua	Contenido de vacíos
M (Kg/m3)	G (kg)	T (Kg)	V (m3)	S	W (Kg/m3)	% vacíos
1437,62	11,79	6,97	0,0034	9,81	998	85,32
AGREGADO FINO - ARENA 50/50						
Masa unitaria del agregado	Masa del agregado más el molde	Masa del molde	Volumen del molde	Gravedad específica	Densidad del agua	Contenido de vacíos

Cuantificación del módulo de elasticidad del concreto de 3000 Psi e influencia del curado y características de los agregados en las resistencias finales .

M (Kg/m3)	G (kg)	T (Kg)	V (m3)	S	W (Kg/m3)	% vacíos
1585,26	12,29	6,97	0,0034	9,81	998	83,81
AGREGADO FINO - ARENA LAVADA						
Masa unitaria del agregado	Masa del agregado más el molde	Masa del molde	Volumen del molde	Gravedad específica	Densidad del agua	Contenido de vacíos
M (Kg/m3)	G (kg)	T (Kg)	V (m3)	S	W (Kg/m3)	% vacíos
1448,06	11,83	6,97	0,0034	9,81	998	85,21

3.8. DISEÑO DE MEZCLA

Tabla 9. Materiales a utilizar en un metro cubico. Fuente: Propia

Materiales Para Un Metro Cubico	
Cantidad de cemento	
argos [Kg]	350
Agua [Kg]	175
Triturado [Kg]	899
Arena de trituración	
[Kg]	899

Tabla 10. Diseño de mezcla a utilizar. Fuente: Propia

DISEÑO DE MEZCLA CONCRETO DE 3000 Psi						
Características del		Radio	Radio	Arena [m2]	Volumen [m3]	Cantidad de
cilindro [m]			Cuadrado			cilindros
Diámetro	0,15	0,075	0,005625	0,017671459	0,005301438	50
Altura	0,3					
Volumen sin desperdicio		Desperdicio 10%		Volumen Total		Metro Cubico
0,26507188		0,026507188		0,291579068		1
Materiales a utilizar		Cemento [Kg]		102,0526739		
		Arena [Kg]		262,1295823		
		Triturado [Kg]		262,1295823		
		Agua [Kg]		51,02633693		

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. ENSAYOS A COMPRESIÓN

- ✓ Es claro que el curado fue muy satisfactorio en todos los cilindros dado que a los primeros 7 días de curado todas las muestras estaban por encima de la curva teórica.

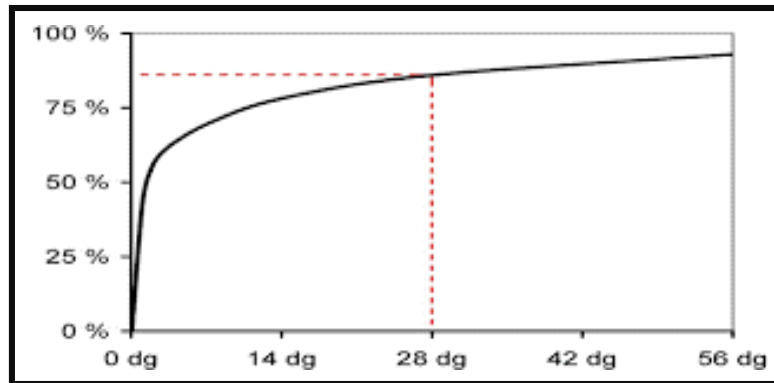


Ilustración 7. Curva teórica.

- ✓ Los 4 tipos de curado alcanzan el valor teórico máximo a una edad de 14 días
- ✓ Las muestras con curado con vinipel (sea transparente o negro) son las de mejores ganancias en resistencia
- ✓ A continuación se muestra un comparativo entre las formas de curado respecto al curado sumergido y las diferencias existentes

COMPARATIVO 1

Tabla 11. Comparativo 1. Fuente: Propia

	Sumergido	Vinipel Transparente	Delta de Incremento %
7 días	72%	88%	16%
	74%	86%	12%
	76%	85%	9%
14 días	87%	92%	5%
	88%	90%	3%
	86%	92%	6%
	86%	97%	11%
21 días	95%	98%	4%
	93%	100%	7%
	94%	99%	5%
28 días	96%	98%	2%
	97%	101%	3%
	95%	101%	6%

COMPARATIVO 2

Tabla 12. Comparativo 2. Fuente: Propia

	Sumergido	Vinipel Negro	Delta de Incremento %
7 días	72%	89%	17%
	74%	86%	12%

Cuantificación del módulo de elasticidad del concreto de 3000 Psi e influencia del curado y características de los agregados en las resistencias finales .

	76%	88%	12%
14 días	87%	93%	6%
	88%	92%	5%
	86%	92%	5%
	86%	94%	8%
21 días	95%	97%	2%
	93%	97%	3%
	94%	99%	5%
28 días	96%	100%	4%
	97%	102%	5%
	95%	100%	4%

COMPARATIVO 3

Tabla 13. Comparativo 3. Fuente: Propia

	Sumergido	Intemperie	Delta de Incremento %
7 días	72%	62%	-10%
	74%	63%	-11%
	76%	64%	-11%
14 días	87%	64%	-23%
	88%	65%	-22%
	86%	65%	-21%
21 días	95%	68%	-26%
	93%	69%	-24%
	94%	70%	-24%
	96%	73%	-23%
28 días	97%	75%	-22%
	95%	74%	-21%

4.2. MODULO DE ELASTICIDAD

Generalmente los códigos de construcción, generan las ecuaciones de módulo de elasticidad del concreto en función de esfuerzos a compresión al que hayan sido sometidos, igualmente estos cálculos se pueden encontrar mediante ensayos de laboratorios, el cual es encontrado mediante el ensayo a compresión y el módulo de elasticidad, según la Norma Técnica Colombiana.

Con el módulo de elasticidad se manifiesta como la cantidad de deformación que tiene el material que se tomó para la realización de este estudio, el cual ha sido sometido a una aplicación de fuerzas a compresión por debajo de su límite elástico, las cargas deben ser máximas del 40% de la carga máxima de resistencia del concreto [17].

4.2.1. Proceso De Curado: Sumergido

Tabla 14. Proceso para hallar el módulo elástico del proceso de curado sumergido. Fuente: Propia.

Carga	Deformación	Área	Esfuerzo	Deformación Unitaria
0	0,000	177,3434638	0	0
20	0,003	177,3434638	1,127755124	9,39202E-06
40	0,006	177,3434638	2,255510248	1,8784E-05
60	0,008	177,3434638	3,383265372	2,81761E-05
80	0,011	177,3434638	4,511020496	3,75681E-05
100	0,014	177,3434638	5,63877562	4,69601E-05
120	0,017	177,3434638	6,766530744	5,63521E-05
140	0,020	177,3434638	7,894285868	6,57442E-05
160	0,023	177,3434638	9,022040992	7,51362E-05
180	0,025	177,3434638	10,14979612	8,45282E-05
200	0,028	177,3434638	11,27755124	9,39202E-05

Cuantificación del módulo de elasticidad del concreto de 3000 Psi e influencia del curado y características de los agregados en las resistencias finales .

Tabla 14. Continuación

220	0,031	177,3434638	12,40530636	0,000103312
240	0,034	177,3434638	13,53306149	0,000112704
260	0,037	177,3434638	14,66081661	0,000122096
280	0,039	177,3434638	15,78857174	0,000131488
300	0,042	177,3434638	16,91632686	0,00014088
320	0,045	177,3434638	18,04408198	0,000150272
340	0,048	177,3434638	19,17183711	0,000159664
360	0,051	177,3434638	20,41289639	0,00017

E	120075,8611
---	-------------

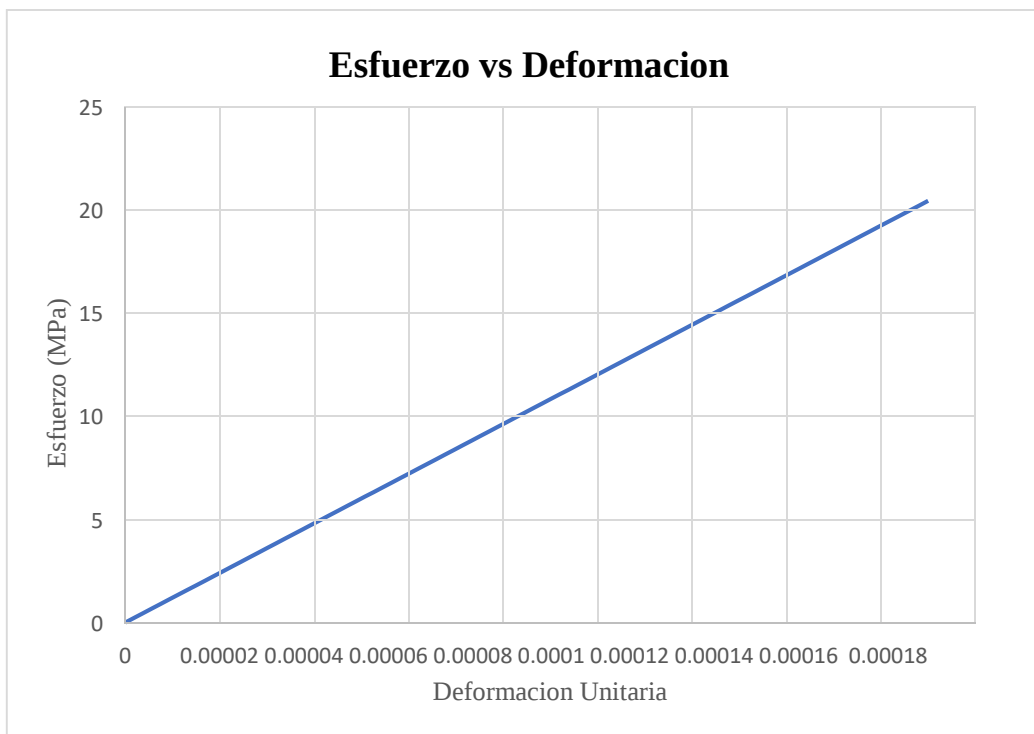


Ilustración 8. Esfuerzo Vs Deformación, Sumergido. Fuente: Propia.

La siguiente grafica muestra los esfuerzos con las respectivas deformaciones, por tal razón,

se evidencia una línea recta debido a que el espécimen no llegó a su totalidad de módulo elástico y buscar el fallo en su totalidad, se realizó el ensayo a compresión en un porcentaje del 80% para evitar daños en el extensómetro en el fallo total del espécimen.

4.2.2. Proceso De Curado: Plástico Transparente

Tabla 15. . Proceso para hallar el módulo elástico del proceso de curado plástico Transparente. Fuente Propia

Carga	Deformación	Área	Esfuerzo	Deformación Unitaria
0	0,000	178,5256189	0	0
20	0,002	178,5256189	1,120287392	7,42502E-06
40	0,004	178,5256189	2,240574784	1,485E-05
60	0,007	178,5256189	3,360862175	2,22751E-05
80	0,009	178,5256189	4,481149567	2,97001E-05
100	0,011	178,5256189	5,601436959	3,71251E-05
120	0,013	178,5256189	6,721724351	4,45501E-05
140	0,016	178,5256189	7,842011742	5,19751E-05
160	0,018	178,5256189	8,962299134	5,94001E-05
180	0,020	178,5256189	10,08258653	6,68252E-05
200	0,022	178,5256189	11,20287392	7,42502E-05
220	0,025	178,5256189	12,32316131	8,16752E-05
240	0,027	178,5256189	13,4434487	8,91002E-05
260	0,029	178,5256189	14,56373609	9,65252E-05
280	0,031	178,5256189	15,68402348	0,00010395
300	0,033	178,5256189	16,80431088	0,000111375
320	0,036	178,5256189	17,92459827	0,0001188
340	0,038	178,5256189	19,04488566	0,000126225
360	0,040	178,5256189	20,16517305	0,00013365
370	0,042	178,5256189	21,12321586	0,00014

E	150880,1133
---	-------------



Ilustración 9. Esfuerzo Vs Deformación, Plástico Transparente. Fuente: Propia.

La siguiente grafica muestra los esfuerzos con las respectivas deformaciones, por tal razón, se evidencia una línea recta debido a que el espécimen no llego a su totalidad de modulo elástico y buscar el fallo en su totalidad, se realizó el ensayo a compresión en un porcentaje del 80% para evitar daños en el extensómetro en el fallo total del espécimen.

4.2.3. Proceso de Curado: Plástico Negro

Tabla 16. Proceso para hallar el módulo elástico del proceso de curado plástico Negro. Fuente: Propia

Carga	Deformación	Área	Esfuerzo	Deformación Unitaria
0	0	179,1181691	0	0
20	0,006628995	179,1181691	1,11658131	2,20966E-05
40	0,01325799	179,1181691	2,233162621	4,41933E-05
60	0,019886984	179,1181691	3,349743931	6,62899E-05
80	0,026515979	179,1181691	4,466325242	8,83866E-05
100	0,033144974	179,1181691	5,582906552	0,000110483
120	0,039773969	179,1181691	6,699487862	0,00013258
140	0,046402964	179,1181691	7,816069173	0,000154677
160	0,053031958	179,1181691	8,932650483	0,000176773
180	0,059660953	179,1181691	10,04923179	0,00019887
200	0,066289948	179,1181691	11,1658131	0,000220966
220	0,072918943	179,1181691	12,28239441	0,000243063
240	0,079547938	179,1181691	13,39897572	0,00026516
260	0,086176932	179,1181691	14,51555704	0,000287256
280	0,092805927	179,1181691	15,63213835	0,000309353
300	0,099434922	179,1181691	16,74871966	0,00033145
320	0,106063917	179,1181691	17,86530097	0,000353546
340	0,112692911	179,1181691	18,98188228	0,000375643
360	0,119321906	179,1181691	20,09846359	0,00039774
370	0,122636404	179,1181691	20,65675424	0,000408788
380	0,127	179,1181691	21,39175408	0,000423333

E	50531,70256
---	-------------

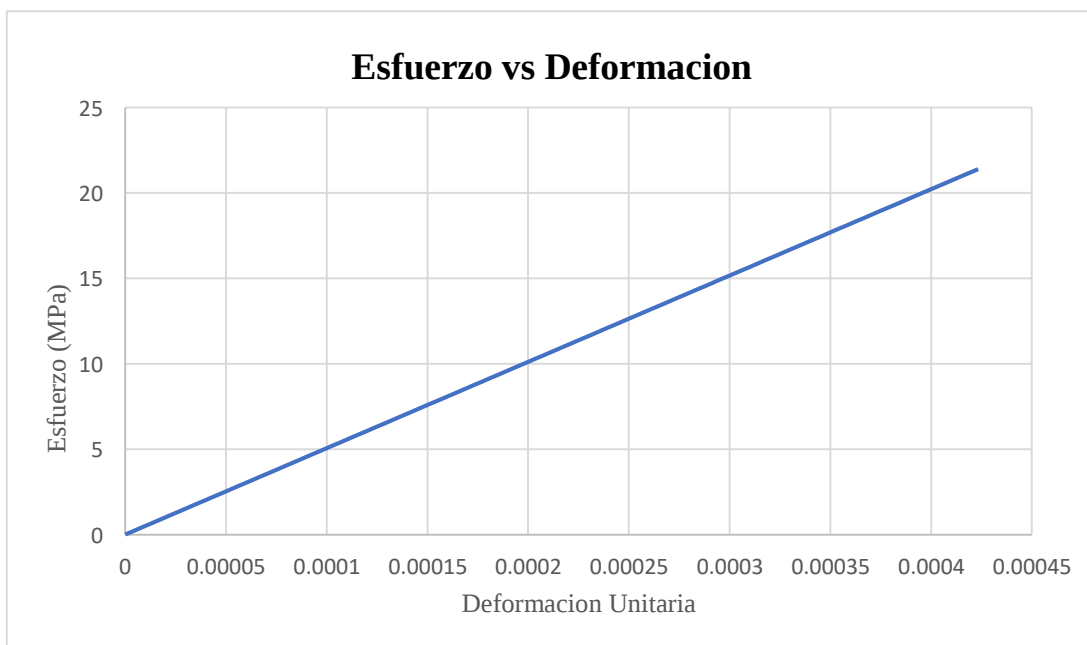


Ilustración 10. Esfuerzo Vs Deformación, Plástico Negro. Fuente: Propia.

La siguiente grafica muestra los esfuerzos con las respectivas deformaciones, por tal razón, se evidencia una línea recta debido a que el espécimen no llevo a su totalidad de modulo elástico y buscar el fallo en su totalidad, se realizó el ensayo a compresión en un porcentaje del 80% para evitar daños en el extensómetro en el fallo total del espécimen.

2.2.4. Proceso sin ningún curado: Intemperie

Tabla 17. Proceso sin ningún proceso de curado Intemperie. Fuente: Propia

Carga	Deformación	Área	Esfuerzo	Deformación Unitaria
0	0	177,500858	0	0
20	0,006846702	177,500858	1,126755119	2,28223E-05
40	0,013693404	177,500858	2,253510239	4,56447E-05
60	0,020540106	177,500858	3,380265358	6,8467E-05
80	0,027386809	177,500858	4,507020478	9,12894E-05
100	0,034233511	177,500858	5,633775597	0,000114112
120	0,041080213	177,500858	6,760530717	0,000136934

Cuantificación del módulo de elasticidad del concreto de 3000 Psi e influencia del curado y características de los agregados en las resistencias finales .

Tabla 17. Continuación

140	0,047926915	177,500858	7,887285836	0,000159756
160	0,054773617	177,500858	9,014040956	0,000182579
180	0,061620319	177,500858	10,14079608	0,000205401
200	0,068467021	177,500858	11,26755119	0,000228223
220	0,075313723	177,500858	12,39430631	0,000251046
240	0,082160426	177,500858	13,52106143	0,000273868
260	0,089007128	177,500858	14,64781655	0,00029669
280	0,096	177,500858	15,79862676	0,00032

E	49370,70864
---	-------------



Ilustración 11. Esfuerzo Vs Deformación, Intemperie. Fuente: Propia

La siguiente grafica muestra los esfuerzos vs las deformaciones, por tal razón, se evidencia una línea recta debido a que el espécimen no llego a su totalidad de modulo elástico y buscar el fallo en su totalidad, se realizó el ensayo a compresión en un porcentaje del 80% para evitar daños en el extensómetro en el fallo total del espécimen.

4.3. ENCUESTA

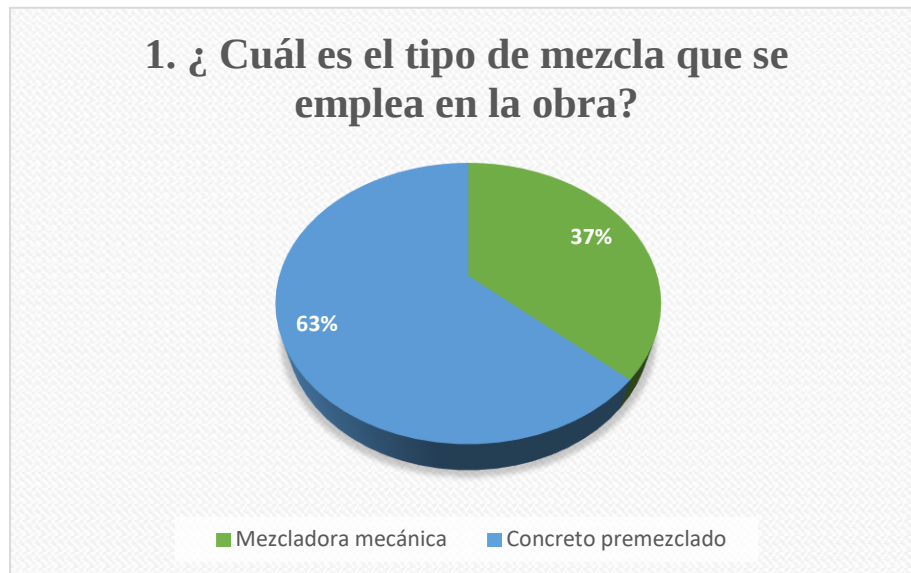


Ilustración 12. Encuesta, ¿Cuál es el tipo de mezcla que se emplea en la obra? Fuente: Propia.

La pregunta 1 proponía 3 opciones de respuesta, las cuales eran: en el piso, mezcladora mecánica y concreto premezclado. Las cuales 2 de las 3 opciones de respuesta fueron contestadas, por esta razón se evidencia una preferencia por el uso de concreto premezclado alcanzando un porcentaje del 63%, seguido por el uso de mezcladora mecánica con un 37%.

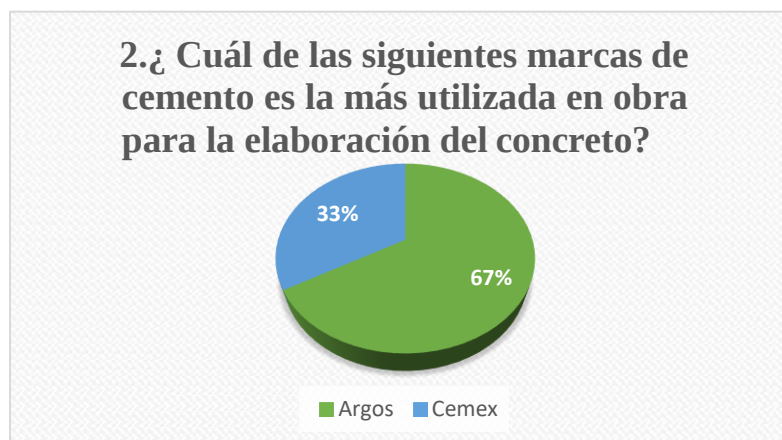


Ilustración 13. Encuesta, ¿Cuál de las siguientes marcas de cemento es la más utilizada en obra para la elaboración del concreto? Fuente: Propia

La pregunta 2 proponía 4 opciones de respuesta, las cuales eran: Holcim, Argos, Cemex y Tequendama. Se evidencia luego de realizar la encuesta a las 30 obras que de las 4 posibles respuestas 2 fueron contestadas, existiendo así preferencia por el cemento Argos alcanzando este un 67% seguido por Cemex con un 33%.

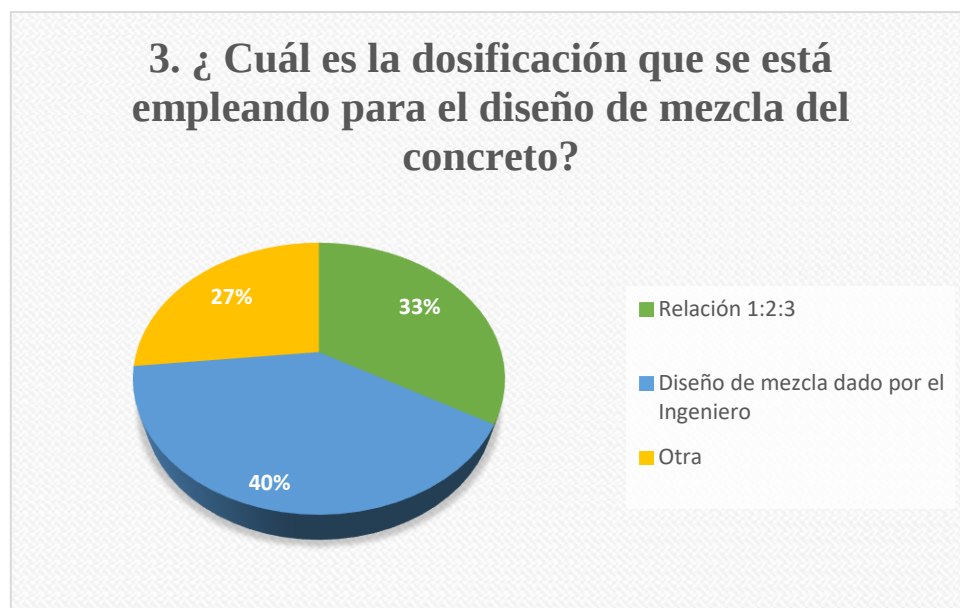


Ilustración 14. Encuesta, ¿Cuál es la dosificación que se empleando para el diseño de mezcla del concreto?

Fuente: Propia

El tipo de dosificación usada principalmente en obra es el uso de diseño de mezcla dado por el ingeniero alcanzando esta un 40%, cabe resaltar que el 27% de los encuestados tiene inclinación por otra dosificación para el diseño de mezcla y en este caso es el especificado por la concreteira escogida para el suministro del concreto.

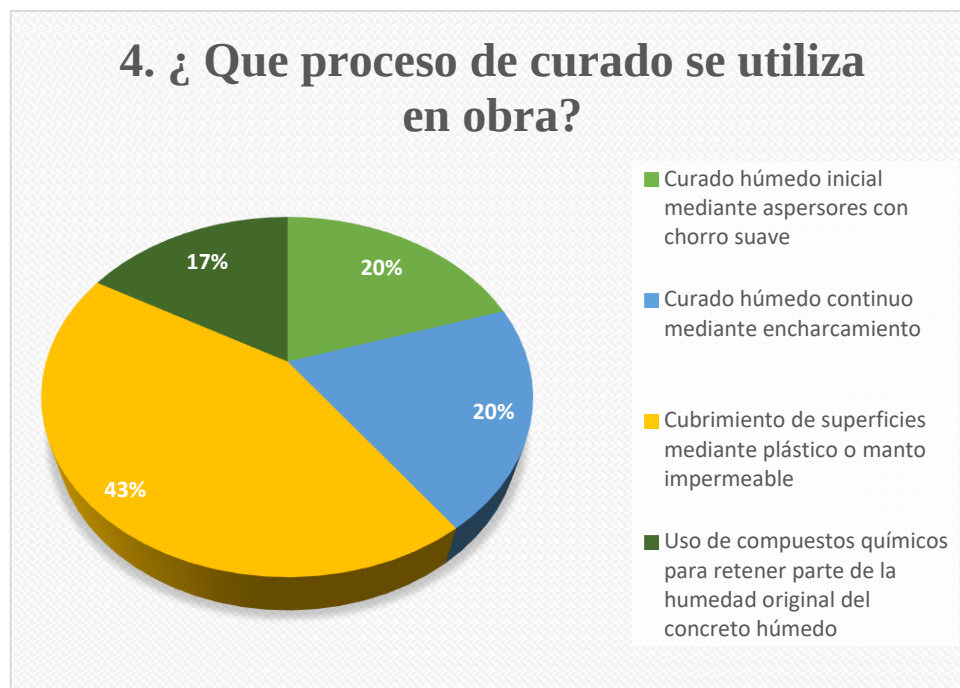


Ilustración 15. Encuesta, ¿Qué proceso de curado se utiliza en obras? Fuente: Propia

La pregunta # 4 contenía 4 posibles respuestas del proceso de curado que se utiliza en obra, de las cuales la más relevante fue la opción 3 con un 43%, seguido por un 20% para la opción 1 y 2 y por ultimo con un 17% el uso de compuestos químicos para retener parte de la humedad del concreto.

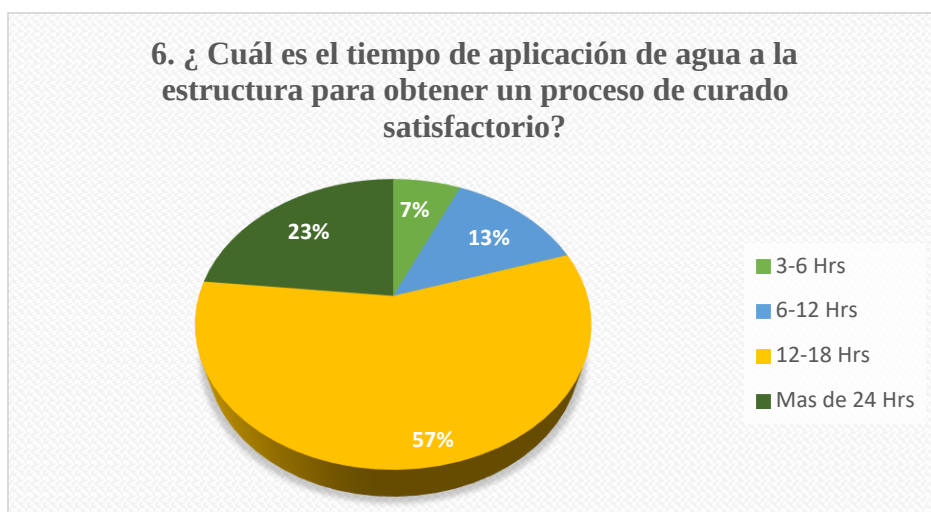


Ilustración 16. Encuesta, ¿Cuál es el tiempo de aplicación de agua a la estructura para obtener un proceso de curado satisfactorio? Fuente: Propia

El tiempo de aplicación de agua para obtener un proceso de curado satisfactorio corresponde en primer lugar a un 57%, en un tiempo de 12 a 18 hrs de aplicación, en segundo lugar, en un tiempo de más de 24 hrs con un 23%, en tercer lugar, con un 13% de 6 a 12 hrs y por ultimo con el porcentaje más bajo esta de 3 a 6 hrs con un 7%.



Ilustración 17. Encuesta, ¿Hasta qué tiempo se sigue realizando el proceso de curado a la obra? Fuente: Propia

Se puede evidenciar que el tiempo en el cual se sigue realizando el proceso de curado a la obra con mayor relevancia por los encuestados es 21 días con un 41%, como segunda opción

fue escogido 14 días con un 37% y por ultimo 28 días con un 22%.

- **PREGUNTA 5**

En las diferentes obras encuestadas en la ciudad de Villavicencio, se pudo evidenciar en la pregunta 5 ¿En qué momento se inicia el proceso de curado del concreto?, los encuestados afirmaron que el proceso de curado se realiza inmediatamente se termina de vaciar el concreto en el área de disposición y apenas se evapora el agua que contenga en el premezclado.

- **PREGUNTA 8**

Por consiguiente, en las obras de Villavicencio los encuestados testificaron que la aplicación de compuestos químicos para retener parte de la humedad del concreto en las obras de la ciudad no es comúnmente utilizada ya que utilizan diferentes procesos naturales de curado para obtener la resistencia del concreto óptima.

4.4. CARACTERIZACIÓN DEL MATERIALES

Los materiales para la realización de este proyecto fueron adquiridos y extraídos del punto medio del cuerpo hídrico del río Guayuriba, este se encuentra a unos 20 minutos saliendo de la ciudad de Villavicencio, la empresa que nos provee el material es Rex Ingeniería S.A. se implementó el uso de un agregado fino, una arena mezclada que se está utilizando en las obras, donde sus componentes son 50% arena lavada y 50% residuos finos de los triturados, por otra parte el material comúnmente utilizado para el agregado grueso fue el material $\frac{3}{4}$, pequeñas partes fracturadas por doble cara permitiendo así siendo un mejor material para la construcción.

La caracterización del cemento se hizo bajo los parámetros de la NTC-221, esta norma establece que se deben tomar 64 gr de cemento, el volumen de esta masa de cemento se determina por medio del principio de Arquímedes, como el desplazamiento de un líquido que no reaccione químicamente con el cemento en este caso se utilizó Keroseno.

Teniendo en cuenta el origen de los agregados se realizaron ensayos que permitieran

caracterizar mecánicamente los agregados.

Para el análisis granulométrico de los agregados según lo descrito en la norma NTC-77 [18], se tomó una muestra representativa de cada uno de los agregados, los cuales se secaron al horno a temperatura de 110°C. Posteriormente se lavaron los agregados a través del tamiz #200, se secaron al horno, luego se pasaron por una serie de tamices y finalmente se pesó la masa de agregado retenida en cada uno de ellos.

La densidad y absorción de los agregados gruesos y finos se realizó según lo descrito en las normas NTC-176 [19] y NTC-237 [20].

6. CONCLUSIONES

Una vez procesados los resultados de resistencia f'_c con respecto al tipo de curado y exposición a la intemperie a las edades de 7, 14, 21 y 28 días podemos concluir que:

- ✓ El tipo de curado que mantuvo las mejores condiciones de humedad y temperatura, que permitió desarrollar la mayor resistencia respecto a la resistencia del diseño de la mezcla de 21Mpa es el curado Inmerso en el agua, el cual logro a los 14 días una resistencia máxima.
- ✓ Las muestras con curado con vinipel (sea transparente o negro) son las de mejores ganancia en resistencia
- ✓ En su orden le siguen al curado inmerso en agua el curado con plástico negro con una resistencia de 19,33 Mpa equivalente al 92.05%, el curado con plástico transparente con una resistencia de 19,23 Mpa equivalente al 91.57 %, y finalmente la peor condición es el expuesto a la intemperie con una resistencia de 18,39 Mpa equivalente al 87,57%.
- ✓ El hecho de que no se haya logrado alcanzar la resistencia de diseño en ninguno de los métodos de curado o en los cilindros a exposición de la intemperie, sugiere que se debe realizar un rediseño al diseño de la mezcla o mejorar el proceso de elaboración de los cilindros ya que de acuerdo a lo observado algunos de ellos presentaban caras irregulares, fisuras, fibras de lona en la mezcla, que pudieron afectar el alcance de su resistencia de diseño.
- ✓ Los cilindros que se mantuvieron expuestos a la intemperie en cada una de las edades de falla obtuvieron las resistencias más bajas en cada una de las edades por lo que se concluye que el no curado del concreto afecta el alcance de la resistencia de diseño del concreto, lo que genera un llamado de atención ya que en muchas de las pequeñas obras y en algunas de gran magnitud no se realiza curado a los concretos luego de las fundidas.

- ✓ El curado inmerso en agua alcanzo las mayores resistencias a los 21 y 28 días y a los 7 y 14 días se ubicó en el segundo lugar lo que indica que es el mejor tipo de curado, sin embargo este tipo de curado no se puede realizar en obra porque el concreto fundido no se puede mantener inmerso en el agua.
- ✓ Teniendo en cuenta que el curado inmerso en agua no se puede realizar en obra y de acuerdo a los datos obtenidos podemos concluir que el curado con plástico negro es el más apropiado para realizar en obra teniendo en cuenta que a la edad final de 28 días evaluada alcanzo la segunda mejor resistencia, a los 21 días el tercero muy cercano al segundo que fue el plástico transparente, a los 14 días fue la más alta resistencia y a los 7 días el tercero, sin embargo para efectos del análisis se tiene en cuenta la resistencia final alcanzada a los 28 días.
- ✓ Definitivamente, el tipo de curado realizado a los concretos afecta la resistencia final alcanzada por los mismos, por esta razón es importante realizar estudios particulares en cada una de las ciudades ya que además del tipo de curado existen más factores como el clima, la humedad relativa, calidad de materiales entre otros que afecta la resistencia final desarrollada por los concretos, de igual manera se debe determinar qué tipo de curado es mejor en cada una de las ciudades.

Bibliografía

- [1] D. Sanchez De Guzman, Durabilidad y Patología del Concreto, Bogota: Asociacion Colombiana De Productores de Concreto, Asocreto, 2011.
- [2] L. Gutierrez de Lopez, «El Concreto y otros materiales, ciclo geologico de las rocas,» Universidad Nacional De Colombia, Manizales, 2014.
- [3] L. F. Rodriguez Beltran y A. M. Barreto Acosta, «Determinacion de las propiedades mecanicas y el uso de cuesto de palma Africana para la fabricacion de adoquines y bloques estructurales,» Universidad Cooperativa , Villavicencio, 2016.
- [4] L. M. Torrado Gomez y N. A. Porras Alvarez, «Determinacion de las ecuaciones del modulo de elassticidad estatico y dinamico del concreto producido en Bucaramanga,» Escuela de Ingenierias y Administracion, Bucaramanga, 2009.
- [5] V. y. D. T. Ministerio de Ambiente, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, Bogotá D.C, 2010.
- [6] C. d. Colombia, Ley 400, Bogotá D.C, 1997.
- [7] N. T. Colombiana, Método de Ensayo para Determinar el Modulo de Elasticidad Estático y la Relación de Poisson en Concreto a Compresión, Bogotá D.C, 2006.
- [8] N. T. Colombiana, Producción de Concreto, Bogotá D.C, 2008.

- [9] N. T. Colombiana, Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto, Bogotá D.C, 2010.
- [10] N. T. Colombiana, Especificaciones de los Agregados para Concreto, Bogotá D.C, 2000.
- [11] N. T. Colombiana, Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración, Bogotá D.C, 1995.
- [12] N. T. Colombiana, Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión, Bogotá D.C, 2013.
- [13] N. T. Colombiana, Agua para la elaboración de concreto, Bogotá D.C, 2001.
- [14] N. T. Colombiana, Determinación del contenido de aire en concreto fresco método volumétrico, Bogotá D.C, 1994.
- [15] N. T. Colombiana, NTC 221, Bogota D.C, 1999.
- [16] W. Medina S, «El Curado del Concreto en la Construcción,» *El Curado del Concreto en la Construcción*, vol. 1, 2013.
- [17] M. Carvajal Buenahora y E. Gonzales Barragan, Comparación de los módulos de elasticidad de concreto normal, Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana, 2012.
- [18] N. T. Colombiana, NTC-77, Bogota D.C, 2007.

[19] N. T. Colombiana, NTC-176, Bogota D.C, 1995.

[20] N. T. Colombiana, NTC-237, Bogota D.C, 1995.

[21] D. Sanchez De Guzman, Durabilidad y Patología del Concreto, Bogota D.C:

Asociación Colombiana de Productores de Concreto, Asocreto, 2011.

ANEXOS

ILUSTRACIÓN	DESCRIPCIÓN
	En esta imagen se puede observar la fundida de los cilindros en posición vertical, con una altura igual a dos veces el diámetro. El espécimen patrón debe ser un cilindro de 150 mm de diámetro interior por 300 mm de altura.
	En esta imagen se puede observar una falla en el cilindro tipo columnar, ya que presenta una superficie de carga convexa y deficiencia del material.

Cuantificación del módulo de elasticidad del concreto de 3000 Psi e influencia del curado y características de los agregados en las resistencias finales .



En esta ilustración se observa que el cilindro tuvo una falla tipo cónica y dividida, ya que tiene una cara de aplicación de carga convexa y deficiencias en el material de refrendado.



En esta imagen se observa cómo se retira el vinipel negro y vinipel transparente de cada cilindro, para así continuar con la toma de medidas de las alturas y la parte superior e inferior de cada uno.

Cuantificación del módulo de elasticidad del concreto de 3000 Psi e influencia del curado y características de los agregados en las resistencias finales .

 A person wearing a white lab coat and dark pants is kneeling on a red brick floor, measuring a concrete cylinder with a caliper. Several other concrete cylinders are arranged on the floor nearby. In the background, there are stacks of red bags and a yellow and grey machine.	En esta imagen se observa el proceso de toma de medidas para cada cilindro en la parte superior e inferior, para así pesarlos y luego empezar con el ensayo a compresión de cada proceso de curado.
 A close-up view of several concrete cylinders lying on a light-colored surface. Each cylinder has handwritten labels in red ink indicating curing ages: 7 días, 14 días, 21 días, and 28 días. Some cylinders also have '05-09' written on them.	En esta imagen se muestran los cilindros que se encuentra a la intemperie, los cuales fueron divididos 2 para cada edad (7,14, 21 y 28 días).

Cuantificación del módulo de elasticidad del concreto de 3000 Psi e influencia del curado y características de los agregados en las resistencias finales .

	En esta imagen se muestran los cilindros que se encuentran envueltos en vinipel negro para cada edad ser fallados.
	En esta imagen se muestran los cilindros que se encuentran sumergidos, cada uno marcado para ser fallado cuando se cumpla la edad respectiva (7,14, 21 y 28 días).