



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ANALIZAR EL CONCRETO HIDRÁULICO SIMPLE FABRICADO EN OBRA
TENIENDO EN CUENTA LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEBIDO AL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA MEZCLA.**

Autor
Heider Yoneduard Cuarán Chalaca

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental, Ingeniería Civil
Medellín, Colombia
2020



Analizar el concreto hidráulico simple fabricado en obra teniendo en cuenta la variación de la resistencia a la compresión debido al proceso de fabricación de la mezcla.

Heider Yonneduard Cuarán Chalaca

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Civil.

Asesor interno.

Juan Carlos Obando Fuertes.

Asesor externo.

Oscar Iván Arévalo Moran.

Universidad de Antioquia.

Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental, Ingeniería Civil.

Medellín, Colombia.

2020.

Informe Final Practica Académica Modalidad Práctica Empresarial



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
FACULTAD DE INGENIERÍA

Identificación del estudiante

Nombres y apellidos.	Heider Yoneduard Cuarán Chalaca
Semestre académico.	10

Identificación del asesor interno (U. de A.)

Nombres y apellidos.	Juan Carlos Obando Fuertes
----------------------	----------------------------

Identificación del asesor externo (empresa)

Nombres y apellidos.	Oscar Iván Arévalo Moran
----------------------	--------------------------

Identificación de la empresa

Nombre de la empresa.	Oscar Iván Arévalo M. Ingeniero Civil
Dirección.	Calle 12 # 6-25 Edif Santa Clara Of 202 Ipiales-Nariño
Ciudad.	Ipiales-Nariño
Teléfono.	317 573 89 95
Actividad económica.	

ANALIZAR EL CONCRETO HIDRÁULICO SIMPLE FABRICADO EN OBRA TENIENDO EN CUENTA LA VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEBIDO AL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA MEZCLA.

Resumen

Los procesos de fabricación de pavimento hidráulico simple in situ deben ser supervisados y controlados estrictamente utilizando métodos y técnicas en obra de tal manera que se pueda obtener la resistencia de diseño del pavimento.

Se presenta en este informe una recopilación de métodos y técnicas usadas para la fabricación de concreto hidráulico simple in situ extraídas desde la literatura y experiencia de los profesionales de la obra, y el análisis de variabilidad de la resistencia a la compresión debido al proceso de fabricación y materiales utilizados en la obra, apoyado en evidencias fotográficas con el fin de realizar un análisis a la luz de las variables identificadas incluyendo observaciones y procedimientos generales de fabricación del pavimento.

Introducción

Los pavimentos en concreto hidráulico simple son pavimentos que se caracterizan por presentar bajas deformaciones superficiales y tener largos periodos de servicio, la transferencia de carga producida por el tránsito y el entorno como las variaciones de temperatura y humedad la toma en su totalidad el pavimento puesto que no presenta refuerzo de acero ni elementos de transferencia de carga, es de gran importancia la dosificación adecuada en el proceso de fabricación de la mezcla puesto que este proceso ayuda a garantizar la resistencia de diseño del pavimento, el proceso debe llevarse a cabo a través de una medida correcta de sus ingredientes.

La fabricación del concreto en obra está influenciado por factores tales como la humedad de agregados finos y gruesos, la manipulación de estos, el proceso de mezclado, el porcentaje de agua cemento, los cambios climáticos del entorno, el transporte de la mezcla, la colocación en formaletas, la compactación a la que sea sometido y el curado que se le proporcione, lo cual se debe manejar con la mayor precaución posible para lograr la resistencia de diseño del concreto.

El objetivo de esta práctica académica, consiste en analizar el comportamiento del concreto hidráulico hecho en obra para la pavimentación de las calles de la ASOCIACION DE VIVIENDAS 12 DE JUNIO ubicada en la ciudad de Ipiales Nariño, en el cual se ara seguimiento al proceso de fabricación y comportamiento de la mezcla, la conservación de proporciones y el curado del pavimento, con el fin de analizar la variabilidad en la resistencia a la compresión del concreto hidráulico.

Objetivos

General

Estudiar la variabilidad de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico hecho en obra para la pavimentación de la asociación de viviendas 12 de junio en la ciudad de Ipiales Nariño.

Específicos

- Estudiar las características de los agregados finos y gruesos
- Estudiar el proceso de fabricación y comportamiento de la mezcla de concreto
- Verificar el cumplimiento de las proporciones tanto en agregados como en porcentaje de agua cemento

Marco Teórico

Con el fin de comprender el objeto de la presente propuesta, se definen, en términos de la ingeniería civil, algunos conceptos claves relacionados con el proceso constructivo de pavimentos en concreto hidráulico.

Pavimento Rígido: Es el conformado por una losa de concreto sobre una base o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada. **(Ministerio de transporte, 2017)**

Vías Locales: Corredor vial que permiten la accesibilidad a escala local en las diferentes zonas de la ciudad en articulación con las otras mallas viales. **(Ministerio de transporte, 2017)**

Periodo de Diseño: Es el tiempo para el cual se tasa que la estructura de pavimento va a funcionar con un nivel de servicio adecuado, sin requerir actividades de rehabilitación. **(Ministerio de transporte, 2017)**

Subrasante: Suelo natural o antrópico que soporta las cargas transmitidas a través de las capas superiores de la estructura de pavimento. **(Ministerio de transporte, 2017)**

Sub-Base: Capa principal de la estructura de pavimento ubicada entre la subrasante y la capa de rodadura. Tiene como propósito distribuir las fuerzas generadas por las cargas a través de la subrasante. **(Ministerio de transporte, 2017)**

Metodología

Con el propósito de cumplir con los objetivos propuestos para la práctica académica, se deben realizar varias actividades encaminadas al estudio de la variabilidad de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico

hecho en obra. En primer lugar, es fundamental realizar una revisión bibliográfica completa para recopilar la mayor cantidad de información y técnicas usadas actualmente para estos fines con la intención de identificar errores que ocurren en el proceso de fabricación de la mezcla, conceptos claves o recomendaciones para un buen proceso de fabricación, intentando extraer información específica relacionada con las condiciones favorables y desfavorables.

En segundo lugar, y con apoyo del asesor externo, se debe revisar cuáles han sido los métodos y técnicas implementados en la obra para la realización del concreto hidráulico, realizando un análisis empezando por la procedencia de los agregados finos y gruesos, la humedad natural de estos, la cantidad de impurezas presentes, la conservación de las proporciones, el proceso de mezclado, influencia del clima, el transporte de la mezcla, la colocación de esta en las formaletas y el proceso de curado del pavimento.

Al final de la práctica académica, se pretende generar un informe en el cual se presentarán las diferentes causas que influyen en la variabilidad de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico hecho en obra, con el cual se pretende apoyar a los profesionales que trabajan en este campo a optimizar la calidad del concreto.

Resultados y análisis

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en obra para el análisis de la variabilidad de la resistencia a la compresión del concreto hidráulico simple empleado en la pavimentación de las calles de la ASOCIACION DE VIVIENDAS 12 DE JUNIO ubicada en la ciudad de Ipiales Nariño, teniendo en cuenta factores tales como la humedad de agregados finos y gruesos, la manipulación de estos, el proceso de mezclado, el porcentaje de agua cemento, los cambios climáticos del entorno, el transporte de la mezcla, la colocación en formaletas y el curado.

Características de los agregados pétreos

Los agregados pétreos son minerales inertes y duros, empleados en fragmentos para la construcción de pavimentos, de los cuales para la fabricación de concreto es necesario agregados tanto gruesos como finos.

Los agregados pétreos para la fabricación del concreto hidráulico de esta obra, fueron generados por la empresa AGRESUR SAS que se encuentra ubicada en el departamento de Nariño, en la localidad de Funes y su dirección postal es lugar sección las haciendas vereda el terrero de Funes, Funes, Nariño, las actividades a la que se dedica la empresa AGRESUR SAS es la extracción de piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita.

Agregado grueso.

Los agregados gruesos son aquellos que se retienen en el tamiz N° 4, los cuales deberán provenir de la desintegración de roca, grava o una combinación de ambas, sus fragmentos deben ser libre de impurezas, resistentes y durables, se debe procurar baja presencia de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrarles, no debe haber presencia de partículas de polvo, materia orgánica, arcilla, u otras sustancias que impidan la adherencia completa del cementos o que afecte adversamente la durabilidad de la mezcla, a continuación se presenta las características de los agregados gruesos utilizados en el proyecto provenientes de la cantera AGRESUR, la tabla que a continuación se presenta es tomada del informe de laboratorio TEC INGENIERIA SAS que fue el encargado de hacer el análisis de este proyecto.

Tabla 1. Características de agregado grueso.

ENSAYO	SIGLA	VALOR OBTENIDO	REFERENCIA
Densidad aparente seca	(Gg)	2.82 kg / dm ³	Ensayo PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO. (Anexo.)
Tamaño máximo	(TM)	1"	Ensayo - Gradación, Anexo.
Tamaño máximo nominal	(TMN)	3/4"	Ensayo - Gradación, Anexo.
Porcentaje de absorción	(%ABSg)	0.83%	Ensayo No 3 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO Anexo.
Masa unitaria suelta	(MUS)	1.55 kg /dm ³	Ensayo DETERMINACION PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTO. Anexo
Masa unitaria compacta	(MUC)	1.67 kg /dm ³	Ensayo DETERMINACION PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTO. Anexo
Humedad	%	4.0	Ensayo Humedad. Anexo

Agregado fino.

Los agregados finos son aquellos agregados que se encuentran entre los tamices N°4 y N°200, estos proceden en su totalidad de la trituración de roca de cantera, grava natural, o de fuentes naturales de arena.

Para la pavimentación de la ASOCIACIÓN DE VIVIENDAS 12 DE JUNIO se utilizó arena natural, a continuación, se presenta las características de los agregados finos provenientes de la cantera AGRESUR, la tabla que a continuación se presenta fue tomada del informe de laboratorio TEC INGENIERIA SAS que fue el encargado de hacer el análisis de esta obra.

Tabla 2. Características agregado fino.

ENSAYO	SIGLA	VALOR OBTENIDO	REFERENCIA
Densidad aparente seca	(Gf)	2.84 kg/dm ³	Ensayo PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO. Anexo.
Módulo de Finura	(MF)	4.1	Ensayo. EVALUACION MODULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO. Anexo.
Porcentaje de absorción	(%ABSf)	1.87	Ensayo PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO. Anexo.
Masa unitaria suelta	(MUS)	1.69 kg/dm ³	Ensayo DETERMINACION PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTO. Anexo
Masa unitaria compacta	(MUC)	1.86 kg /dm ³	Ensayo DETERMINACION PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTO. Anexo
Humedad	%	4.0	Ensayo de Humedad. Anexo

Calidad del cemento

Para la construcción de obras civiles se utiliza exclusivamente los llamados cementos hidráulicos, el cual tiene propiedades de adherencia y cohesión requeridas para unir fragmentos minerales entre sí, formando una masa sólida, resistente y durable en el tiempo.

El cemento hidráulico más usado para la fabricación de concreto estructural es el denominado cemento portland, el cual se compone principalmente de silicatos de calcio y de aluminio, que proviene de la combinación de calizas, arcillas y yeso, mediante procesos especiales.

Existen principalmente cinco tipos de cemento portland:

- **Tipo I:** Cemento portland ordinario
- **Tipo II:** Cemento con propiedades modificadas
- **Tipo III:** Cemento de fraguado rápido
- **Tipo IV:** Cemento de fraguado lento
- **Tipo V:** Cementos resistentes a los sulfatos

Para la pavimentación de las calles de la ASOCIACIÓN DE VIVIENDAS 12 DE JUNIO se utilizó cemento portland tipo III, debido a que este ofrece resistencias a edades tempranas, el concreto tiene resistencia a la compresión a los tres días aproximadamente igual a la resistencia a la compresión a los siete días para los cementos tipo I y II y alcanza una resistencia a los 7 días casi igual a la resistencia a la compresión a los veintiocho días para los cementos tipo I y II, este cemento es de gran utilidad en obras de pavimentación puesto que se necesita estar

removiendo los encofrados lo más pronto posible, además de poner en servicio el pavimento lo más temprano posible para la circulación de los usuarios, el cemento portland tipo III es de óptimo funcionamiento en climas fríos, puesto que su empleo permite una reducción en el tiempo de curado, lo cual ayudo mucho en el proceso de curado de esta obra ya que el municipio de Ipiales está ubicado a una altura de 2898 metros sobre el nivel del mar que se categoriza como clima frío, además como algunas viviendas ya están en uso se necesita que el pavimento se pueda utilizar lo más pronto posible.

A continuación se presenta las características del cemento portland tipo III de la empresa CEMEX, ensayos realizados por el laboratorio Tec-Ingenieria SAS, la tabla que a continuación se presenta fue tomada del informe entregado por el laboratorio.

Tabla 3. Características cemento portland Tipo III.

ENSAYO	SIGLA	VALOR OBTENIDO	REFERENCIA
Peso Específico del Cemento	(Gc)	2,86 kg/dm ³	Valores obtenidos del documento de Trabajo de Grado de los Ingenieros Edwin Cor-
Masa Unitaria Suelta	(MUSa)	0.95 kg/ dm ³	Valores obtenidos del documento de Trabajo de Grado de los Ingenieros Edwin

Dosificación

La dosificación del concreto se debe hacer de tal manera que se obtenga una resistencia deseada, una manejabilidad apropiada para su vaciado y que tenga un bajo costo, este último es un factor que obliga a la utilización mínima de cementó, puesto que entre los componentes del concreto es este el de mayor costo, a la hora de una buena dosificación es importante la relación agua cemento, ya que a medida que se adiciona mas cantidad de agua la plasticidad y la fluidez aumentan, es decir su manejabilidad en obra es mejor, pero a su vez disminuye la resistencia debido al mayor volumen de vacíos creados por el agua libre.

Para la dosificación del pavimento de LA ASOCIACIÓN DE VIVIENDAS12 DE JUNIO, el ingeniero director de obra especifica al laboratorio TEC INGENIERIA SAS, encargado del diseño que la fabricación del concreto será con planta concertadora in situ, con elementos de dosificación prefabricados en peso de acuerdo al diseño obtenido en laboratorio, a continuación se presenta la dosificación entregada por el laboratorio el cual especifica que se realizó mediante el método de la ACI (Instituto Americano Del Concreto).

Tabla 4. Diseño para 1 m³ de concreto por Volumen.

MATERIAL	PESO w. Kg/M ³	PESO ESPECIFICO Kg/M ³	VOLUMEN v. m ³ /M ³
CEMENTO (KG)	350	2.860	0,122
AGUA (LTS)	170	1.000	0,170
A.GRUESO (KG)	1175	2.815	0,417
A. FINO (KG)	785	2.804	0,280
TOTAL,(KG/ M ³)	2450		1.0

Método de Fabricación del concreto

El método que se usó para la fabricación del concreto fue in situ, mediante mezcladora de volteo o de tambor, este tipo de mezcladora tiene un tambor en forma cónica con aspas en su interior, tiene un rendimiento de cerca de 6 metros cúbicos por hora, para lograr la dosificación adecuada se elaboran recipientes tipo cúbicos para los agregados finos y gruesos por cada 42.5 Kg de cemento que corresponde a un saco de cemento portland Cemex tipo III, a continuación se presenta las dimensiones de dichos recipientes.

Tabla 5. Diseño de recipiente para medida de los agregados.

MEDIDAS DE RECIPIENTE PARA AGREGADOS		
Agregado grueso Triturado 3/4"	Largo	0.35 m
	Ancho	0.35 m
	Alto	0.38m
Agregado fino Arena	Largo	0.35 m
	Ancho	0.35 m
	Alto	0.35 m

Definido el recipiente para medir la cantidad de agregados, se defino el recipiente en el cual se tomaría la cantidad de agua la cual para su medida se usó un recipiente cilíndrico de capacidad de 23 Kg de agua, la forma en la cual se fabricó la mezcla de concreto fue tres recipientes de triturado de ¾", dos de arena, uno de agua y un saco de cementó.

El proceso de fabricación del concreto comienza por, llenan los recipientes diseñados para los agregados mediante palas manuales, una vez está en funcionamiento la mezcladora se introduce la cantidad de triturado de acuerdo al diseño de mezcla, posteriormente se agrega en promedio un setenta por ciento del agua total de la mezcla luego la cantidad de agregado fino, seguido de un saco de cemento y por último el treinta por

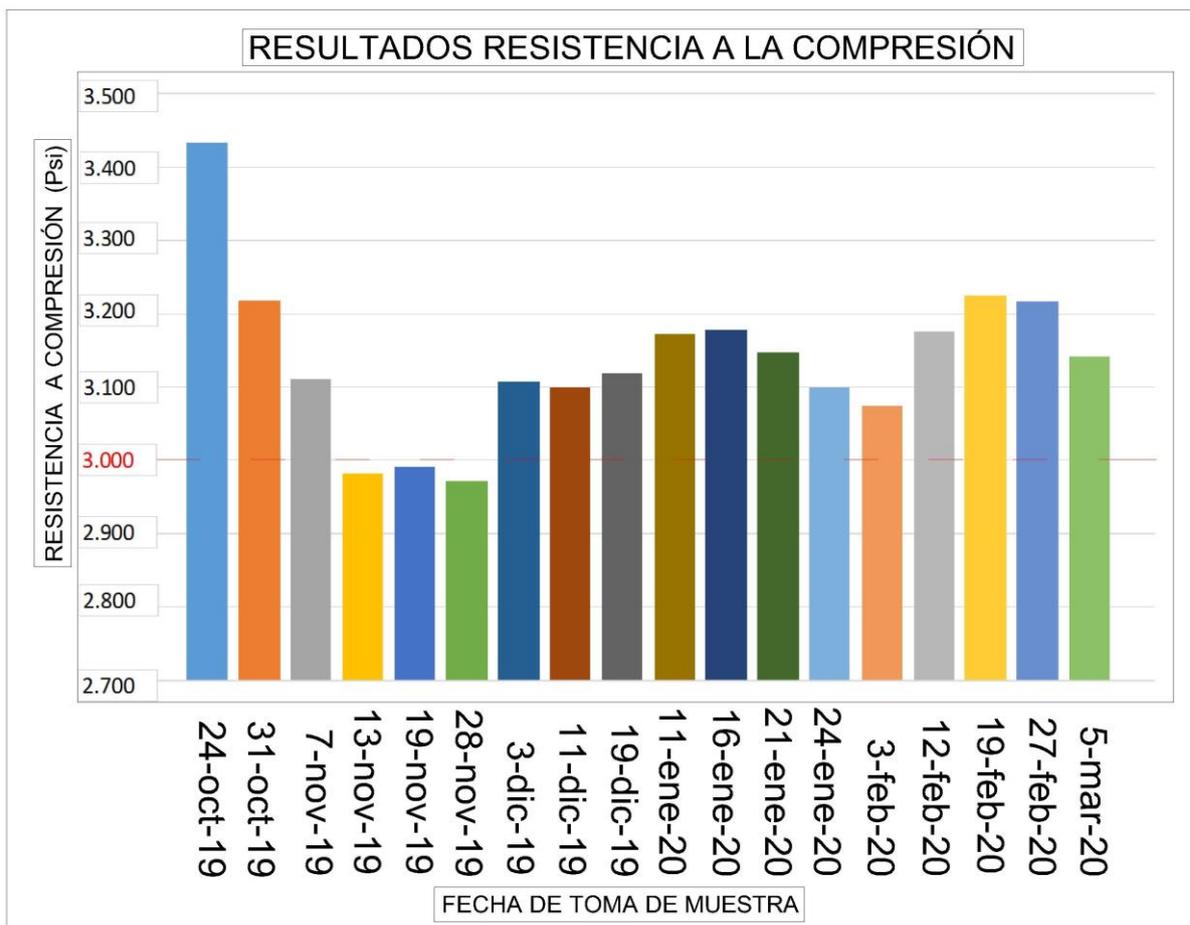
ciento faltante de agua, no se deja más de tres minutos en la mezcladora después del momento en que todos los materiales están dentro del tambor, para evitar la segregación de la mezcla, la difícil maniobra para introducir tanto los agregados, el cemento y el agua en la mezcladora, hace que en el transcurso del proceso de fabricación se pierda material que puede tener consecuencias desfavorables en la resistencia de diseño del concreto, la manejabilidad de la mezcla para colocarla en las formaletas y la durabilidad del pavimento, el clima es otro factor que influye en la fabricación del concreto puesto que en ocasiones se presentó precipitaciones fuertes que afectaban la humedad natural de los agregados, así que por experiencia del ingeniero de obra y el técnico de construcción controlan la cantidad de agua para que el concreto no pierda resistencia por efecto, también por ser un proceso in situ el material estaba expuesto al aire libre el cual en ocasiones presentaba contaminación debido a basuras y partículas que transporta el viento, se procuraba limpiar algunos desechos que a la vista se veían para que de esta manera no perjudique el mezclado.

En el proceso de fabricación del concreto, es importante empezar a curar el concreto inmediatamente después del proceso de fraguado, debido a que si este proceso se realiza correctamente, se tendrá una resistencia adecuada para la que se diseñó la mezcla, es decir, el hecho de no curar el concreto, influye directamente en la resistencia y en el comportamiento que tenga este material frente a las cargas de servicio que va a tener que soportar en la estructura.

Además, el hecho de realizar bien este proceso, es de suma importancia para garantizar durabilidad de los elementos, entendida como la resistencia al desgaste, y por ende de la estructura en general.

Resistencia del pavimento

Con el fin de garantizar la calidad del pavimento se toman muestras para ensayos de resistencia en laboratorio, las muestras se toman aproximadamente cada 50 metros lineales de vaciado, dichas muestras son encofradas en cilindros de diámetro 15.3 cm en la parte interna, altura de 30.5 cm y un área transversal de 183.9 cm², los cuales se fallan a los 28 días para comprobar la resistencia de diseño del pavimento, a continuación se presenta el comportamiento de la resistencia a compresión de los cilindros fallados en el transcurso de avance de la obra.



Grafica 1: Ensayos de laboratorio conforme se avanzó el proyecto

La grafica muestra el comportamiento del concreto tal como fue avanzando la obra, de las cuatro muestras que se tomaron en cada fecha, en la gráfica se muestra el promedio de la resistencia en cada fecha, el valor máximo a compresión alcanzado por los especímenes en laboratorio de este proyecto fue de 3.432 Psi, y el valor mínimo alcanzado fue de 2.972 Psi, en general en el transcurso de la obra se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 3.137 Psi, para un concreto de diseño de 3.000 Psi, se puede inferir que a pesar de estar expuesto a errores tales como la cantidad exacta de agregados, agua y cemento, que en la mayoría de la ejecución de llenado a la maquina mezcladora se ven perdidas, o por el mal llenado de agregados al colocarlos en los recipientes, o en ocasiones se podía notar el exceso de material en los recipientes, en general se obtiene un buen proceso de fabricado de concreto, las razones por las cuales se acierta en la mayoría de casos se puede deber a la experiencia tanto del ingeniero de obra como del equipo de trabajo, también a la responsabilidad de cada uno de los que conformaron este equipo de trabajo.

El mes de noviembre es el caso donde se presenta los valores mínimos de resistencia a la compresión, se puede inferir que la resistencia baja se debió a la alta precipitación que tuvo este mes, también asociado a esto, la

escorrentía de las altas lluvias traían consigo materiales que contaminaban los agregados, ya que estos se encontraban al aire libre, de igual manera el material que llegaba de la cantera en este periodo traía consigo materia orgánica y otros desechos de campo a causa de las fuertes lluvias.

Conclusiones

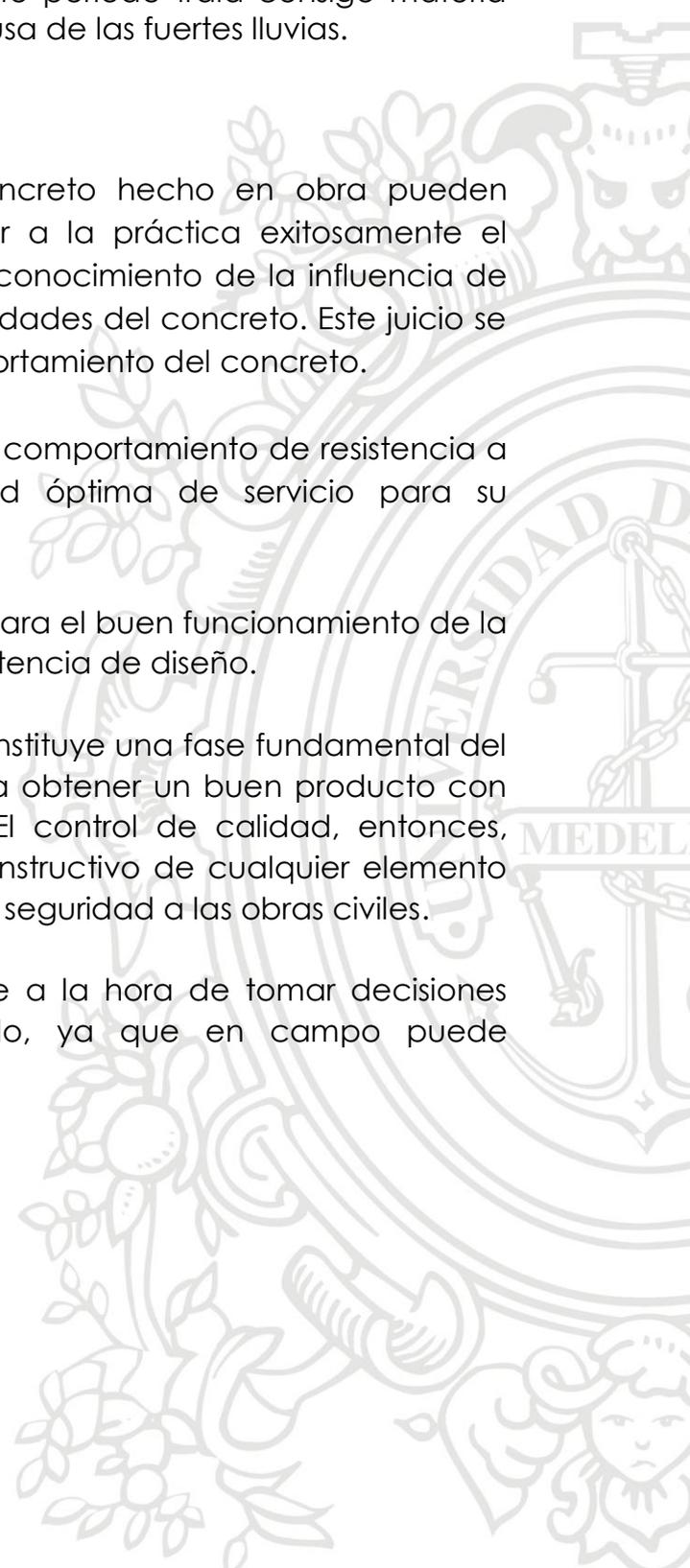
Los métodos para la fabricación de concreto hecho en obra pueden parecer simples, Sin embargo, para llevar a la práctica exitosamente el proceso se requiere experiencia, unida al conocimiento de la influencia de los distintos factores que afectan las propiedades del concreto. Este juicio se debe basar en una comprensión del comportamiento del concreto.

El concreto hecho in situ presenta un buen comportamiento de resistencia a compresión y por ende una capacidad óptima de servicio para su funcionamiento.

Los ensayos de laboratorio dan seguridad para el buen funcionamiento de la obra, garantizan que se cumpla con la resistencia de diseño.

Se evidencia que el proceso de curado constituye una fase fundamental del proceso de elaboración del concreto para obtener un buen producto con las propiedades y resistencia deseadas. El control de calidad, entonces, juega un papel esencial en el proceso constructivo de cualquier elemento estructural y es necesario para garantizar la seguridad a las obras civiles.

La experiencia juega un papel importante a la hora de tomar decisiones cuando ocurre algún evento inesperado, ya que en campo puede presentarse diferentes inconvenientes.



Referencias Bibliográficas

YANG H.HUANG. (2004). Pavement análisis and desing. Estados Unidos de América: University of Kentucky.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. (2017). Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito. Obtenido de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/pavimento/PTpavimento.pdf>

ARGOS. (Dic 11 de 2015). Consideraciones para la construcción de pavimentos de concreto hidráulico. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/consideraciones-paraconstruccion-de-pavimentos-de-concreto-hidraulico>

CEMEX. (2018). Procesos de fabricación. Obtenido de <http://cemexparaindustriales.com/category/procesos-de-fabricacion/>

ASOCRETO. (2005). Tecnología del Concreto I: Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas.

INVÍAS. (2013). Normas de ensayo para materiales de carreteras".

GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, Libia. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Manizales: Universidad Nacional De Colombia sede Manizales.

