

Práctica Empresarial para la Asistencia Técnica en el Área de Calidad en la Empresa Concreta
S.A.

María Camila Jaimes Vollmuth

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Civil

Director

Ludwing Pérez Bustos

Doctor en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A Dios que me dio la sabiduría y fuerza a lo largo del camino, y permitió culminar este momento tan especial en mi vida.

A mis padres Héctor Jaimes y Vilma Vollmuth, por ser mi motivación cada día y apoyarme en cada paso hasta lograr mis anhelos, gracias a ustedes dos por formar un gran ser humano y ser quien soy hoy.

A mi hermanita Zully por ser mi modelo para seguir, por su cariño y apoyo incondicional.

A mi tía Laura, que, con su amor, me ha apoyado en cada paso que doy y ser patrocinadora de cada uno de mis sueños.

A mi tía Lilia que desde los inicios de mi carrera creyó en mí, siendo un gran apoyo.

A mis nonitos Julio, Vilma y Marina, gracias por estar a mi lado.

A mi amada tuty, gracias por ser mi fiel compañía.

A esas personas especiales que me dejó la universidad, Angie, Mateo, Julieta, Sney, Camila, Rube, Tomas, Tatiana, Gina, Edgar, Dayana, que estuvieron presentes y dejaron una linda etapa en mi vida.

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, por permitir la culminación de esta meta.

A Concreta S.A, que me brindo un gran aprendizaje para ejercer mi futuro profesional.

A mi director de proyecto Ludwing Pérez, por su apoyo, dedicación y recomendaciones para lograr cada objetivo.

A mi familia, por ser mi apoyo y pilar fundamental.

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Marco Teórico.....	12
1.1 Concreto.....	12
1.2 Agregados	12
1.3 Resistencia al Concreto.....	12
1.4 Calidad del Concreto.....	13
1.5 Aditivos.....	14
1.6 Tipos de Concreto.....	14
1.7 Aditivos Usados en Planta	18
2. Apoyo Durante la Práctica	20
2.1 Ensayos Internos	20
2.1.1 Granulometría	21
2.1.2 Densidad y Absorción.....	24
2.1.3 Masas Unitarias.....	27
2.1.4 Materia Orgánica	28
2.2 Ensayos Externos	30
2.2.1. Reporte de Aguas	30

3. Control de Calidad A 3, 7, 28, 56 Días	31
4. Diseño de Concreto.....	40
5. Formatos de Dosificación	42
6. Conclusiones	44
Referencias Bibliográficas	46

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Composición del Concreto</i>	14
Tabla 2. <i>Comparativo de Aguas</i>	30
Tabla 3. <i>Control de Resistencias</i>	38

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Tamices Utilizados para Realizar la Granulometría</i>	21
Figura 2. <i>Requisitos de Graduación para el Agregado Fino</i>	22
Figura 3. <i>Requisitos de Graduación para el Agregado Fino</i>	22
Figura 4. <i>Formato de Análisis Granulométrico</i>	23
Figura 5. <i>Comportamiento del Agregado, respecto a los Límites</i>	24
Figura 6. <i>Cono para realizar el Ensayo de Densidad y Absorción de la Arena</i>	25
Figura 7. <i>Probeta para realizar Ensayo de Densidad y Absorción de la Arena</i>	25
Figura 8. <i>Formato de Análisis de Densidad y Absorción 2</i>	26
Figura 9. <i>Formato del Análisis para Masa Unitarias</i>	27
Figura 10. <i>Toma de Muestra para Hallar la Materia Orgánica, Presente en el Material</i>	28
Figura 11. <i>Formato del Análisis para Materia Orgánica</i>	29
Figura 12. <i>Plan de Control de Calidad propio de CONCRESA S.A.</i>	32
Figura 13. <i>Toma de Asentamiento (SLUMP)</i>	33
Figura 14. <i>Control de Asentamientos (SLUMP) Parte 1</i>	34
Figura 15. <i>Control de Asentamientos (SLUMP) Parte 2</i>	34
Figura 16. <i>Toma de Temperatura</i>	35
Figura 17. <i>Curva de Evolución del Concreto</i>	36

Figura 18. <i>Falla de Cilindros</i>	36
Figura 19. <i>Falla de Vigas</i>	37
Figura 20. <i>Control de Fallas</i>	38
Figura 21. <i>Control de Resistencias</i>	39
Figura 22. <i>Diseño de mezclas</i>	41
Figura 23. <i>Remisión del bache</i>	42
Figura 24. <i>Dosificación de la mezcla</i>	44

Resumen

Título: Práctica Empresarial para la Asistencia Técnica en el Área de Calidad en la Empresa Concreta S.A.*

Autor: María Camila Jaimes Vollmuth**

Palabras Clave: Concreto, Control, Calidad, Producción, Materiales

Descripción

La práctica empresarial fue desarrollada en modalidad presencialidad remota y trabajando de la mano del personal que labora en CONCRESA S.A, donde se pudo obtener óptimos resultados, el área primordial donde se ejecutó dicho proyecto fue en el departamento de Control de Calidad de la planta, dicho departamento es el encargado de ejecutar los diferentes ensayos descritos en las normativas pertinentes (NTC e INVIAS) con el fin de dar el visto bueno, para que de esta forma el concreto sea entregado con las condiciones requeridas y las especificaciones estipuladas por el cliente.

Diariamente en Grupo Concreta se produce diferentes tipos de concreto, tales como: concreto normal, concreto de baja permeabilidad, concreto pavimento rígido, concreto tipo tremie, concreto industrializado y concreto autocompactante. Además, se producen concretos de características especiales para labores y/o proyectos puntuales, donde se aborda un conocimiento amplio de cómo es el paso a paso de un diseño de concreto.

Por otro lado, se ejecutaron diferentes ensayos descritos tanto en la Norma Técnica Colombiana (NTC) e INVIAS para el control de calidad de dichos concretos, generando así informes técnicos que permitan llevar a cabo controles de calidad y análisis de datos, con el fin de optimizar los procesos de producción y el consumo de materiales, y de esta manera realizar labores estrictas de seguimiento y control del producto final.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de ingeniería Civil. Director: Ludwing Pérez Bustos, Doctor en Ingeniería Civil

Abstract

Title: Business Practice for Technical Assistance in the Quality Area at Company Concreta S.A.*

Author: Maria Camila Jaimes Vollmuth**

Keywords: concrete, control, quality, production, materials

Description

The business practice was developed in remote presence and working hand in hand with the staff working at CONCRESA S.A, where it was possible to obtain optimal results, the primary area where this project was carried out was in the Quality Control Department of the plant, which is responsible for carrying out the different tests described in the relevant regulations (NTC and INVIAS) in order to give the approval, so that in this way the concrete is delivered with the required conditions and specifications stipulated by the customer.

Daily Grupo Concreta produce different types of concrete, such as: normal concrete, low permeability concrete, rigid pavement concrete, tremie type concrete, industrialized concrete and self-compacting concrete. In addition, specific characteristics are produced for specific tasks and/or projects, where a broad knowledge of how is the step by step of a concrete design is addressed.

On the other hand, different tests described in both the Colombian Technical Standard (NTC) and INVIAS were carried out for the quality control of said concrete, thus generating technical reports that allow to carry out quality controls and data analysis, in order to optimize the production processes and the consumption of materials, and in this way perform strict tasks of monitoring and control of the final product.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Ludwing Pérez Bustos, Doctor in Civil Engineering

Introducción

La calidad del concreto es una variable primordial para el desarrollo de obras civiles en la actualidad. Algunas de las propiedades físico-mecánicas del concreto se describen mediante indicadores tales como: la resistencia a flexión y compresión, A partir de estos dos parámetros se puede determinar el desempeño del material, la resistencia a compresión se puede usar como índice de la resistencia a flexión, se puede diseñar de tal manera que se tenga una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad. Las propiedades mencionadas anteriormente pueden ser determinadas y/o cuantificadas a partir de diferentes ensayos de calidad fallando probetas cilíndricas de concreto en máquinas de ensayos siguiendo los estándares de la normatividad vigente.

Ahora bien, al contextualizarse en el ámbito regional, en las instalaciones de CONCRESA SA. donde prima la utilización de óptimas prácticas desde el ingreso de la materia prima del material hasta el producto final del concreto. Es importante buscar soluciones las cuales permitan reducir costos, incrementar la productividad y optimizar procesos de la producción del concreto, para poder garantizar la eficiencia del proceso constructivo.

1. Marco Teórico

1.1 Concreto

En términos generales, el concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. (Concreta S.A., 2021)

1.2 Agregados

Los agregados son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento portland en presencia de agua conforman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto u hormigón. (Concreta S.A., 2021)

Como agregados, se pueden considerar todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia del grano), no perturban ni afectan las propiedades y características del concreto y garantizan una adherencia suficiente con la pasta endurecida de cemento portland. (Sánchez De Guzmán, 2001)

1.3 Resistencia al Concreto

La resistencia al concreto se determina por la cantidad neta de agua utilizada por cantidad unitaria de cemento, para un conjunto dado de materiales y de condiciones. Esto es lo que se conoce

hoy en día como la relación "agua-cemento", la cual está dada en peso. (Sánchez De Guzmán, 2001)

1.4 Calidad del Concreto

La calidad del concreto se puede definir como la aptitud de éste para satisfacer una necesidad (especificaciones) definida, al menor costo. Esto se logra en el momento en que, al producirlo y colocarlo, el concreto reproduzca fielmente el diseño que ha sido optimizado (técnica y económicamente) por el ingeniero, y se sigan las recomendaciones de éste en cuanto a su manejo. (Concreta S.A., 2021)

Una calidad deficiente en el concreto que se utiliza representa un riesgo que con frecuencia asume el propietario de la obra. Por el contrario, una calidad en exceso constituye un desperdicio que no beneficia a nadie y que también suele ser por cuenta del propietario.

Por lo tanto, el ciclo de producción y manejo del concreto debe ser un proceso organizado con tendencia a utilizarlo racionalmente en la obra, desarrollando las siguientes actividades en orden sucesivo:

1. Elaboración del proyecto y definición de la categoría correspondiente al concreto.
2. Redacción de las especificaciones de calidad para el concreto.
3. Selección y habilitación de los componentes del concreto, con la calidad especificada.
4. Diseño de la mezcla de concreto requerida, con los materiales seleccionados y dispuestos.
5. Producción de la mezcla de concreto, a escala de obra (mezclas de prueba).
6. Comprobación de las características previstas en el concreto recién elaborado.

7. Verificación de las propiedades especificadas en el concreto en estado de endurecimiento.

8. Ajuste a la mezcla de concreto (en caso necesario), para buscar concordancia con los requisitos especificados.

1.5 Aditivos

Según los define el ACI (American Concrete Institute) 116R, son materiales diferentes al agua, cemento, agregados y fibras de refuerzo, y que se incorporan como ingrediente del concreto o del mortero, inmediatamente antes o durante el mezclado.

Los aditivos son productos que brindan diversidad de usos a la mezcla, como mejorar determinadas características, lograr mayor economía, ahorrar energía, contrarrestar eventuales deficiencias o desarrollar propiedades especiales. (Matallana, 2019)

1.6 Tipos de Concreto

El concreto es una mezcla que surge entre la unión de agregados (arena, grava, agua y aditivos) en Concreta S.A., se manejan diferentes tipos de concreto que aportan al desarrollo de la industria, entre ellos se encuentran:

Tabla 1.

Composición del Concreto.

Composición			
Cementante		Agregados	
Tipo de Cemento	Alion	Grava	3/8"-1/2"-3/4"
		Arena	gruesa

Tabla 1. *Continuación*

Composición	
<i>Aditivos</i>	<i>Agua</i>
Sika	Dosificación apta para el mezclado

Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto.*

Disponible en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

- **Concreto normal**

Es un concreto diseñado para cumplir la resistencia a compresión a los 28 días, los usos más comunes para este tipo de concreto son:

- Vigas y columnas de estructuras convencionales.
- Cimentaciones profundas.
- Losas de entrepiso.
- Prefabricados.
- Cubiertas.
- Andenes. (Sánchez De Guzmán, 2001)

- **Concreto de Baja Permeabilidad**

Una característica importante de este concreto es impedir en cierto porcentaje el paso de agua por capilaridad lo cual ayuda a mitigar ataques de agentes agresivos para el concreto, los usos para este tipo de concreto son:

- Estructuras expuestas al agua.

- Cuartos de refrigeración.
- Muros de contención.
- Fosos de ascensor.
- Cubiertas.
- Tanques.
- Piscinas.
- Canales. (Sánchez De Guzmán, 2001)

- **Concreto Autocompactante**

Su característica más importante es la fluidez, su función es poder fundir elementos estructurales de alta densidad de refuerzo, elementos de difícil acceso de igual manera presenta durabilidad y cohesividad para su compactación no requiere consolidación mecánica, los usos para este tipo de concreto son:

- Elementos estructurales de alta densidad de refuerzo.
- Rehabilitaciones-reparaciones estructurales.
- Elementos estructurales de difícil acceso.
- Estructuras esbeltas.
- Prefabricados.
- Pilotes. (Sánchez De Guzmán, 2001)

- **Concreto Industrializado**

Este concreto se caracteriza por su alta durabilidad y mayor fluidez que el convencional, está diseñado para:

- Todo tipo de estructuras que requieran de desarrollo de resistencias a temprana edad y mayor fluidez.

- Placa/muro.
- Pantallas.
- Muros.
- Placas.
- Vigas. (Sánchez De Guzmán, 2001)

- **Concreto Pavimento Rígido**

Este concreto está diseñado para soportar esfuerzos a flexión a los 28 Días y dar uso a todo tipo de Vías como:

- Carreteras.
- Vías urbanas.
- Pistas de aeropuertos.
- Vías de parqueaderos.
- Vías en zonas de bodegas.
- Vías de estaciones de servicio. (Sánchez De Guzmán, 2001)

- **Concreto Tipo Tremie**

Este concreto presenta alta fluidez, durabilidad y cohesividad, presenta resistencia a la segregación, de tal modo que se aplica bajo el sistema de colocación TREMIE diseñado para:

- Excavaciones profundas con presencia de nivel freático.
- Elementos con presencia de nivel freático
- Cimentaciones profundas
- Pantallas
- Pilotes. (Sánchez De Guzmán, 2001)

1.7 Aditivos Usados en Planta

- **SIKAPLAST®-5500**

Es un aditivo líquido compuesto por resinas sintéticas y polímeros. Se caracteriza por ser un reductor de agua, pero al mismo tiempo cuenta con un sostenimiento de la plasticidad, proporciona los siguientes beneficios:

- Mayor fluidez
- Se conserva mejor en el tiempo
- Evita la segregación
- Incrementa la resistencia
- Reduce la penetración de líquidos
- Densifica el concreto y mejora la adherencia al acero. (Sika, 2021)

- **SIKA® PLASTIMENT® AD-40**

Es un aditivo plastificante, reductor de agua y retardante que permite en el concreto fresco:

- Reducir considerablemente el agua
- Reducir la segregación
- Aumentar cohesividad
- Prolongar tiempos de fraguado

En el concreto endurecido:

- Incrementar resistencias a tempranas edades.
- Aumentar compacidad y disminuir permeabilidad.
- Mejorar los acabados. (Sika, 2021)

- **SIKA AER® D:**

Es un aditivo líquido, que incorpora una cantidad controlada de aire en el concreto, brinda su uso para:

- Disminuir la permeabilidad y exudación.
- Aumenta la durabilidad y resistencia a ambientes agresivos.
- Mejora fluidez
- Excelente auxiliar en el bombeo (Sika, 2021)

- **SIKA® PLASTOCRETE® DM**

Es un aditivo líquido reductor de agua con acción impermeabilizante, lo cual proporciona los siguientes beneficios:

- Reduce la permeabilidad, segregación y una buena Porción del agua
- Incrementa la manejabilidad, facilitando su colocación y compactación
- Aumenta las resistencias
- Disminuye la exudación y contracción del concreto.
- Facilita la colación y mejora los acabados. (Sika, 2021)

2. Apoyo Durante la Práctica

Los ensayos del concreto es la primera parte para ejecutar un proyecto, ya que de estos se marcan las pautas para dar un veredicto y así llevar a cabo un control de calidad.

2.1 Ensayos Internos

En Concreta S.A., se lleva a cabo un control de calidad, en el cual cada 15 días se ejecutan la ejecución de los siguientes ensayos:

2.1.1 Granulometría

Este ensayo nos permite determinar la distribución de tamaños representando el peso de las partículas por medio de un proceso de tamizado, que hacen parte de los agregados finos y gruesos.

Figura 1.

Tamices Utilizados para Realizar la Granulometría



A partir de la NTC 77 se seleccionan los tamaños y se calcula el módulo de finura para el agregado fino y para el agregado grueso, este ensayo es fundamental para el control de calidad ya que los agregados deberán cumplir las especificaciones como lo son el tamaño máximo el cual es el tamiz anterior al máximo que permite el paso del 100% de las partículas y el tamaño máximo nominal el cual es el tamiz superior de aquel que tenga un porcentaje retenido acumulado mayor o igual al 15%. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 77, 2007)

Figura 2.

Requisitos de Graduación para el Agregado Fino.

Tamiz NTC 32 (ASTM E 11)	Porcentaje que pasa
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 µm	25 a 60
300 µm	10 a 30
150 µm	2 a 10

Nota: Adaptado de Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 174. (2000). NTC 174.

Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto

Figura 3.

Requisitos de Graduación para el Agregado Fino.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 174 (Quinta actualización)

Tabla 2. Requisitos de gradación para agregado grueso

Número del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No.8)	1,18 mm (No.16)
1	90 mm a 37,5 mm	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37,5 mm	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25,0 mm	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-
357	50 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-
4	37,5 mm a 19,0 mm	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-
5	25,0 mm a 12,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-
56	25,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-
57	25,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-
6	19,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-
67	19,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-
7	12,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (No.8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5


Nota: Adaptado de Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 174. (2000). NTC 174.

Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto

La mezcla de estas partículas debe tener una óptima gradación para que así logre una masa unitaria máxima, ya que de esta forma los espacios que se proporcionan entre sí, serian pequeños y asimismo la cantidad de cemento a utilizar será mínima, brindando una relación entre la calidad del producto y su bajo costo.

Figura 4.

Formato de Análisis Granulométrico

 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO F-20G-AG						Fecha de Emisión: Enero 11 de 2017 Versión No. 02	
Fecha: Febrero 2021			Ensayo No. 17				
Empresa: Grupo Concreta			Sucursal: 1				
Material: Arena de río			Procedencia del Material: Asociación magdalena medio				
			Norma Técnica del Ensayo: NTC 77				
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Total Acumulado	% Pasa Total	Norma Técnica	
						Límite Grueso	Límite fino
3/8"	9,510	32	3,15%	3,15%	96,85%	100 %	100 %
No 4"	4,760	67	6,60%	9,75%	90,25%	95 %	100 %
No 8"	2,380	90	8,87%	18,62%	81,38%	80 %	100 %
No 16"	1,190	135	13,30%	31,92%	68,08%	50 %	85 %
No 30"	0,600	272	26,80%	58,72%	41,28%	25 %	60 %
No 50	0,300	331	32,61%	91,33%	8,67%	10 %	30 %
No 100	0,150	74	7,29%	98,62%	1,38%	2 %	10 %
No 200	0,075	11	1,08%	99,70%	0,30%	0 %	5 %
Fondo	-	4	0,39%	100,10%	-0,10%	-	-
Masa Inicial Húmeda (g):		1060		Módulo de Finura:		3,12%	
Masa Inicial Seca (g):		1015		Tamaño Máximo Nominal (TMN):		N/A	
Humedad (%):		4%		Tamaño Máximo (TM):		N/A	
Pérdida:		0%		Masa final seca pasa tamiz No.200 (g):		11	
Sumatoria Masas Retenidas (g):		1016		Materia Organica (NTC 127-2000):		3	
Nota Ensayo Materia Orgánica: Arena Apta_ No Apta_ para producción de concretos hidráulicos							

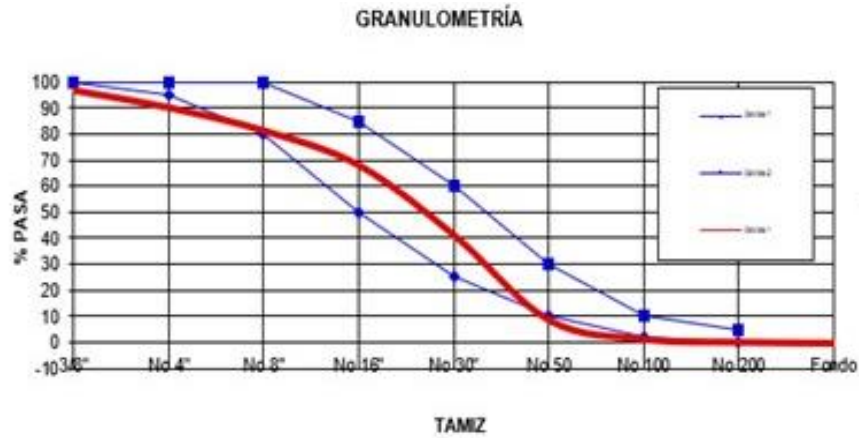
Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto*.

Disponible en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

La Norma Técnica Colombiana (NTC 77) nos proporciona unos límites donde nos permite definir el límite fino y el límite grueso, y así definiríamos si el agregado se encuentra apto y brindar las resistencias necesarias del concreto. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 77, 2007)

Figura 5.

Comportamiento del Agregado, respecto a los Límites.



Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto.*

Disponibile en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

2.1.2 Densidad y Absorción

- Agregado Fino y Agregado grueso

La Norma Técnica Colombiana (NTC 237) nos define la densidad y absorción del agregado fino (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 237, 1995) y la (NTC 176) nos define el agregado grueso (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 176, 1995), en estas normas nos permite saber los estados de humedad y densidad la cual debe estar en un rango entre 2.3 gr/cm³ y 2.8 gr/cm³, de esta forma podemos obtener el volumen que ocupa en la mezcla del concreto, ya que por sus poros dependiendo su permeabilidad pueden estar llenos de agua o parcialmente saturados, las cuales nos permite a través del resultado llegar a la conclusión de que el material que llega a planta es viable o no para los concretos.

Figura 6.

Cono para realizar el Ensayo de Densidad y Absorción de la Arena.



Figura 7.

Probeta para realizar Ensayo de Densidad y Absorción de la Arena.



Para hallar la absorción del material, tenemos que obtener el peso de la muestra seca, en agua y superficialmente saturado.

Figura 8.

Formato de Análisis de Densidad y Absorción 2

 DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO F-20G-DAF		Fecha de Emisión: Julio de 2018	
		Versión No. 02	
Fecha: Febrero 2020	Ensayo No. 0014		
Empresa: GRUPO CONCRESA S.A.	Sucursal: Barrancabermeja		
Material: Arena de Rio	Procedencia del Material: Asociación Magdalena Medio		
Ubicación del Material a Muestrear: Acopio Planta	Norma Técnica del Ensayo: NTC 237		
Descripción		Valor	Unidad
Peso de Muestra Seca	(A)	492,7	g
Peso Probeta + Agua	(B)	667,1	g
Peso Material + Probeta + Agua	(C)	975,8	g
Peso Material Seco Superficialmente Saturado	(S)	500	g
Densidad		Valor	Unidad
Aparente <small>(base seca)</small>	$(A/(B+S-C))$	2,58	g/cm ³
Aparente <small>(base h₂O)</small>	$(S/(B+S-C))$	2,61	g/cm ³
Nominal	$(A/(B+A-C))$	2,68	g/cm ³
Absorción	$((S-A)/A)*100$	1,48	%

Fin Reporte

Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto*.

Disponible en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>


De esta forma encontramos la absorción del material.

2.1.3 Masas Unitarias

Para establecer la masa unitaria del agregado según la Norma Técnica Colombiana (NTC 92), se determinan las masas de manera compacta y suelta tanto para el agregado fino como grueso, de tal modo que obtenemos la relación masa/volumen, entre otras posibles combinaciones q allí podremos observar las características que nos presenta el material. La cual nos permite determinar proporciones óptimas para el uso de la mezcla, como por ejemplo una relación 45% grava y 55% arena, entre otras más. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 92, 1995)

Figura 9.

Formato del Análisis para Masa Unitarias.

		MASAS UNITARIAS		Fecha de Emisión: Junio 2 de 2008	
		F-08-MU ARENA		Versión No. 01	
Proveedor	Asociación Magdalena Medio		Informe No.	N°0014	
Localización	Acopio Planta		Fecha de Ensayo	Febrero/2021	
Descripción	Arena de Rio				
Norma Técnica NTC - 92					
Diámetro =	15,5	cm.	Peso molde =	3,56	Kg
Altura =	16	cm.	Volumen molde=	0,003	m³
Humedad =	0,0% Secado a temperatura ambiente, bajo sol				
	Masa		Condición		
	(Kg.)		Suelta	Compacta	
Molde + Muestra No 1 (Kg.)			8,540	8,838	
Molde + Muestra No 2 (Kg.)			8,532	8,840	
Molde + Muestra No 3 (Kg.)			8,518	8,836	
Promedio (Kg.)			8,530	8,838	
Peso arena (Kg.)			4,970	5,28	
Masa Unitaria (Kg./m³)			1.646	1.748	
Promedio Masa (MUS-MUC)			1697.2	Kg./m³	

Fin Reporte

Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto.*

Disponibile en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

Para obtener los resultados, se toman tres muestras del material, tanto de manera compacta que nos brinda la textura y forma, como suelta la cual nos aporta la calidad del material, de tal modo que obtengamos el peso del material, y junto con el volumen del molde encontramos la masa del agregado.

Este ensayo es fundamental, ya que a partir de las características del material podemos manejar unidades de volumen y peso, de tal forma que se tenga el control de los materiales a través de la cubicación de los acopios en planta.

2.1.4 Materia Orgánica

En este ensayo observamos las impurezas orgánicas que puedan afectar el agregado fino con el cual se va a diseñar el concreto.

Se procede a la toma de la muestra del agregado fino e interactúa con cierto componente químico (NaOH) para que haga reacción y así nos arroje un color de tal forma que, al compararlo con la carta de colores, se observe en que escala de color estándar de HELLIGE se encuentra.

Figura 10.


Toma de Muestra para Hallar la Materia Orgánica, Presente en el Material.



De acuerdo con la NTC 127 si el líquido sobrepasa el color estándar No.3 se debe considerar el agregado fino, ya que posiblemente contiene compuestos orgánicos perjudiciales para el uso en el concreto. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 127, 2000)

Figura 11.

Formato del Análisis para Materia Orgánica.

 CONCRESA	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA	Fecha de Emisión: Enero 11 de 2017 Versión No. 02
--	--------------------------------------	---

Fecha: febrero 2020	
Empresa: Grupo Concreta	Sucursal:1
Material: Arena	Procedencia del Material: Arena de Rio
Ubicación del Material a Muestrear: Acopio Concreta	Norma Técnica del Ensayo: NTC 127

RECIPIENTE N°	MUESTRA	N° DE COLOR SOMETIDO A LA CARTA	COLOR ESTÁNDAR DE HELLIGE
1	ARENA	5	ESCALA 1

Apta para producción de Concretos Hidráulicos	No Apta para producción de Concretos Hidráulicos
x	

Fin Reporte

Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto*.

Disponible en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

2.2 Ensayos Externos

Por otra parte, se requieren ciertos ensayos descritos en la norma INVIAS (Instituto Nacional de Vías INVIAS - 230-07, sf) (Instituto Nacional de Vías INVIAS - 227-07, sf) y la NTC, las cuales nos brindan constancia de que todos los productos que se manejan en planta cumplen con los requerimientos descritos.

2.2.1. Reporte de Aguas

Con el ensayo de la (NTC 3459) Agua para elaboración de concretos, se tiene como función observar si el agua es apropiada para la producción, para ello se tiene que observar los siguientes ítems (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 3459, 2001):

Tabla 2.

Comparativo de Aguas

Agua Recirculada		Agua De Río
1181.71	Alcalinidad a la Fenolftaleína (mg CaCO ₃ /L)	<1.89
1291.39	Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L) (A)	68.19
1181.71	Carbonatos (mg CaCO ₃ /L) (A)	<4.00
11.91	pH (Unidad de pH)	8.11
956.000	Solidos Disueltos Totales (mg SDT/L) (A)	138.000
18.4	Temperatura (°C)	18.3
Aniones por Cromatografía Iónica		
19.04	Cloruros	7.21
40.68	sulfatos	21.83

Se realizó un cuadro comparativo, y se observó cuál de las aguas presentes en planta, es factible para la producción.

3. Control de Calidad A 3, 7, 28, 56 Días

Cada concreto que es producido y enviado desde la planta a cada uno de los clientes es revisado y aprobado teniendo en cuenta que cumpla todos los estándares de diseño, en el cual, la NTC 3318 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 3318, 2008) e INVIAS 400 nos brinda un procedimiento para ello (Instituto Nacional de Vías INVIAS - Sección 400, sf). Las labores de supervisión y aprobación descritas son realizadas por el laboratorista encargado.

Para ello, en Concreta S.A. se lleva el control de cada uno de ellos, adjuntando el reporte en la Base de Datos.

El cual debe llevar el registro de:

- Consecutivo de la muestra.
- Hora, fecha y lugar de la toma de la muestra.
- Obra a la cual fue despachado el material.
- Cliente
- Numero de despacho
- Mixer encargado
- Tipo de concreto
- Resistencia del material a evaluar
- Dosificación correspondiente (agua, cemento, arena, grava, aditivos)
- Humedad
- Slump (asentamiento)

- Temperatura
- Observaciones (si así lo requiere)
- Resultados de los ensayos (ensayos a compresión y flexión)

Figura 12.

Plan de Control de Calidad propio de CONCRESA S.A.

Edad	Fecha Ensayo	Peso Cilindros (g)	Resultados (MPa)	Resultados (Psi)	Promedio (Psi)	Evolucion (%)
3	dici 25, 2020					%0
7	dici 29, 2020					%0
28	ener 19, 2021					%0
56	febr 16, 2021					%0

Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto*.

Disponible en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

Para medir la fluidez del concreto (asentamiento), la manejabilidad nos indica la facilidad de compactación y colocación de la mezcla, este proceso depende de diferentes factores tales como, la dosificación de agua que va relacionada con la humedad, las condiciones climáticas, las propiedades de las materias primas, la relación agua/cemento.

Al salir de planta se realiza la toma de muestra para realizar el ensayo de asentamiento, su objetivo principal es medir la consistencia del concreto y de esta manera garantizar que el material cumpla las especificaciones con las que fue solicitado.

Figura 13.

Toma de Asentamiento (SLUMP)



Nota: Carlos González (Laboratorista)

Por otro lado, con el objetivo de determinar la incidencia de algunos de los factores externos, surge la necesidad de precisar el comportamiento del concreto, ya que al pasar el tiempo el concreto pierde manejabilidad como consecuencia del proceso de fraguado que desarrollan los elementos que lo componen, de tal forma se requiere de un control comparativo entre las condiciones en las que este sale de la planta y las condiciones en las que llega a su lugar de destino.

Figura 14.

Control de Asentamientos (SLUMP) Parte 1

CLIENTE	DESPACHO	MIXER	DISEÑO
GTC	98212	T0081	C4012TR000000
vial urbano	98217	SUD461	C3034NO000000
femmar	98220	TTS490	30125I00000000
RHEMA	98222	WLT009	C4034NOCT0000
TRIMECA	98224	SUD461	C4034NO000000
ferrocol	98229	TTS490	C3034NO000000
TRIMECA	98230	TTS626	C4034NO000000
TRIMECA	98231	T0063	C4034NO000000
DIATECO	98232	SUD461	C3034NO000000
RHEMA	98233	T0081	C4034NO000000
RHEMA	98233	WLT009	C4034NO000000
FERRCOL	98237	TTS490	C4034NO000000
GTC	98238	T0081	C4034NO000000
PARINTERACTIVO	98239	WLT009	C4034BP000000

Figura 15.

Control de Asentamientos (SLUMP) Parte 2

PLANTA		OBRA	
HORA	SLUMP	HORA	SLUMP
9:36	9"	10:10	8"
13:28	7"	14:45	6"
15:10	8,5"	15:45	8"
7:45	7,25"	8:06	6,5"
8:10	6,25"	8:58	4,5"
12:40	6,5"	13:40	5"
13:36	6,5"	14:10	6"
13:06	6,5"	13:50	6"
13:22	5,5"	13:59	4"
13:26	7,5"	14:00	6,5"
13:30	7"	14:01	6,5"
14:12	5,5"	15:13	5"
14:30	7,5"	15:00	7"
5:23	7"	5:58	5,5"

Uno de los factores externos determinantes en el comportamiento del concreto, es su temperatura, ya que a temperaturas elevadas puede llegar a dispararse. Esto implica aumento del SLUMP como consecuencia del endurecimiento del concreto, perdiendo así manejabilidad.

Figura 16.

Toma de Temperatura



Nota: Carlos González (Laboratorista)

Los ensayos de compresión tienen como referente la Norma Técnica Colombiana (NTC 673) en la cual está estipulado el procedimiento para la ejecución del ensayo de resistencia a la compresión del concreto en especímenes cilíndricos (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 673, 2010). Para este ensayo la muestra tomada es un cilindro moldeado, el cual será sometido a una carga axial a compresión que aumenta a una velocidad determinada, la cual, según la norma debe estar entre 0.14 Mpa/s y 3.5 Mpa/s, con el fin de calcular la carga máxima soportada por el cilindro antes de fallar.

Figura 17.

Curva de Evolución del Concreto



Nota: Carlos González (Laboratorista)

Teniendo la magnitud de la carga aplicada y las dimensiones del cilindro se calcula la resistencia a compresión, de la siguiente manera:

$$RESISTENCIA = \frac{FUERZA}{\text{ÁREA TRANSVERSAL}}$$

Figura 18.

Falla de Cilindros



Nota: Carlos González (Laboratorista)

Además, la (NTC 2871) explica el método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a flexión (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 2871, 2004) que se presenta en los pavicretos mediante la aplicación de esfuerzos a compresión y tracción en los tercios medios de la viga.

Figura 19.

Falla de Vigas



Nota: Carlos González (Laboratorista)

Las muestras se fallan a 3, 7, 28 y 56 días de haber tomado la muestra, y si es un concreto acelerado, se fallan a 1, 3, 7, 28 días de tomada la muestra, para mirar su evolución. *Ver (figura 20)*

Según los estándares manejados en CONCRESA S.A las resistencias de los concretos diseñados en planta deben cumplir de la siguiente forma:

Tabla 3.

Control de Resistencias

Días	Resistencia
3	55%
7	75%
28	110%
56	110%

Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto*.

Disponible en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

De esta forma se hace un control diario, y con base en los resultados se hace el seguimiento al comportamiento que tienen estos concretos.

Figura 20.

Control de Fallas.

CONCRESA		ALERTA DE RESISTENCIAS BAJAS.							
FECHA	MUESTRA	CLIENTE	PRODUCTO	SLUMP	RESISTENCIA %				OBSERVACIONES
					3	7	28	56	
Febrero 21/2021	**	*****	****	**	*	*	*	*	*****
Febrero 22/2021	141	DIATECO S.A.S.	C4034NO	7"	76	85	107	*	*****
Febrero 22/2021	292	DIATECO S.A.S.	C4034NO	7"	61	84	96	102	*****

CONCRETOS NORMALES	
3	55%
7	75%
28	110%
56	110%

Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto*.

Disponible en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

Donde se reporta a diario si hay o no resistencias no conformes.

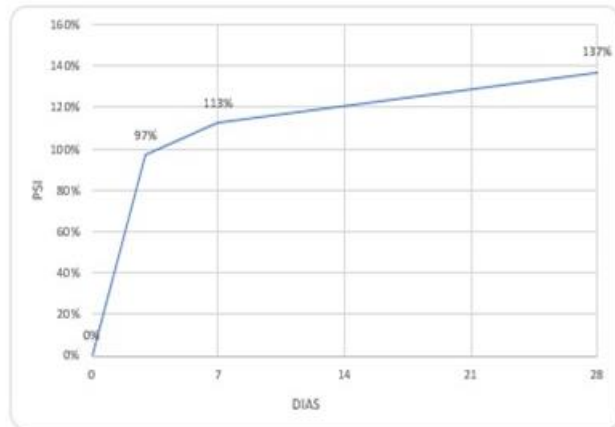
Cada 15 muestras aproximadamente, se realiza un control por cada tipo de concreto, de tal modo se puede observar cómo se comporta en un promedio a 3, 7 y 28 días, lo cual nos permite saber si se mantiene los comportamientos establecidos.

Figura 21.

Control de Resistencias.

DIAS	PSI
0	0%
3	97%
7	113%
28	137%

C3034NO000000				
fecha	RS	3	7	28
4/01/2021	0001	94%	117%	128%
8/01/2021	0023	89%	103%	129%
8/01/2021	0024	95%	103%	125%
12/01/2021	0047	118%	138%	167%
13/01/2021	0053	109%	121%	148%
14/01/2021	0054	88%	106%	131%
22/01/2021	0121	91%	104%	132%
2/02/2021	0213	119%	129%	151%
5/02/2021	0234	69%	89%	100%
6/02/2021	0249	95%	108%	127%
10/02/2021	0274	102%	116%	136%
11/02/2021	0275	93%	106%	155%
12/02/2021	0288	100%	117%	143%
16/02/2021	0301	111%	133%	158%
22/02/2021	0337	84%	98%	125%
promedio		97%	113%	137%



4. Diseño de Concreto

Para el diseño de un concreto, debemos tener en cuenta las especificaciones técnicas dadas por el cliente para su diseño estructural, las cuales deben cumplir ciertos parámetros como:

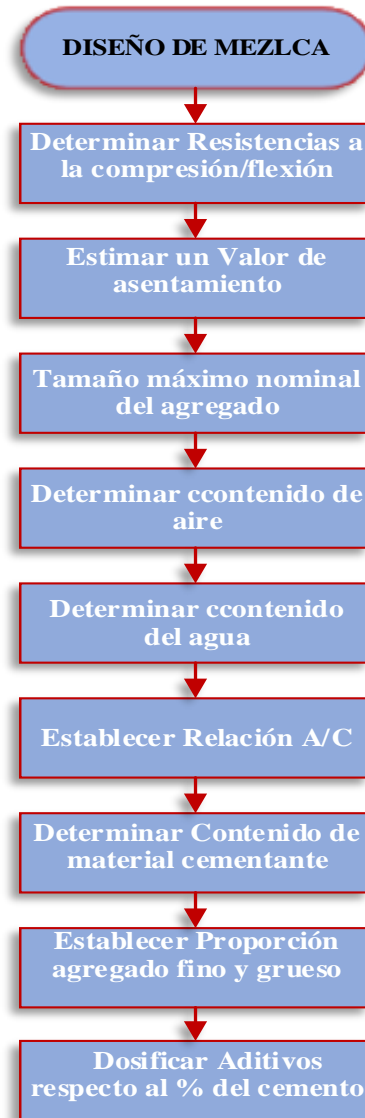
- Relación agua/ material cementante.
- Tamaño Máximo (TM) y Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado.
- La densidad del material.
- Tipo de cemento.
- Resistencias.
- Módulo de finura.
- Asentamiento.

Por otro lado, es importante que la mezcla cumpla con los requerimientos de la Norma Técnica Colombiana (NTC 3318) (Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC - 3318, 2008) e INVIAS 400. (Instituto Nacional de Vías INVIAS - Sección 400, sf)

Al momento de su diseño se hace la elección de:

Figura 22.

Diseño de mezclas.



Se realiza una prueba industrial en planta y a partir de esto se hace un ajuste de mezcla.

5. Formatos de Dosificación

Para llevar a cabo el control de calidad propio de cada concreto que es dosificado y mezclado en planta, es importante tener la dosificación de cada diseño, ya que, si existe alguna queja o reclamo, se tenga un reporte base, el cual permita realizar una trazabilidad adecuada para cada uno de los concretos y así poder determinar si se presentó, o no, alguna anomalía durante la etapa de mezclado.

Para realizar la dosificación se descarga los baches (información dosificada) de cada despacho.

Figura 23.

Remisión del bache.

Reporte de producción de bache		DOSIFICADOR Software	
Planta:	CONCRESA BARRANCA		
Remisión:	13577	Fecha:	28/03/2021
Metros: (m³)	6,00	Estado bache:	Realizado
Mezcla:	3012SIALION		
Descripción:	3000PSIGRAVA1/2SISTEMINDUST		
Cliente:	FERMAR		FERMAR
Obra:	YONDO		FERMAR
Dirección:	1		
Contacto:		Teléfono:	
Mixer:	T0087	Conductor:	YESID SAAVEDRA
Bomba:		Operador:	

Elemento	valor m ³	Teórico	Real	Difer.	%Desv.	%Hum	%Abs
CEMENTO 1	305 kg	1830 kg	1818 kg	-12 kg	-0,66		
CENIZA	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0		
CEMENTO 3	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0		
	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0		
GRAVA	815 kg	4930 kg	4925 kg	-5 kg	-0,1	1,7	0,9
ARENA	1081 kg	6714 kg	6625 kg	-89 kg	-1,33	4,9	1,4
---	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0	0	0
---	0 kg	0 kg	0 kg	0 kg	0	0	0
AD40	0,96 Lt	5,76 Lt	5,72 Lt	-0,04 Lt	-0,69		
AER-D	0 Lt	0 Lt	0 Lt	0 Lt	0		
5500	1,41 Lt	8,46 Lt	8,63 Lt	0,17 Lt	2,01		
---	0 Lt	0 Lt	0 Lt	0 Lt	0		
AGUA	160 Lt	694 Lt	697 Lt	3 Lt	0,43		
Peso aprox. de mezcla en este bache:			14079 kg	Tiempo bache:			
Báscula de cemento = [966] kg al cargar: CEMENTO 1							


Nota: Adaptado de Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto*.

Disponible en: <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

A partir de esta información, se dosifica por m³, el cemento, la grava, la arena, el agua y los aditivos. Ver Figura 24

Figura 24.

Dosificación de la mezcla.

		DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS			Fecha de Emisión:	
CLIENTE	# REMISON 13577	VOLUMEN	MEZCLA			
FERMAR	VALOR REAL	6	3012SIALION			
AGUA	697	116,2	CEMENTO 3	694	115,7	
CEMENTO 1	1818	303,0	0,0	1830	305,0	
ARENA	6625	1104,2		6714	1119,0	
GRAVA	4925	820,8		4930	821,7	
PLASTIMENT AD40	5,72	1,0		5,76	1,0	
SIKAPLAST 5500	8,63	1,4		8,46	1,4	
HUMEDAD	4,9	4,9		4,9	4,9	
CENIZA	0	0,0		0	0,0	
AER-D	0	0,0				VALOR TEORICO dosificado
		VALOR REAL dosificado				

De esta manera se inserta la información en la base de datos, y se lleva a cabo un plan de control de calidad.

6. Conclusiones

- A lo largo de la práctica desarrollada, se comprobó la ejecución y se analizaron los resultados obtenidos de los diferentes ensayos definidos por la Norma Técnica Colombiana y el INVIAS, los cuales garantizan y aseguran que el concreto suministrado por la planta cumpla con

las especificaciones requeridas. Además, se evidenció que, a largo de los diferentes proyectos, la compañía brinda constantemente asesoría técnica y de control de calidad.

- Durante la práctica, se realizaron procesos de seguimiento, monitoreo y control para para cada uno de los concretos que son producidos y despachados por la planta. Algunos de los seguimientos evidenciados, es la implementación de una buena práctica la cual captura datos de manera periódica a lo largo del trayecto entre la planta y el lugar de disposición final. Esto se realiza con el fin de monitorear el comportamiento del concreto en función de la distancia recorrida y la temperatura ambiental.

- Se evaluó la afinidad de cada material de acuerdo con el diseño solicitado, a través de la ejecución de los ensayos de compresión y flexión realizados en los periodos de tiempo estipulados los cuales se manejan a: 3 días, 7 días, 28 días y 56 días. Por otro lado, cuando son concretos acelerados se realiza el ensayo con el fin de analizar las fallas presentadas a los: 1 día, 3 días, 7 días y 28 días.

- Dichas pruebas se realizan con el fin de generar las curvas de resistencia y comprobar su cumplimiento de acuerdo con los estándares establecidos por la empresa.

- A través de la ejecución de diferentes ensayos descritos en las normas NTC 77, NTC 237, NTC 176, NTC 92, se afianzaron conocimientos técnicos y procedimientos básicos indispensables para la correcta caracterización de los agregados y concretos.

- La ejecución periódica de los ensayos descritos en las normas NTC 77, NTC 237, NTC 176, NTC 92 desarrolla competencias específicas al momento de analizar la composición y sus potenciales aplicaciones para los agregados y los concretos.

Referencias Bibliográficas

Concreta S.A. (2021). *Concreto, Agregados y Calidad del Concreto*. Obtenido de <https://www.grupoconcreta.com/V2/>

Guzmán, D. S. (2001). *Tecnología del concreto y mortero*. Bogotá: Bhandar Editores.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (1995). *NTC, Norma Técnica Colombiana*.

176. “Método de ensayo para determinar la densidad y absorción del agregado grueso”.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (1995). *NTC, Norma Técnica Colombiana*.

237. “Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino”.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (1995). *NTC, Norma Técnica Colombiana*.

92. “Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados”.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (2000). *NTC, Norma Técnica Colombiana*.

127. “Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto”.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (2001). *NTC, Norma Técnica Colombiana*.

3459. “Concretos. Agua para la elaboración de concreto”.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (2004). *NTC, Norma Técnica Colombiana*.

2871. “Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión (utilizando una viga simple con carga en los tercios medios)”.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (2007). *NTC, Norma Técnica Colombiana*.

77. “Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos”.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (2008). *NTC, Norma Técnica Colombiana. 3318. “Producción de concreto”*.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (2010). *NTC, Norma Técnica Colombiana. 673. “Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto”*.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (sf). *INVIAS 227-07. “Porcentaje de caras fracturadas en los agregados”*.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (sf). *INVIAS 230-07. “Índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados para carreteras”*.

Instituto Nacional de Vías INVIAS. (sf). *INVIAS Sección 400. “Concreto Hidráulico”*.

Matallana, R. (2019). *El concreto fundamentos y nuevas tecnologías. ISBN versión física: 978-958-57497-3-3; . Obtenido de Versión Electrónica: 978-958-57497-4-0*

Sika. (2021). *SIKAPLAST®-5500, SIKA® PLASTIMENT® AD-40, SIKA AER® D, SIKA® PLASTOCRETE® DM*. Obtenido de <https://col.sika.com/>