

CONTROL DE COLOCACIÓN DE CONCRETO EN OBRA

JONATHAN CASTAÑO RUIZ
JOSE LUIS CUARTAS OSPINA

TRABAJO DE MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTAS EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

CARLOS MARIO CRUZ ARIAS
INGENIERO CIVIL, ESPECIALISTA EN VÍAS Y TRANSPORTE

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
MEDELLÍN
2015

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas las personas que nos apoyaron de una u otra forma en la realización del mismo, a las empresas en donde laboramos, su apoyo nos permitió continuar con nuestra formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer sinceramente a nuestro asesor en el trabajo de grado, Ingeniero Carlos Mario Cruz Arias, su esfuerzo y dedicación.

Su guía durante el desarrollo, las experiencias compartidas, las ideas para mejorar la propuesta y su tiempo, permitieron llevar a cabo a este proyecto.

CONTENIDO

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1 MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO

1.1.1 Cemento

1.1.2 Aditivos

1.1.3 Propiedades de los agregados

1.1.4 Calidad del agua

1.2 FUNDAMENTOS DEL CONCRETO

1.3 EVALUACIÓN Y ACEPTACIÓN DEL CONCRETO

2. COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN CLIMA TEMPLADO

2.1 CONTROLES GENERALES

2.1.1 Métodos de mezclado

2.1.2 Tiempos de mezclado

2.1.3 Rendimiento de la mezcladora

2.1.4 Sistema de transporte

2.2 COLOCACIÓN EN OBRA

2.2.1 Carretillas, coches o equipo motorizado

2.2.2 Bandas transportadoras

2.3 TIPOS DE COLOCACIÓN SELECCIONADOS

2.3.1 Colocación por gravedad

2.3.2 Concreto bombeado

2.3.3 Concreto lanzado

3. CONTROL DE COLOCACIÓN DE CONCRETO A TRAVES DE LISTAS DE CHEQUEO

3.1 ASPECTOS A CONTROLAR

3.1.1 Recepción y aceptación de del concreto premezclado

3.1.2 Seguridad en el trabajo

3.1.3 Personal

3.1.4 Equipos y herramientas

3.1.5 Materiales

3.1.6 Procedimiento

3.1.7 Vibrado

3.1.8 Control de calidad

3.1.9 Orden y aseo

3.2 REALIZACIÓN DE FORMATOS

4. CONCLUSIONES

5. BIBLIOGRAFÍA

6. ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Pérdida del asentamiento de mezclas de concreto.

Figura 1.2 Desarrollo de resistencias de concreto con retardador.

Figura 1.3 Zonas con minerales potencialmente reactivos

Figura 1.4 Acopio de materiales.

Figura 2.1 Mezclado mecánico.

Figura 2.2 Carretilla

Figura 2.3 Carretilla impulsada con motor

Figura 2.4 Banda transportadora

Figura 2.5 Colocación de concreto por gravedad.

Figura 2.6 Atraque de tubería.

Figura 2.7 Vaciado de Box Culvert por gravedad.

Figura 2.8 Autobomba de concreto.

Figura 2.9 Bomba estacionaria

Figura 2.10 Compactación del concreto por medio de vibrado

Figura 2.11 Concreto lanzado

Figura 2.12 Concreto lanzado

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Definición y clasificación del cemento Pórtland. [NTC 30]

Tabla 1.2 Clasificación del cemento según NTC 121

Tabla 1.3 Límites granulométricos- agregado fino

Tabla 1.4 Límites de sustancias perjudiciales en el agregado fino

Tabla 1.5 Gradación del agregado grueso.

Tabla 1.6 Combinaciones granulométricas de Fuller

Tabla 1.7 Combinaciones granulométricas de Weymouth

Tabla 1.8 Sustancias dañinas en el agregado grueso

Tabla 1.9 Ubicación zonas con minerales potencialmente reactivos

Tabla 1.10 Tabla de ensayos para los agregados

Tabla 2.1. Variaciones permitidas entre muestras de concreto.

Tabla 2.2 Tolerancias de asentamientos según la NTC396

Tabla 2.3 Tabla comparativa de métodos de concreto lanzado

RESUMEN

Título del trabajo: Control de colocación de concreto en obra
Autores: Jonathan Castaño Ruiz – José Luis Cuartas Ospina
Título otorgado: Especialistas en Ingeniería de la Construcción
Asesor del trabajo: Carlos Mario Cruz Arias
Programa de donde egresa: Ingeniería de la Construcción
Ciudad: Medellín
Año: 2015

En el presente trabajo de monografía se realizó un estudio enfocado a identificar técnicas de colocación de concreto fundamentadas en las normas vigentes en nuestro país.

Se identifican estas técnicas de colocación realizando una revisión de la bibliografía existente para profundizar en los conceptos fundamentales y proporcionar los procedimientos o herramientas necesarios para una adecuada selección y colocación del concreto, optimizando las propiedades de los materiales, equipos disponibles en la obra.

Se desarrollaron unos formatos con un listado de chequeo rápido, estos formatos permiten verificar que todos los equipos, materiales, personal y demás recursos cumplan los requerimientos descritos en la norma para lograr un concreto con las especificaciones de resistencia y durabilidad, y demostrar que un buen control de calidad nos ayuda a disminuir los costos tanto en la etapa de la construcción como en el mantenimiento de una estructura, y de esta manera alcanzar los objetivos propuestos en el trabajo de grado

PALABRAS CLAVES: Concreto bombeado, concreto lanzado, concreto por gravedad, colocación de concreto, control de calidad.

INTRODUCCIÓN

Se observa que el personal encargado del control de calidad que ingresa al campo de la construcción, ya sea constructor, interventor o supervisor técnico, en repetidas ocasiones carece de procedimientos y conocimientos claros que permitan ejecutar la labor.

Es por esto que tener una guía de procedimientos, sencilla de comprender y bien fundamentada, se convierte en una herramienta de trabajo sumamente útil, donde para los casos enmarcados en los objetivos, es posible desarrollar unos pasos que den como resultado un concreto colocado de óptima calidad. El fin es tener un apoyo de fácil consulta, rápido acceso que de la posibilidad de analizar datos, y que permitan recordar los aspectos que se deben cumplir para la colocación del concreto en obra, según el caso.

La fundamentación del porqué de los pasos, se encuentra distribuida en los capítulos del trabajo, donde se podrá encontrar información técnica, y parámetros exigidos por la normatividad vigente del país.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Definir técnicas de colocación de concreto que garanticen la calidad y durabilidad de este en el tiempo, según la normatividad vigente del país.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer los procedimientos para la colocación de concreto por gravedad, bombeado y lanzado para temperatura templada (18°C - 24°C)

Diseñar un formato que permita verificar el cumplimiento de los pasos para llevar a cabo un procedimiento de colocación de concreto por gravedad, bombeado y lanzado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia es común encontrar estructuras que presentan patologías adquiridas por una mala técnica en la producción y colocación del concreto, siendo esta una práctica que se inició de forma empírica y que no siempre ha sido ejecutada por personal con conocimiento técnico adecuado, capaz de comprender la importancia de cada variable del proceso y de realizar un control óptimo, lo cual genera inconvenientes con la calidad y durabilidad del producto final.

Dichas situaciones van en contravía con la normatividad vigente para construcciones sismoresistentes y representan un peligro potencial para los usuarios de las estructuras, además de los sobrecostos que representan solucionar problemas ocasionados por no contemplar variables inicialmente, como el tamaño máximo de agregado utilizado, el aditivo adecuado para cada mezcla, el curado del elemento luego de fundirlo, entre otros.

JUSTIFICACIÓN

La mayoría de estructuras de nuestro país son construidas en concreto reforzado, con deficiencias en el mantenimiento durante su vida útil, por lo tanto llevar un buen control de colocación de la mezcla de concreto trae grandes beneficios económicos y estructurales, por el contrario un mal manejo en el proceso ocasiona un mal funcionamiento de las estructuras, que puede dar lugar a grandes pérdidas económicas y en ocasiones hasta pérdidas humanas.

Para lograr la colocación y obtener los resultados de calidad esperados se recomienda seguir los pasos de la lista que se presenta como producto final, de fácil consulta y utilización en obra por parte de los involucrados en la construcción de estructuras de concreto, estos pasos fueron construidos con base en los estudios y experiencias de obra para los casos de concreto colocado por gravedad, bombeado y lanzado, teniendo en cuenta que están enmarcados en las condiciones climáticas propuestas en los objetivos. Para cada ítem de la lista se puede remitir a las diferentes secciones del trabajo donde se encontrarán explicados los conceptos encasillados en un marco normativo que rige al territorio nacional y los elementos, herramientas y equipos recomendados para la correcta colocación del hormigón.

Al llevar un control de cada elemento, es posible realizar un control estadístico de las variables que influyan en el proceso, obteniendo una información de suma importancia para cualquier proyecto, que permita llevar un control de sus puntos de calidad, utilización de recursos y finalmente realizar una evaluación costo/beneficio de los procesos implementados por parte de la empresa, y determinar qué puntos deben ser mejorados para obtener una mayor utilidad a la hora de realizar las obras.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO

1.1.1 Cemento

El cemento es un material pulverizado que contiene óxido de calcio, sílice alúmina y óxido de hierro, forma por adición de una cantidad apropiada de agua una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto el agua como el aire. El cemento tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua y de formar compuestos estables presentándose un proceso de reacción que se conoce como hidratación [1].

1.1.1.1 Clasificación del cemento

Se clasifica según las normas NTC 30, NTC 31, y NTC 4050. Debe cumplir con las especificaciones físicas, mecánicas y químicas según las normas NTC 121 y 321.

Tabla 1. Definición y clasificación del cemento Pórtland.

Definición y clasificación Cemento Pórtland	
Tipo	Descripción
1	Destinado a obras de hormigon en general, al que no se le exigen propiedades especiales
1M	Destinado a obras de hormigon en general, al que no se le exigen propiedades especiales pero tiene resistencias superiores a las del Tipo 1
2	Destinado a obras de hormigon expuestas a la acción moderada de sulfatos y a obras donde se requiera moderado calor de hidratación
3	Altas resistencias iniciales
4	Desarrolla bajo calor de hidratación
5	Alta resistencia a la acción de los sulfatos

La nueva NTC 121 que rige la calidad del cemento en Colombia, es una norma de especificaciones por desempeño que cubre los cementos hidráulicos para aplicaciones generales y especiales e involucra parámetros de durabilidad. Clasifica los tipos de cementos según las necesidades específicas:

- Uso general
- Alta Resistencia Temprana
- Moderada o Alta Resistencia al Ataque de Sulfatos
- Moderado o Bajo Calor de Hidratación
- Baja reactividad con los álcalis de los agregados.

La norma ofrece cementos con mejores propiedades de durabilidad y mucho más versátiles en la aplicación pues permite el uso de otros materiales cementantes, adiciones o componentes activos que mejorarán el desempeño, como es el caso de las escorias de alto horno, puzolanas naturales y artificiales, entre otros [1].

Tabla 2. Clasificación del cemento según NTC 121

clasificación Cemento según NTC 121	
Tipo	Descripción
UG	Uso general
ART	Alta resistencia temprana
MRS	Moderada resistencia a sulfatos
ARS	Alta resistencia a los sulfatos
MCH	Moderado calor de hidratación
BCH	Bajo calor de hidratación.

1.1.1.2 Hidratación del cemento

La reacción mediante la cual el cemento Portland se transforma en un agente de enlace, se genera por los procesos químicos responsables de la formación de compuestos durante la hidratación, los cuales originan propiedades mecánicas útiles en las aplicaciones estructurales. El cemento al entrar en contacto con agua forma una pasta y se establece un desarrollo lento de estructuras cristalinas cementantes [2]

1.1.1.3 Calor de hidratación

Durante el proceso de hidratación se efectúan reacciones químicas exotérmicas, es decir reacciones que liberan calor, haciendo que los concretos aumenten su temperatura al fraguar y endurecer. Este incremento es importante cuando se elaboran grandes volúmenes de concreto, tales como presas, debido a que cuando ha ocurrido el fraguado y se inicia el descenso de la temperatura, se origina contracción del material, que puede conducir a la formación de grietas y fisuras. [2]

El calor de hidratación se define como la cantidad de calor en calorías por grano de cemento deshidratado, después de una hidratación completa a una temperatura dada. Los procedimientos para medir el calor de hidratación se encuentra descrito en la NTC117. [2]

El calor de hidratación es el calor generado cuando reaccionan el cemento y el agua. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento; la tasa de generación de calor la afecta la finura y temperatura de curado, así como la composición química. Para efectos prácticos no importa necesariamente el calor total de hidratación sino la velocidad de desarrollo del calor. La misma cantidad total de calor producida en un período mayor, puede dispersarse en mayor grado, con menor aumento consecuente de la temperatura [3].

1.1.1.4 Fraguado

Se refiere al paso de la mezcla del estado fluido o plástico al estado sólido. Aunque durante el fraguado la pasta adquiere alguna resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último término se refiere al aumento de resistencia de una pasta de cemento fraguada.

1.1.1.5 Toma de Muestras y recepción del Producto

Mediante acuerdo entre fabricante y comprador, este podrá enviar un inspector a la planta o a los depósitos del fabricante para la toma de muestras. Toda la inspección y la toma de muestras del cemento, se hará conjuntamente con el

fabricante de acuerdo con la NTC 108 y de tal manera que en ningún caso interfiera con el proceso normal de fabricación y despacho.

1.1.1.6 Aceptación o rechazo

El cemento será rechazado si no se cumple con alguno de los requisitos químicos establecidos en la Tabla 1 de la NTC 321. Para este efecto, se muestrearán conjuntamente entre las partes, utilizando tres laboratorios reconocidos, se aceptará el criterio de los dos más acordes en sus resultados.

El cemento que después de haber sido ensayado permanezca almacenado a granel por más de seis meses, o empacado por más de tres meses en las bodegas del vendedor, podrá ser ensayado nuevamente por el comprador antes de su despacho y podrá ser rechazado si no cumple con alguno de los requisitos de esta norma.

Los bultos cuya masa varíe en más del 5 % por debajo de la especificación, podrán ser rechazados. Si al tomar el 5 % de los bultos de un pedido y su masa promedio sea menor del 2 % de la especificada, el pedido podrá ser rechazado [4]

1.1.1.7 Almacenamiento del cemento

El tiempo de almacenamiento antes de utilizarse, depende del lugar y de las condiciones del clima.

Un cemento almacenado a granel en un silo puede durar hasta 3 meses. El cemento empacado en sacos puede empezar a perder resistencia a partir de las 4 semanas, su duración depende del aire húmedo y de la exposición directa con el agua, estas condiciones causan una reacción parcial, por lo tanto cuando un cemento no puede pulverizarse fácilmente entre los dedos, no debe ser utilizado para concreto estructural. [2]

1.1.2 Aditivos

Los aditivos han permitido los mayores avances en la tecnología del concreto y han mejorado las propiedades de este material, como la resistencia a la compresión y la durabilidad; han permitido el avance en tecnología del concreto como por ejemplo el concreto bombeado, el concreto autonivelante, el concreto bajo agua y el concreto lanzado

Los concretos de alto desempeño (CAD) contienen varios aditivos químicos como los siguientes:

- Modificador del fraguado: retardante o acelerante
- Reductor de agua
- Superplastificante
- Incorporador de aire
- Inhibidor de corrosión
- Control para la reactividad álcali-agregado
- Agente reductor de la contracción
- Aditivo que controla la exudación, la segregación o el lavado
- Aditivo anticongelante
- Antiespumante
- Ayudante al bombeo
- Espumante para producir concreto de baja densidad
- Aditivos que incrementan la resistencia inicial sin modificar el fraguado
- Acelerantes para lanzado que no reducen la resistencia final
- Aditivos para concreto autocompactante
- Aditivos modificadores de viscosidad
- Aditivos con base en sílica coloidal.

Con los aditivos se han logrado grandes avances en los efectos en las propiedades del concreto, entre los que se tienen los siguientes:

- Incrementar la resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad del concreto a través de la reducción de la estructura de vacíos.
- Mejorar la resistencia al hielo y deshielo o al efecto causado por las sales en las estructuras marinas sometidas a procesos de cambio de humedad.
- Reducir la velocidad de corrosión del acero de refuerzo mediante la adición de un aditivo inhibidor de corrosión.
- Controlar el fisuramiento producido por la contracción de secado del concreto.
- Controlar la fisuración de elementos masivos de concreto debida al gradiente térmico.
- Mejorar la disposición de una mezcla a ser bombeada cuando existen defectos de finos o largas y tortuosas distancias de bombeo.
- Producir concreto de alta resistencia inicial y despacharlo desde la planta de mezclado, sin los riesgos debidos al aceleramiento del fraguado,

mediante el uso de acelerantes de endurecimiento que no modifican el fraguado del concreto.

- Detener el proceso de hidratación del cemento y posterior fraguado del concreto de tal manera que se pueda colocar, incluso después de varios días de su preparación mediante la adición al concreto de un aditivo activador.

La norma NTC 1299, menciona siete tipos de aditivos para mezclas de concreto hidráulico, los cuales deben cumplir con los requisitos descritos en esta norma.

1.1.2.1 Tipo A. Aditivos reductores de agua

Aditivo que reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir concreto de una consistencia dada. Su principal característica es permitir el aumento de la manejabilidad para el concreto fresco para la misma proporción de agua, se produce por que provoca la dispersión de las partículas de cemento. Las ventajas que se obtiene al utilizar aditivos plastificantes son:

Para concreto fresco:

- Mejoran la trabajabilidad
- Mejora las características del terminado
- Menor energía de compactación

Para concreto endurecido

- Mejora la apariencia final de los terminados
- Ayuda en el aumento de la resistencia
- Pueden desarrollar mejor la adherencia del concreto al acero de refuerzo
- Reducen la permeabilidad
- Disminuyen los agrietamientos

1.1.2.2 Tipo B. Aditivos retardantes

Aditivo que retarda el fraguado del concreto, hace que la mezcla permanezca fluida más tiempo. El uso de retardantes puede venir acompañado con alguna reducción en la resistencia en los primeros días.

Los aditivos retardantes se utilizan principalmente en los siguientes casos:

- Colocación del concreto en época de calor para contrarrestar el efecto acelerante de la alta temperatura.
- Cuando se debe transportar el concreto a largas distancias
- Cuando se requiere largos tiempos de colocación en estructuras especiales.
- Cuando se desea suprimir el efecto de las reanudaciones de trabajo.

1.1.2.3 Tipo C. Aditivo acelerantes

Aditivo que acelera el fraguado y el desarrollo de resistencia temprana del concreto. La mayoría de los acelerantes producen un aumento en la contracción que sufre el concreto con el fraguado.

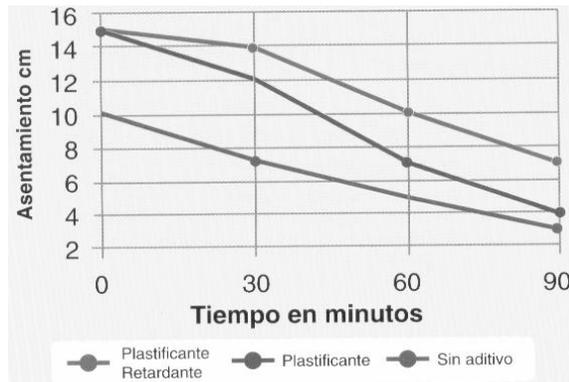
Las ventajas que se obtienen al utilizar aditivos acelerantes son:

- Desarrollo de resistencias más rápidamente
- Mejora las características del terminado
- Disminución de los agrietamientos
- Cumplimiento de su función estructural más temprano

1.1.2.4 Tipo D. Aditivos reductores de agua y retardantes

Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y retarda el fraguado del concreto. Se aprovechan los dos efectos permitiendo controlar la pérdida acelerada de manejabilidad. La siguiente figura muestra la pérdida de asentamiento de mezclas de concreto con plastificante-retardador y sin aditivo.

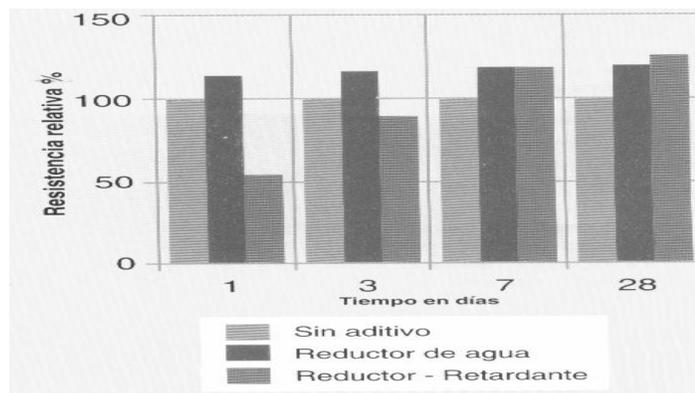
Figura 1. Pérdida del asentamiento de mezclas de concreto. [3]



El retardo del hormigón normalmente afecta un poco el desarrollo de la resistencia inicial (1-3 días), comparada con al concreto sin aditivo, sin embargo luego de tres días se supera su influencia y es típico de concretos con retardador que su resistencia a los 28 días sea superior a la del concreto sin aditivo para una misma relación agua/cemento [3]

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento de retardadores y plastificantes en el desarrollo de resistencia.

Figura 2. Desarrollo de resistencias de concreto con retardador. [3]



1.1.2.5 Tipo E. Aditivos reductores de agua y acelerantes

Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada y acelera el fraguado y desarrollo de la resistencia temprana del concreto.

1.1.2.6 Tipo F. Aditivos reductores de agua de alto rango

Reduce la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto de una consistencia dada en un 12% o más.

La aplicación práctica de los aditivos reductores de agua de alto rango se encuentra en la elaboración de concretos con altas resistencias, con un porcentaje de cemento balanceado, sin problemas de contracción y fisuramiento de las mezclas que contienen cemento en exceso. El gran incremento de resistencia del concreto cuando se usan estos aditivos es debido a la notable disminución de la porosidad de la pasta (reducción en el agua de la mezcla, disminución de la relación A/C) y otras características del concreto también se ven beneficiadas, éstas son la reducción de la permeabilidad y el incremento en la durabilidad del concreto [3].

Los aditivos deben cumplir con las especificaciones dadas por las siguientes normas:

- NTC 1299: Aditivos químicos para concreto (ASTM C-494)
- NTC 3502: Aditivos incorporadores de aire para concreto (ASTM C-260)
- NTC 4023: Aditivos usados en la producción de concreto fluido (ASTM C-1017)
- ASTM C13-84: Aditivos para mortero de mampostería.

1.1.3 Propiedades de los agregados

Los agregados son materiales inertes, naturales o artificiales, de forma granular, separados en fracciones finas y fracciones gruesas.

El origen de los agregados según su procedencia se puede clasificar de la siguiente manera:

Agregados naturales: Son aquellos procedentes de la explotación de fuentes naturales tales como, depósitos aluviales (arenas y gravas de río) o glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales.

Agregados artificiales: Los agregados artificiales se obtienen a partir de productos y procesos industriales tales como, arcillas expandidas, escorias de alto horno, Clinker, limaduras de hierro y otros.

El uso de materiales marinos no es muy recomendable, sin embargo debido a la escases de materiales de otro tipo de extracción, pueden ser utilizados siempre y cuando el contenido de sales de cloruro sea inferior al 0.10% del peso del cemento.

La selección de agregado pétreo debe ser de alta densidad y baja absorción, granulometría continua, partículas de forma cúbica o redondeada, y textura rugosa o de cara fracturada. Debe estar libre de partículas dañinas inferiores a 74 micras de diámetro (arcillas), limpio de material orgánico, y libre de partículas blandas y deleznales como mica, carbón o lignito. [5]

1.1.3.1 Agregado fino

El agregado fino debe estar compuesto de arena natural, arena triturada o una combinación de éstas, y debe cumplir con los parámetros presentados a continuación. [6]

1.1.3.1.1 Gradación

Existen varias razones para especificar límites en las granulometrías y el tamaño máximo del agregado. La granulometría y el tamaño máximo afectan las proporciones relativas de los agregados, así como la cantidad de agua y cemento necesarios en la mezcla y también la manejabilidad, la economía, la porosidad y la contracción del concreto. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad de una mezcla a otra.

En general, los agregados deben de tener partículas de todos los tamaños con el fin de que las partículas de menor diámetro llenen los espacios dejados por las partículas de uno mayor, de ésta forma se obtiene un mínimo de vacíos o sea una máxima densidad. Como la cantidad de pasta (agua más cemento) que se necesita para una mezcla es proporcional al volumen de vacíos de los agregados combinados, es conveniente mantener este volumen al mínimo.

El agregado fino debe estar clasificado dentro de los siguientes límites:

Tabla 3. Límites granulométricos- agregado fino

Tamiz		Porcentaje que pasa
mm	Pulg.	
9.5	3/8	100
4.75	No. 4	95 - 100
2.36	No. 8	80 - 100
1.18	No. 16	50 - 85
0.6	No. 30	25 - 60
0.3	No. 50	10 - 30
0.15	No. 100	2 - 10

No más del 45% debe ser retenido entre dos tamices consecutivos, y los módulos de finura no deben ser menores de 2.3 ni mayores de 3.1.

1.1.3.1.2 Sustancias dañinas

La cantidad de sustancias perjudiciales en el agregado fino no debe exceder los límites que se muestran en la tabla a continuación

Tabla 4. Límites de sustancias perjudiciales en el agregado fino

Material	Máximo porcentaje del peso total de la muestra
Terrones de arcilla y partículas deleznable	3.0
Material que pasa el tamiz No. 200:	
Concreto sujeto a abrasión	3.0
Demás concretos	5.0
Carbón o lignito:	
Concreto con acabado a la vista	0.5
Demás concretos	1.0

1.1.3.1.3 Sanidad

El agregado fino sometido a cinco ciclos del ensayo de sanidad, debe tener una pérdida de peso promedio no mayor del 10 % cuando se ensaya con sulfato de sodio, o del 15 % cuando se ensaya con sulfato de magnesio. [7]

1.1.3.2 Agregado grueso

El agregado grueso debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada, escoria de alto horno enfriada al aire, o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico o una combinación de ellos. A continuación los parámetros que debe cumplir según la NTC 174.

1.1.3.2.1 Gradación

Tabla 5. Gradación del agregado grueso.

Tamiz	Agregado No. 4		Agregado No. 3		Agregado No. 5	
	Pasa	%	Pasa	%	Pasa	%
2"	100					
1 1/2"	95 - 100		100			
1"			95 - 100		100	
3/4"	35 - 70				90 - 100	
1/2"			25 - 60			
3/8"	10 - 30				20 - 55	
No. 4	0 - 5		0 - 10		0 - 10	
No. 8			0 - 5		0 - 5	

Sin embargo, no siempre es posible que la distribución granulométrica del agregado disponible, cumpla con las especificaciones granulométricas dadas; por lo tanto es aconsejable combinar los agregados disponibles de tal manera que la granulometría resultante garantice un mínimo de vacíos, se sugiere tomar como referencia las curvas ideales corregidas propuestas por FULLER o WEYMOUTH, las cuales se presentan en las tablas 6 y 7

Tabla 6. Combinaciones granulométricas de Fuller

Malla	Fuller				
	Tamaño máximo (mm)				
Pulg.	76.1	50.8	38.1	25.4	19.1
3"	100				
2"	81	100			
1 1/2"	69.8	86.1	100		
1"	56.5	69.6	80.8	100	
3/4"	48.5	59.7	69.4	85.8	100
3/8"	33.4	41.1	47.8	59	68.8
No. 4	22.7	27.9	32.5	40.1	46.8
No. 8	15.2	18.6	21.6	26.7	31.2
No. 16	9.8	12	14	17.1	20.1
No. 30	6	7.3	8.6	10.5	12.4
No. 50	3.3	4.1	4.7	5.7	6.8
No. 100	104	1.7	2	2.4	2.8

Tabla 7. Combinaciones granulométricas de Weymouth

Malla	Weymouth				
	Tamaño máximo (mm)				
Pulg.	76.1	50.8	38.1	25.4	19.1
3"	100				
2"		100			
1 1/2"	80.5	91.2	100		
1"				100	
3/4"	61.7	70.9	78.1	89.8	100
3/8"	46	53.2	59	68.2	76.2
No. 4	34.3	39.5	43.9	51.1	57
No. 8	25	28.9	31.9	37	41.2
No. 16	17.3	20	22.2	25.8	28.6
No. 30	11.2	12.9	14.2	16.6	18.4
No. 50	6.2	7	7.9	9.3	10
No. 100	2.1	2.4	2.7	3.1	3.4

1.1.3.2.2 Sustancias dañinas

La cantidad de sustancias perjudiciales en el agregado grueso no debe exceder los límites que se muestran en la NTC 174, la clasificación se da de acuerdo a la localización de las regiones pluviométricas, donde (S) Alta - Región pluviométrica alta- Índice pluviométrico mayor de 4 000 mm-año, (M) Media - Región pluviométrica media- Índice pluviométrico entre 2 000 mm- año y 4 000 mm- año y (N) Baja - Región pluviométrica baja-Índice pluviométrica menor de 2 000 mm-año. En la tabla 8 se muestran porcentajes máximos permitidos según cada región.

Tabla 8. Sustancias dañinas en el agregado grueso [6]

Designación de clase	Tipo o localización de la construcción de concreto	Porcentaje máximo permitido						
		Terrones de arcilla partículas deleznales	Chert (c) (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Sumatoria de terrones de arcilla, partículas deleznales y cherts (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Material que pasa el tamiz de 75 µm (No. 200)	Carbón y lignitos	Abrasión (a)	Sanidad por sulfato de magnesio (5 ciclos) (b)
REGIONES PLUVIOMÉTRICAS ALTAS								
1S	Zapatatas, cimientos, columnas y vigas que no están expuestas a las condiciones atmosféricas, losas internas que van a ser cubiertas.	10,0	---	---	1,0 (d)	1,0	50	---
2S	Pisos interiores sin cubierta	5,0	---	---	1,0 (d)	0,5	50	---
3S	Muros de fundación a nivel, muros de contención, estribos, pilas, vigas compuestas y vigas expuestas a las condiciones atmosféricas.	5,0	5,0	7,0	1,0 (d)	0,5	50	18
4S	Pavimentos, puentes de tablero superior, vías de acceso, bordillos, andenes, patios, garajes o parqueaderos, corredores o estructuras ribereñas sujetas a humedecimiento frecuente.	3,0	5,0	5,0	1,0 (d)	0,5	50	18

Tabla 8. (Continuación) Sustancias dañinas en el agregado grueso [6]

Designación de clase	Tipo o localización de la construcción de concreto	Porcentaje máximo permitido						
		Terrones de arcilla partículas deleznales	Chert (c) (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Sumatoria de terrones de arcilla, partículas deleznales y Cherts (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Material que pasa el tamiz 75 µm (No.200)	Carbón y lignitos	Abrasión (a)	Sanidad por sulfato de magnesio (5 ciclos) (b)
5S	Concreto arquitectónico exterior	2,0	3,0	3,0	1,0 (d)	0,5	50	18
Regiones pluviométricas medias								
1M	Zapatas, cimientos, columnas y vigas que no están expuestas a las condiciones atmosféricas, losas internas que van a ser cubiertas.	10,0	---	---	1,0 (d)	1,0	50	---
2M	Pisos interiores sin cubierta.	5,0	---	---	1,0 (d)	0,5	50	---
3M	Muros de fundación a nivel, muros de contención, estribos, pilas, vigas compuestas y vigas expuestas a las condiciones atmosféricas.	5,0	8,0	10,0	1,0 (d)	0,5	50	18
4M	Pavimentos, puentes de tablero superior, vías de acceso, bordillos, andenes, patios, garajes o parqueaderos, corredores, o estructuras ribereñas sujetas a humedecimiento frecuente.	5,0	5,0	7,0	1,0 (d)	0,5	50	18

Tabla 8. (Continuación) Sustancias dañinas en el agregado grueso [6]

Designación de clase	Tipo o localización de la construcción de concreto	Porcentaje máximo permitido						
		Terrones de arcilla partículas deleznales	Chert (c) (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Sumatoria de terrones de arcilla, partículas deleznales y Cherts (peso específico s.s.s. menor de 2,40)	Material que pasa el tamiz de 75 µm (No.200)	Carbón y lignitos	Abrasión (a)	Sanidad por sulfato de magnesio (5 ciclos) (b)
5M	Concreto arquitectónico exterior.	3,0	3,0	5,0	1,0(d)	0,5	50	18
Regiones Pluviométricas bajas								
1N	Losas sujetas a la abrasión del tráfico, puentes de tablero superior, pisos, andenes, pavimentos.	5,0	--	--	1,0(d)	0,5	50	--
2N	Todas las demás clases de concreto.	10,0	--	--	1,0(d)	1,0	50	--

a) La escoria de alto horno triturada enfriada al aire no tiene requisitos de abrasión. El peso unitario compactado de la escoria no debe ser inferior a 1 120 kg/m³. La gradación de la escoria usada en el ensayo de peso unitario debe cumplir con la gradación que va a ser usada en el concreto. Las pérdidas por abrasión de la grava, grava triturada, o piedra triturada, se deben determinar con base en los tamaños más cercanos correspondientes a la gradación que se va a usar en el concreto. Cuando debe emplearse más de una gradación, el límite de abrasión debe aplicarse a cada una de ellas.

b) Los límites permisibles de sanidad deben ser del 12 %, si se usa sulfato de sodio.

c) Estas limitaciones se aplican solamente a agregados en los cuales se consideran los cherts como impurezas. No son aplicables a gravas que sean predominantemente cherts. Las limitaciones de sanidad de dichos agregados deben estar basadas en registros de servicio en el medio ambiente en el cual se van a usar.

(d) Este porcentaje se puede incrementar, bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

1) Si el material que pasa el tamiz de 75 μ m (No.200) no contiene arcilla o pizarra; el porcentaje puede incrementarse a 1,5

2) Si se sabe que la fuente del agregado fino contiene menos de la cantidad máxima que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200), el porcentaje límite permisible (L) en el agregado grueso puede incrementarse a $L=1+[(P)/(100-P)] (T-A)$, donde P = porcentaje de arena en el concreto como un porcentaje del agregado total, T = el límite para la cantidad permisible en el agregado fino, y A = la cantidad real en el agregado fino. (Esto permite un cálculo en peso destinado a limitar el máximo material que pasa el tamiz de 75 μ m (No. 200) en el concreto, al que se obtendría si ambos, el agregado fino y grueso, se suministraran al máximo porcentaje tabulado para cada uno de estos ingredientes.)

1.1.3.2.3 Reactividad

Se han propuesto varios métodos para la detección de la reactividad potencial. Sin embargo, no proporcionan información cuantitativa sobre el grado de reactividad que se puede esperar o tolerar en servicio. Por lo tanto, se recomienda que la evaluación de la reactividad potencial de un agregado se base en el criterio e

interpretación de los datos sobre los ensayos, y en el examen de las estructuras de concreto que contienen una combinación de agregados finos y gruesos y de cementos para uso en una nueva obra.

Como información adicional y de utilidad para el territorio nacional se muestran las zonas con minerales potencialmente reactivos, clasificados según los diferentes terrenos geológicos.

Figura 3. Zonas con minerales potencialmente reactivos. [6]

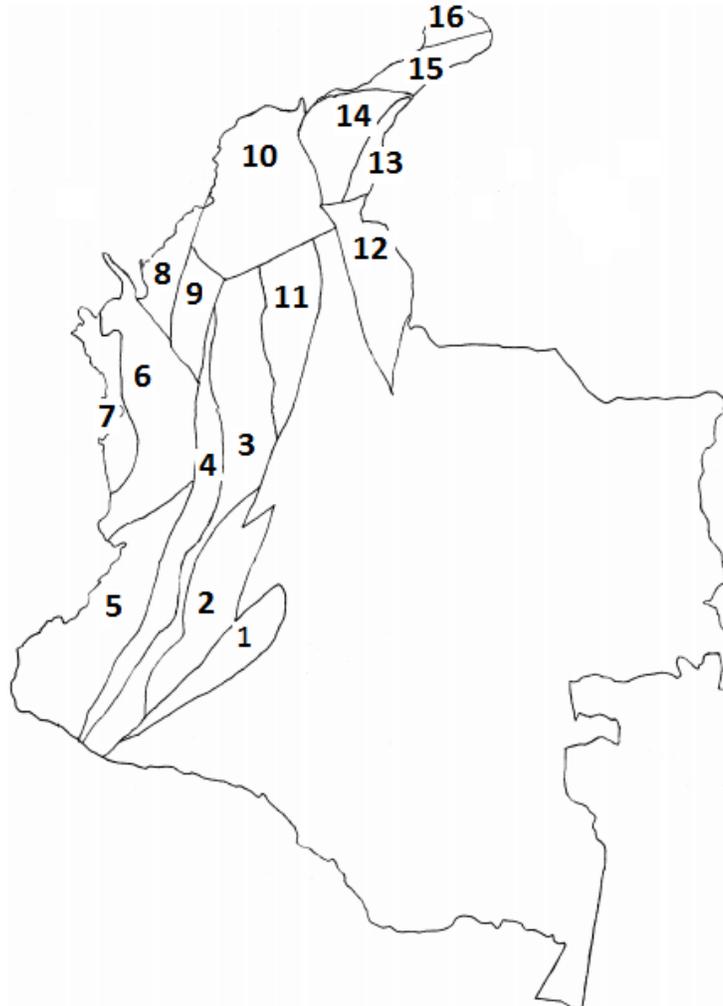


Tabla 9. Ubicación zonas con minerales potencialmente reactivos

No.	Terreno	Rocas fuente de agregados
1	Garzón	Intrusivos granitoides, charmoquitas, migmatitas, granulitas, neises félsicos.
2	Payandé	Intrusivos granitoides, riolitas, traquitas, andesitas, migmatitas, granulitas, neises félsicos, calizas, areniscas.
3	Cajamarca	Intrusivos granitoides, neises, cuarcitas, mármoles.
4	Cauca Romeral	Plutones calcoalcalinos, andesitas, basaltos toleíticos, neises, esquistos, liditas o cherts.
5	Dagua	Plutones calcoalcalinos, basaltos toleíticos, calizas, liditas o cherts.
6	Cañas Gordas	Plutones calcoalcalinos, basaltos toleíticos, calizas, liditas o cherts.
7	Baudó	Basaltos pobres en k, liditas, calizas.
8	Sinú	Liditas y calizas
9	Buriticá	Plutones calcoalcalinos, andesita, basaltos, tobas, liditas
10	San Jacinto	Calizas, liditas, areniscasm calcáreas.
11	San Lucas	Granitoides, lavas riolíticas y riocácitas, tobas, neises cuarzo fedespláticos.
12	Santander	Granitoides, rioliras, andesitas, neises félsicos, mármoles, calizas.
13	Perijá	Granitoides, riolitas, tobas riolíticas, calizas.
14	Sierra Nevada	Granitoides, riolitas, andesitas, neises félsicos, calizas.
15	Baja Guajira	Riolitas, espilitas de bajo Al, esquistos félsicos, mármoles, calizas.
16	Cosinas	Granitoides, flujos riocácíticos, neises félsicos, mármoles, calizas.

1.1.3.3 Métodos de muestreo y ensayo

Los ensayos exigidos se deben hacer sobre especímenes que cumplan con los requisitos de los métodos de ensayo designados. Se permite el uso del mismo espécimen de ensayo para el análisis granulométrico y para la determinación del material que pasa el tamiz No. 200. Para la preparación de muestras para los ensayos de sanidad y abrasión, se permite el uso de tamaños separados del análisis de granulometría. Para la determinación de todos los otros ensayos y para la evaluación de la reactividad potencial del álcali en donde se requiere, se usan especímenes de ensayo independientes.

En la tabla 10, se presentan de manera resumida los ensayos que se deben realizar a los materiales para su selección

Tabla 10. Tabla de ensayos para los agregados

Ensayo	Norma
Muestreo	NTC 129
Gradación y módulo de finura	NTC 077
Cantidad que pasa el tamiz No. 200	NTC 078
Impurezas orgánicas	NTC 127
Efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia	NTC 579
Sanidad	NTC 126
Terrones de arcilla y partículas deleznable	NTC 589
Carbón y lignito	NTC 130
Masa unitaria de la escoria	NTC 092
Abrasión del agregado grueso	NTC 098
Agregados reactivos	Anexo A NTC 174
Hielo y deshielo	ASTM C 666
Chert	NTC 130

1.1.3.4 Almacenamiento

Su Almacenamiento debe hacerse en áreas con suficiente espacio para permitir la circulación y operación de los equipos utilizados para su transporte y manejo. Además se debe tener en cuenta en el diseño del patio de almacenamiento, que la circulación de vehículos no contamine los agregados, que los mismos no estén en contacto directo con el suelo y posean un sistema de filtros que eviten la humedad diferencial entre las pilas de materiales. Se debe evitar la mezcla de materiales con diferente granulometría, para esto deben estar separados por elementos divisorios resistentes y de buena altura que no permitan que la acción del viento sobre los agregados genere segregación, pérdida de finos y contaminación con polvo.

Las divisiones deben ser espacios definidos y de volumen conforme para que cada material se descargue, ordene, almacene y utilice, para que el material que ingreso primero al acopio, sea el primero que se gaste, evitando así el almacenamiento prolongado del material. El tránsito de vehículos sobre el material

en patio puede ocasionar fracturas, además de su contaminación, viéndose afectada su granulometría y resistencia.

Figura 4. Acopio de materiales. *Imagen tomada de: <http://www.rcmplantas.com/rcm-agregados.html>*



1.1.4 Calidad del agua

El agua debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y demás sustancias que sean dañinas para el concreto o el acero de refuerzo. [8]

En caso de tener que usar en la dosificación del concreto, agua no potable o de calidad no comprobada, debe hacerse con ella cubos de mortero, que alcancen resistencia a los 7 y 28 días de 90% de la resistencia de los morteros que se preparen con agua potable, el ensayo se debe hacer mediante el método descrito en la NTC 220.

Las aguas que contengan menos de 0.05 kg/l de sólidos totales disueltos generalmente son aptas para hacer concretos, si superan esta cantidad deben realizarse ensayos para determinar sus efectos sobre la resistencia del concreto.

Si se registra presencia de carbonatos y bicarbonatos de sodio o de potasio en el agua de la mezcla, la reacción con el cemento puede acelerar el fraguado del hormigón y disminuir la resistencia del concreto. Adicional a esto su existencia es un riesgo para que se dé reacción álcali – agregado, es por esto que el total de su combinado no debe exceder los 1000 mg/l. En la ASTM D 516 se indica la metodología para determinar la concentración de álcalis en el agua.

El contenido de cloruros no debe exceder los 500mg/l para concreto pre-esforzado, y 1000mg/l para obras de concreto reforzado, esto con el fin de evitar la corrosión del acero de refuerzo o pre-esfuerzo, que degeneraría en una pérdida de resistencia general en la estructura, además de ser una ventana para la ocurrencia de diferentes patologías. Para determinar la concentración de cloruros en el agua, se utiliza el indicado en la norma ASTM D 512.

Para la aceptación del agua para la mezcla, es recomendable que los niveles de sulfatos estén por debajo de 1000 mg/l.

1.1.4.1 Almacenamiento

Aunque esta materia prima puede ser tomada directamente del acueducto local, no siempre se contará con la ventaja de tenerla disponible en todo lugar, es por esto que el agua para mezclado, curado o lavado, es recomendable tener disponer de un tanque de almacenamiento adecuado para las necesidades específicas en obra, que permita su almacenamiento libre de contaminación.

Por otro lado es una práctica que trae beneficios, implementar un sistema de recirculación y reciclaje del agua, con el fin de disminuir los volúmenes de agua fresca utilizada en labores de mezclado, curado y lavado. Merece la pena resaltar que el agua sometida a estos procesos y que será utilizada para el concreto, debe ser tratada para que permanezca libre de sedimentos, grasas y demás sustancias que disminuyan la calidad del hormigón, este tipo de agua reciclada debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTC 3459.

1.2 FUNDAMENTOS DEL CONCRETO

El concreto u hormigón es una mezcla capaz de adoptar cualquier forma geométrica que la contenga antes de endurecer, posterior a este endurecimiento desarrolla la capacidad de soportar esfuerzos a compresión, que varían según las proporciones de los elementos de la mezcla.

Los elementos involucrados son, un material aglutinante (cemento o adiciones), agregados minerales como material de relleno (triturado de roca y arena), aire ya

sea naturalmente atrapado o intencionalmente incluido, agua y en algunos casos aditivos según las especificaciones particulares del concreto. [9]

Existen varias categorías por las cuales se puede clasificar un concreto, sin embargo una sola mezcla de concreto puede tener numerosas características que no permitan encasillarla en una sola categoría.

A continuación se presentan las clasificaciones donde se puede encontrar una mezcla.

Según su consistencia: Se refiere a la fluidez de la mezcla, cuando esta se encuentra en estado fresco. Para determinar la fluidez se utiliza el ensayo de asentamiento descrito en la norma NTC 396. La consistencia del hormigón en estado fresco deberá depender de la estructura que se vaya a realizar, el espaciamiento entre acero de refuerzo, la colocación y la compactación.

Según el tiempo de fraguado: El cambio del estado plástico a estado endurecido de los concretos se da por la liberación de calor del cementante y su continua hidratación, formando enlaces entre sí.

Para determinar la velocidad del fraguado se debe tener en cuenta factores como el tipo de material cementante, las condiciones ambientales del sitio donde se llevan a cabo los trabajos y la velocidad de colocación de la mezcla, una manera de regular los tiempos de fraguado es mediante el uso de aditivos que pueden ser de tipo retardantes o reductores de agua, el uso de estos aditivos debe haber sido contemplado en la etapa de diseño de la mezcla.

La medición del fraguado no se realiza tomando el tiempo desde la producción de la mezcla, se determina mediante el método de penetración descrito en la norma NTC 890.

Según la resistencia a la compresión: Es la característica principal de las mezclas de concreto, el diseño de mezcla para alcanzar la resistencia deseada dependerá del diseño estructural escogido para la realización de una obra.

Según durabilidad: Las condiciones de exposición de las estructuras varían, es por esto que los materiales utilizados y los diseños de mezclas deben ajustarse según las condiciones particulares de cada sitio, la normativa colombiana para temas de

durabilidad está estipulada en el título C de la NSR-10 y la NTC 5551. [10], [11], [12]

Para una buena técnica de la colocación del concreto hay que tener en cuenta las circunstancias que afectan la calidad del concreto como el transporte, la temperatura, el tiempo, y la adecuada ejecución del proceso de colocación.

Previo a la colocación se debe verificar que las características del concreto cumplan con las especificaciones técnicas y las tolerancias permitidas según la norma NTC 3318, deben comprobarse las siguientes propiedades y características de la mezcla:

- El tipo de mezcla sea el especificado en el diseño
- Toma de muestras de concreto, según Norma NTC 454 (ASTM C-172).
- Determinación de la temperatura del concreto fresco, según norma NTC 3357, para verificar condiciones extremas en la colocación.
- Determinar la consistencia con el ensayo del asentamiento del concreto que se ejecuta según norma NTC 396, para aceptar el concreto de acuerdo al asentamiento deben considerarse las tolerancias descritas en la NTC 3318.
- Inspección visual del tamaño máximo nominal del agregado.
- Determinación del contenido de aire según normas NTC 1028 (ASTM C-173).

1.3 EVALUACIÓN Y ACEPTACIÓN DEL CONCRETO

Según la norma NSR-10, las muestras para las pruebas de resistencia correspondientes para cada clase de concreto colocado cada día deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 40 m³ de concreto, ni menos de una vez por cada 200 m² de superficie de losas o muros. De igual manera, como mínimo, debe tomarse una muestra por cada 50 tandas de mezclado de cada clase de concreto.

Cuando en un proyecto dado el volumen total de concreto sea tal que la frecuencia de ensayos requerida proporcione menos de cinco ensayos de resistencia para cada clase dada de concreto, los ensayos deben hacerse por lo menos en cinco tandas de mezclado seleccionadas al azar, o en cada tanda cuando se empleen menos de cinco.

Cuando la cantidad total de una clase dada de concreto sea menor que 10 m³, no se requieren ensayos de resistencia cuando la evidencia de que la resistencia es satisfactoria sea aprobada por el Supervisor Técnico.

Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 150 por 300 mm o de al menos tres probetas de 100 por 200 mm, preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_c

El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con los dos requisitos siguientes:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia es igual o superior a f'_c .
- Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que f'_c por más de 3.5 MPa cuando f'_c es 35 MPa o menor; o por más de 0.1 f'_c cuando f'_c es mayor a 35 MPa.

Si no se cumple cualquiera de los dos requisitos, deben tomarse las medidas necesarias para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no se esté comprometiendo.

Los procedimientos para proteger y curar el concreto deben mejorarse cuando la resistencia de cilindros curados en la obra, a la edad de ensayo establecida para determinar f'_c , sea inferior al 85 por ciento de la resistencia de cilindros compañeros curados en laboratorio. La limitación del 85 por ciento no se aplica cuando la resistencia de aquellos que fueron curados en la obra exceda a f'_c en más de 3.5 MPa.

Si se confirma la posibilidad que el concreto sea de baja resistencia y los cálculos indican que la capacidad de soportar las cargas se redujo significativamente, deben permitirse ensayos de núcleos extraídos de la zona en cuestión de acuerdo con NTC 3658 (ASTM C42M).

Por un concreto de calidad adecuada se entiende aquel que cumple las siguientes condiciones:

Debe buscarse tiempos de transporte cortos, colocación por medio de sistemas ágiles, vibración apropiada. Debe recordarse que el grado de compactación tiene un papel importante en el peso unitario y en la calidad del concreto colocado y que un alto grado de compactación genera una baja relación de vacíos y, por tanto, una baja permeabilidad con alto grado de uniformidad y resistencia, siendo todo ello especialmente importante en la capa de recubrimiento.

El curado a través de su influencia en la porosidad, la permeabilidad y la hermeticidad del concreto, tiene un papel muy importante en la durabilidad. El concreto debe madurar bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura para desarrollar todas sus características y propiedades. Un curado adecuado asegura que el concreto será resistente, tenga baja permeabilidad, se encuentre libre de fisuras y, por lo tanto, sea durable.

Durante la etapa inicial del proceso de puesta en obra debe tenerse cuidado de los siguientes aspectos:

Asegurarse que los procesos de fraguado y endurecimiento sean los más adecuados para las condiciones ambientales de obra, la tecnología disponible, y el tiempo transcurrido. Es decir, que el vaciado del concreto deberá efectuarse de tal manera que se alcancen unos niveles de resistencia determinados en tiempos igualmente determinados, de manera que se evite la formación de futuras fisuras.

Las gradientes térmicas que normalmente se presentan en la sección transversal de un elemento durante su fraguado y/o endurecimiento pueden dar lugar a movimientos diferenciales debidos a la expansión térmica del concreto, y, en circunstancias desfavorables, ello puede ocasionar tracciones que causen fisuras en el concreto. Por esto, el método que se elija debe asegurar que las variaciones térmicas estén controladas hasta tal punto que la calidad del concreto no se vea afectada por la presencia de fisuras.

2. COLOCACIÓN DEL CONCRETO EN CLIMA TEMPLADO

2.1 CONTROLES GENERALES

2.1.1 Métodos de mezclado

Si el mezclado se realiza manual, se requerirá un concreto de consistencia más fluida que si el mezclado es mecánico, es importante resaltar que no es recomendado realizar el mezclado de forma manual, debido a que la homogeneidad de la mezcla responderá al criterio visual de quienes intervienen en su preparación. El objeto del mezclado consiste en cubrir la superficie de todas las partículas del agregado con pasta de cemento y con de todos los elementos del concreto formar una masa homogénea.

2.1.1.1 Mezclado mecánico

El tamaño nominal de una mezcladora se basa en el volumen del concreto que puede preparar en una sola operación (bachada). Existen variedad de tamaños, que van desde 0,04 m³ para uso en laboratorios hasta 13 m³.

El orden de colocación de los ingredientes en la mezcladora depende de las propiedades de la mezcla y de la mezcladora. Generalmente una cantidad de agua, (aproximadamente el 20%) debe colocarse al inicio del proceso, seguido por los materiales sólidos (de mayor a menor según el tamaño de las partículas), que de ser posible han de colocarse uniforme y simultáneamente dentro de la mezcladora. Si se puede, la mayor parte del agua restante debe añadirse al mismo tiempo, dejando el resto para después de mezclar los materiales sólidos.

Los aditivos deben introducirse en la mezcladora en el mismo punto de la secuencia del mezclado, para cada bachada. Los aditivos líquidos deben mezclarse con el agua y las adiciones en polvo deben ser vertidas con los otros ingredientes. En el momento en el que se utilice más de un aditivo, cada uno debe ser dosificado por separado y no mezclarse antes de entrar en la mezcladora.

Figura 5. Mezclado mecánico *Imagen tomada de http://www.ecured.cu/index.php/Mezcladora_de_Cemento*



2.1.2 Tiempos de mezclado

Este tiempo varía con el tipo de mezcladora que se usa, sin embargo, no es el tiempo de mezclado sino el número de revoluciones de la mezcladora el que marca el criterio a seguir para un mezclado adecuado, entre 20-30 rpm. La velocidad de rotación es suministrada por el fabricante de la mezcladora, sin embargo si no se cuenta con esta información se debe recurrir a lo estipulado en la NSR-10 fijado según la NTC 3318, donde establece que el mezclado debe continuar por 90 segundos para mezcladoras con capacidad de 1 m³ o menor, y aumentar 20 segundos por cada metro cúbico o fracción adicional. [3]

2.1.3 Rendimiento de la mezcladora

La eficiencia de una mezcladora puede ser medida por la variación que presenta el concreto al comparar muestras tomadas de diferentes puntos de la mezcla, o entre muestras distintas tomadas en un mismo punto de descarga. Según la NTC 3318 las muestras deben ser tomadas después de que se han descargado aproximadamente un 15% y un 85% de la descarga total de la olla de mezclado, y las diferencias en las propiedades de las muestras no deben exceder los límites indicados en la tabla 11.

Tabla 11. Variaciones permitidas entre muestras de concreto

Ensayo	Variaciones permitidas
Peso unitario del concreto	16 Kg/m ³
Contenido de aire del concreto	1.0%
Para asentamiento menor a 10 cm	2.5 cm
Para asentamiento entre 10 y 15 cm	3.8 cm
Contenido de agregado grueso retenido en el tamiz de 4.76 mm	6.0%
Peso unitario del mortero sin aire	1.6%
Promedio de resistencia a compresión a 7 días de edad por muestra (mínimo 3 cilindros)	7.5%

2.1.4 Sistema de transporte

Para el caso de concreto premezclado, este debe transportarse desde la planta hasta el sitio de descarga y colocación final tan pronto como sea posible, de manera que la mezcla se encuentre colocada antes de que pierda trabajabilidad y presente condiciones de fraguado inicial.

Antes de aprobar la descarga de un camión mezclador (mixer), se debe verificar la consistencia de la mezcla por medio del ensayo de asentamiento, de acuerdo a la NTC 396, el valor encontrado debe estar entre los límites permitidos por la NTC 3318 (ver tabla 12). En lo posible la descarga se debe completar antes de 1 hora y 30 minutos o antes de que el tambor de la mixer haya girado 300 revoluciones, esto con el fin de evitar el retemplado de la mezcla luego de comenzar el proceso de fraguado inicial, sin embargo debido a las condiciones específicas de la mezcla o condiciones climáticas, estas limitaciones pueden ser replanteadas.

Tabla 12. Tolerancias de asentamientos según la NTC3318

Asentamiento	Tolerancia
50 mm o menos	± 15 mm
50 mm a 100 mm	± 25 mm
Mayor que 100 mm	± 40 mm

Dependiendo del sistema de transporte a utilizar en la obra se puede emplear una mezcla más o menos plástica, así por ejemplo, la consistencia de una mezcla que se vaya a bombear deberá ser mayor que si se va a transportar en carretillas. Sin embargo, el método para manejar y transportar el concreto y el equipo usado no debe constituir una restricción para la consistencia del hormigón. [3], [5]

2.2 COLOCACIÓN EN OBRA

2.2.1 Carretillas, coches o equipo motorizado

Estos equipos se deben encontrar limpios y secos al comenzar la labor. Al transportar la mezcla, las partículas más grandes tienden a irse hasta la parte inferior, separándose de la arena, el cemento y el agua, lo que se conoce como segregación. Para impedir que esto ocurra, se debe evitar los golpes y las vibraciones del recipiente. Cuando el transporte se realiza a una distancia considerable se debe evitar contaminación con polvo, arena o desperdicios, contacto con el agua para el caso de lluvia, o la evaporación del agua, para evitar esto se debe cubrir con un plástico o con un material similar.

Los coches movilizados por la fuerza del personal no deben recorrer distancias mayores a 60 metros, debido a que es un medio de trabajo intenso y reducirá la eficiencia con la que se realiza el trabajo. Por otro lado las carretillas impulsadas con motor pueden recorrer distancias de 120 metros, sin que signifique una afectación física para su conductor, lo que incrementa la eficiencia con la que se realiza la labor.

Figura 6. Carretilla. *Imagen tomada de: <http://www.catunic.com/construccion/venta/utiles-varios-para-encofrado-y-construccion.html>*



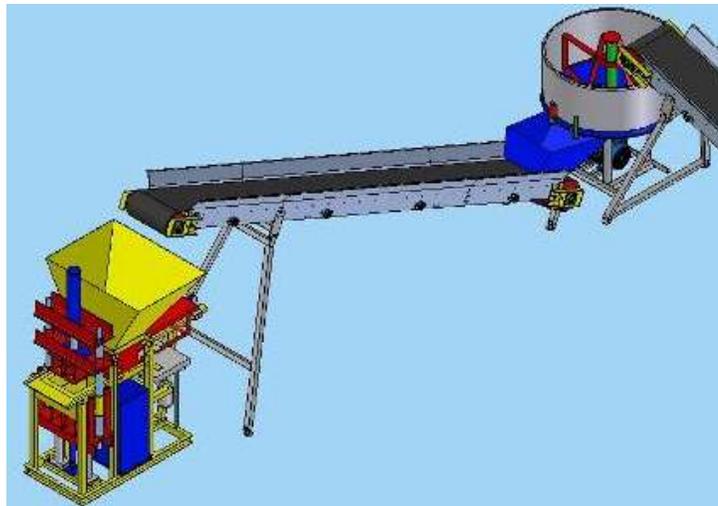
Figura 7. Carretilla impulsada con motor. *Imagen tomada de:*
http://www.baystateequipment.com/cms/publish/concrete_buggies/Scoot-Crete_MB_16_21.shtml



2.2.2 Bandas transportadoras

Este sistema de transporte en obra permite trasladar horizontalmente el concreto a un nivel mayor o menor, su velocidad y alcance son ajustables, consta de una tolva de recepción en el sitio de inicio y una tornamesa repartidora de concreto en el sitio de descarga.

Figura 8. Banda transportadora. *Imagen tomada de:*
http://gracomaq.net/index_archivos/bandastransportadoras.htm



Se pueden clasificar de la siguiente manera:

Transportadores portátiles, para colocar concreto a corto alcance y poca altura. Están montados sobre ruedas o sobre camiones mezcladores para ser arrastrados.

Transportadores de alimentación, se utilizan para colocar concreto a largo alcance, se colocan y operan en serie.

Transportadores de distribución, pueden ser esparcidores radiales o de descarga lineal.

Las bandas transportadoras se pueden usar para trasladar concreto si se toman las precauciones para evitar segregación, pérdida perjudicial en el asentamiento y pérdida del concreto en la banda de retorno. La segregación ocurre principalmente en los puntos de transferencia y en los extremos de las bandas y puede evitarse usando las tolvas adecuadas y canaletas de caída. La pérdida de asentamiento la causa generalmente la evaporación o la elevación de temperatura y puede disminuirse al mínimo protegiendo el transportador del sol y del viento. La mezcla que se pega a la banda debe rasparse en el punto de descarga. [3], [5]

2.3 TIPOS DE COLOCACIÓN SELECCIONADOS

2.3.1 Colocación por gravedad

El hormigón debe depositarse, en lo posible, cerca o en su posición final con el fin de evitar la segregación. Durante la colocación la velocidad de vaciado debe permitir al concreto conservarse en estado plástico y fluir fácilmente entre los espacios de las varillas, el concreto parcialmente endurecido o contaminado con materiales extraños, no debe colocarse en las formaletas.

Este es uno de los métodos más utilizados para fundir elementos en diferentes estructuras, es utilizado en losas, muros, columnas, fundaciones poco profundas, donde la mezcla es conducida a su sitio por medio de tuberías, canales o simplemente caída libre.

Figura 9. Colocación de concreto por gravedad. *Imagen tomada de: <http://williammelo-teg-obrasciviles.blogspot.com/>*



En la construcción de losas, la colocación deberá empezarse desde el perímetro, en un extremo, vaciando cada tanda contra el concreto colocado anteriormente. El concreto no debe vaciarse formando montones separados, nivelándolos y juntándolos después, tampoco se debe vaciar formando grandes montones, llevándolo luego a su posición final.

En los muros, las primeras tandas deberán colocarse en los extremos de la sección y luego ir llenando hacia el centro, en vigas y trabes también es recomendado este procedimiento. En todos los casos, deberá evitarse que el agua se junte en los extremos, esquinas de los encofrados y a lo largo de las caras. El hormigón debe colocarse en capas horizontales de espesor uniforme, debiéndose compactar completamente cada capa antes de depositar la siguiente. Las capas deben tener un espesor de 15 a 35 cm en elementos reforzados y de 35 a 50 cm en concretos masivos, dependiendo el espesor, del ancho entre formaletas y de la cantidad de refuerzo.

El concreto no deberá moverse horizontalmente en distancias largas dentro de la formaleta o en las losas igualmente para evitar segregaciones del material. El concreto se debe vaciar desde poca altura para evitar que al caer las partículas más grandes queden en el fondo y las de menor diámetro en la superficie es recomendable una altura no mayor a 1.50 metros.

Para transportar concreto a niveles inferiores aprovechando la acción de la gravedad, se encuentran canales y tubería, elementos de muy bajo costo y fáciles de maniobrar.

Figura 10. Atraque de tubería. *Imagen cortesía Hatovial, doble calzada Barbosa- Pradera.*



Es recomendable que los canales sean metálicos o estén recubiertos para facilitar el desplazamiento del concreto, no deben tener una pendiente mayor de 1:2, para evitar segregación, ni menor de 1:3, ya que el concreto no se desplazaría eficientemente. Su sección transversal debe conservar la forma de semicírculo, o utilizar tubería para que la mezcla no se deposite en su recorrido.

Figura 11. Vaciado de Box Culvert por gravedad. *Imagen cortesía Hatovial, doble calzada Barbosa- Pradera.*



2.3.2 Concreto bombeado

El concreto bombeado puede definirse como un concreto conducido por presión a través de un tubo rígido o de una manguera flexible y vaciado directamente en el área de trabajo.

El concreto normal, mezclado, se vierte en una tolva y con ayuda de una bomba con válvulas de aspiración y compresión, se impulsa y transporta el concreto por una tubería. La granulometría del agregado debe ser controlada debido a que el concreto confeccionado debe ser dócil (manejable) y pueda retener el agua con el fin de evitar la segregación. El concreto bombeado evita el empleo de carretillas, vagonetas, grúas, elevadores o cucharones, entre otros. [3].

Puede emplearse en casi todas las construcciones de concreto, pero es especialmente útil, donde el espacio o el acceso para los equipos de construcción son limitados.

Dentro de las características especiales de las mezclas de bombeo, comúnmente se recomienda que haya una película lubricante de la tubería, además de una cantidad de lechada suficiente para cubrir cada grano de agregado. Esta masilla lubricante, debe estar compuesta por los materiales cementantes, por las partículas de arenas de menos de 0,2 mm de diámetro, por el agua y por los aditivos presentes. La práctica ha demostrado que para garantizar un bombeo sin interrupciones, la proporción de finos debe estar comprendida entre 350 y 400 kg/m³ de concreto. [5]

Preferiblemente un promedio de asentamiento entre 5 y 15 cm y es recomendable el uso de aditivos reductores de agua, superfluidificantes, adiciones cementantes que incrementan el contenido de finos y polímeros solubles en agua que mejoran o aumentan la consistencia, la viscosidad y la cohesión del concreto, con el fin de facilitar la trabajabilidad y la bombeabilidad.

Una inclusión de aire del 3% al 5% retrasa la exudación e incrementa la trabajabilidad y por lo tanto la bombeabilidad; si las cantidades de aire incluido son superiores al 6 ó 7%, el concreto se vuelve demasiado compresible imposibilitando el bombeo.

2.3.2.1 Equipos de bombeo

- **Autobomba de concreto.**

Figura 12. Autobomba de concreto. *Imagen tomada de:*
<https://gecolsa.com/catalogo/detalle/autobomba-de-concreto/>



Bomba montada sobre camión que tiene adosado un brazo escualizable de secciones rígidas que puede estirarse en toda su longitud, una vez que el camión ha sido parqueado y bloqueado mediante arañas estabilizadoras, al final se le conecta una manguera flexible para facilitar la descarga. En Colombia los brazos disponibles suelen ser de 32 m a 36 m de longitud.

- **Bomba estacionaria**

Figura 13. Bomba estacionaria. *Imagen tomada de:*
<http://www.agreconsa.com/index.php/productos/bombadoras-de-concreto/bombas-estacionarias/series-tk/alta-presion/allentown-tk-15hp.html>



Bomba montada sobre un chasis, con uno o dos ejes sobre llantas, se debe remolcar con un vehículo y luego de estacionada y bloqueada en la obra, se le adicionan tramos de tubería rígida que son unidos mediante abrazaderas, hasta llegar al punto de descarga del concreto, al final se le conecta una manguera flexible para facilitar la descarga.

Es aconsejable seguir las siguientes recomendaciones durante el vaciado del concreto bombeado:

- Verificar que el equipo de bombeo suministre la presión suficiente para transportar el concreto hasta el sitio deseado.
- Revisar el volumen requerido de bombeo, estos fluctúan entre 8 y 160 m³/hora
- Cuando se utilizan autobombas o bombas estacionarias, estas deben estacionarse y bloquearse sobre una superficie plana y de buena capacidad portante, pues las cargas transmitidas al suelo son puntuales y relativamente altas.
- El uso de autobombas debe tenerse especial cuidado con la presencia de cables aéreos que dificulten la operación del brazo escualizable y/o generen choques eléctricos.
- Cuando se utilice bombas estacionarias, no es conveniente amarrar la tubería a la estructura de las formaletas, pues las cargas dinámicas en el momento de la operación pueden transmitir esfuerzos no deseables a las mismas.
- Se recomienda que la tubería tenga un diámetro mínimo de 3 veces el tamaño máximo del agregado.
- La tubería no debe ser de aluminio porque el aluminio reacciona con el cemento generando hidrógeno, este gas introduce vacíos en el concreto endurecido con la consiguiente pérdida de resistencia.
- La tubería no debe formar ángulos muy agudos porque se puede atascar y se debe tener en cuenta la eficiencia de la bomba porque a medida que aumenta la altura disminuye la eficiencia de la bomba, reduciéndose la altura hasta la cual puede bombearse.
- Antes de iniciar el bombeo, se deben humedecer con agua la tolva y la tubería. Posteriormente se debe cebar la bomba con un mortero fluido para lubricar el sistema, de manera que se facilite el ingreso y desplazamiento del concreto.
- Las propiedades de los agregados finos o de la arena son más importantes al determinar las proporciones de las mezclas para bombear que los de los agregados gruesos. Si la arena es demasiado gruesa, hará que la composición

de una mezcla que normalmente se puede bombear sea difícil de bombear, mientras que la arena fina hará que las mezclas gruesas sean bombeables.

- Iniciada la operación de bombeo, el suministro de mezcla debe ser permanente y la acción continúa para evitar obstrucciones de la tubería.
- Una vez terminado el vaciado, el equipo y la tubería deben ser vaciados, limpiados y lavados.

2.3.2.2 Vibrado del concreto

Es un método para la compactación del hormigón, por medio de la cual las partículas se separan momentáneamente, permitiendo acomodarlas en una parte compacta. El uso de la vibración como método de compactación hace posible usar mezclas más secas que las que pueden ser compactadas a mano (reducción de volumen hasta de un 40%).

Las mezclas extremadamente duras y secas pueden ser vibradas satisfactoriamente, a fin de hacer concreto de una resistencia deseada con un menor contenido de cemento significando esto un ahorro en costos.

Cuando se usa vibración es posible que no se aplique uniformemente a la masa completa de concreto, de modo que algunas de sus partes no queden compactadas del todo, mientras que otras se segregan debido a la sobre - vibración.

2.3.2.2.1 Vibración interna

La vibración interna consiste en aplicar directamente al hormigón la acción de la vibración, colocando un aparato en el interior de la masa que se desea vibrar, la cantidad de concreto vibrado en un tiempo determinado depende de la rapidez de desplazamiento, de la eficiencia del vibrador y de la consistencia de la mezcla

La frecuencia del vibrador puede variar entre 6000 y 30000 vibraciones por minuto, siendo las más eficaces las frecuencias comprendidas entre 10000 y 18000 vibraciones por minuto. Estos vibradores se basan casi exclusivamente sobre el principio de una masa excéntrica sometida a rotación. Aparte de la electricidad suministrada por las centrales eléctricas o grupos electrógenos y el aire comprimido como fuentes de alimentación, pueden emplearse también motores de gasolina o diesel.

La transmisión de energía de la fuente al vibrador se efectúa por medio de los siguientes métodos:

Un eje flexible, en una o varias piezas, cuya longitud máxima es de 10 m, siendo la velocidad propia del eje de 3000 revoluciones por minuto.

Un cable eléctrico conectado directamente con el motor incorporado en el cilindro vibrador.

Un tubo que lleva el aire comprimido al turbo - motor, situado en el interior del vibrador y de una longitud aproximada de 6 m.

Cuando hay que vibrar elementos de paredes delgadas, o la separación de barras de acero es poca, conviene emplear vibradores cuya aguja no roce constantemente con la superficie del encofrado, ni con el refuerzo para evitar segregación del concreto. El rendimiento de un vibrador de 45 mm es de aproximadamente 2 m³ de hormigón vibrado por hora, cifra que puede variar según la consistencia de la masa, refuerzo existente y especificaciones del fabricante.

- Forma de uso

Normalmente en cada posición, la duración del vibrado oscila entre 10 y 30 segundos dependiendo de la frecuencia del vibrador y de la consistencia de la mezcla, cuanto más acelerada sea la vibración menor será su duración, una vibración excesiva termina por segregar el concreto.

Para obtener un buen rendimiento es preciso que la introducción del vibrador se haga verticalmente y no debe colocarse dos veces en el mismo sitio. Así mismo, debe procurarse que el vibrador penetre unos 5 cm en la capa inferior ya compactada anteriormente pues de esta manera se asegura el traslapo entre las dos capas. El desplazamiento del vibrador se hará a distancias siempre iguales teniendo en cuenta el radio de acción del vibrador, el cual suele ser alrededor de 2/3 de la longitud de la aguja vibrante (es importante siempre revisar la ficha de especificaciones del aparato). Cuando hay que compactar capas superpuestas no es conveniente vibrar espesores superiores a 30 cm. Tanto al introducir como al retirar el vibrador de la masa de concreto hay que hacerlo lentamente para evitar la formación de huecos en la misma, la introducción debe hacerse sin forzar el aparato dejando que se introduzca en la masa por sí mismo.

No conviene transmitir la vibración a través del refuerzo poniendo el vibrador en contacto con la armadura. Una vez retirada la aguja se procede rápidamente a introducirla en otra posición adyacente, finalmente la vibración se considera completa cuando la pasta de cemento empieza a aparecer en la superficie.

Figura 14. Compactación del concreto por medio de vibrado. *Imagen tomada de:*
<http://www.lavirtu.com/albumes.asp?idcategoria=63986>



2.3.3 Concreto lanzado

Este es el nombre que se le da al mortero transportado a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad contra una superficie. La fuerza del chorro que hace impacto en la superficie, compacta el material, de modo que se puede soportar a si mismo sin resbalar ni caerse aún en una cara vertical o en un techo.

Como en esencia el proceso consiste en que la mezcla se proyecta neumáticamente, al concreto lanzado se le llama más formalmente mortero o concreto aplicado neumáticamente y sus propiedades no difieren de las de un concreto colocado convencionalmente de proporciones similares, es el método de colocación el que confiere al concreto lanzado sus significativas ventajas en numerosos usos. La mezcla es lanzada a gran velocidad por medio de una pistola de cemento con una presión de 3 atmósferas a paredes, armaduras, entre otros.

El concreto lanzado se emplea en la construcción de elementos de reducido espesor como son: cubiertas, revestimientos, pilares, placas, recubrimiento de canales, depósitos, túneles, estabilización de taludes, y demás elementos con

espesores entre 100 y 300 mm. Trae ventajas como: uniformidad, economía de mano de obra y rapidez de ejecución.

Algunas de las ventajas con respecto al concreto común es que se coloca y compacta a la vez, además se adhiere íntimamente a la superficie y permite obtener la forma deseada con gran variedad de acabados.

Existen dos procesos básicos por medio de los cuales se aplica el concreto lanzado, por vía seca y por vía húmeda.

2.3.3.1 Vía seca

Es una combinación proporcionada de cemento Portland, agregados y agua. La mezcla de los materiales se realiza por medios mecánicos y es bombeada en estado seco hasta una boquilla en donde se adiciona agua, con aditivos superacelerantes generalmente, y aire para impulsar el material.

La fuerza del chorro de aire compacta el material contra la superficie. El mezclado real toma lugar en la pared y es por ello que deben hacerse movimientos circulares con la boquilla durante el lanzado, de manera que se integre el agua en el contorno con la mezcla en el centro. Todo el éxito de un lanzado en vía seca radica en un suministro de aire comprimido adecuado, el cual debe estar seco y libre de aceites, además de una cantidad de agua apropiada.

2.3.3.2 Vía húmeda

Es simplemente el bombeo convencional hidráulico de concreto de alta calidad, mezclado en una planta de concreto en forma controlada. El agua ya va incluida desde antes y no es manipulada durante el proceso de proyección. En este método, el concreto premezclado es bombeado en estado plástico a la boquilla, donde se le inyecta aire, para que sea impulsado a alta velocidad sobre la superficie, generalmente también se adicionan aditivos acelerantes.

Figura 15. Concreto lanzado. *Imagen cortesía Hatovial, doble calzada Barbosa- Pradera.*



Se corre el riesgo que el concreto se atasque y endurezca antes de salir de la manguera, lo cual se debe controlar, regulando el tiempo estacionario del concreto dentro de la manguera, también es una práctica utilizada antes de comenzar el proceso de bombeo, preparar una lechada para lubricar la manguera y evitar taponamientos. En la vía húmeda es posible utilizar un mayor porcentaje de grava (40% por masa del agregado total) y con tamaños hasta de 12.5 mm (1/2”).

Figura 16. Concreto lanzado. *Imagen cortesía Hatovial, doble calzada Barbosa- Pradera.*



El concreto lanzado debe tener una consistencia relativamente seca para auto soportarse una vez colocado. El intervalo de relación agua – cemento utilizada se

encuentra entre 0.35 a 0.5, generando muy baja exudación. Los agregados deben cumplir con las normas granulométricas indicadas en el documento ACI 506, siendo el tamaño máximo permisible de hasta 25 (1") mm, sin embargo en la práctica se suele utilizar tamaños máximos de agregado de 9.5 (3/8") mm y 12.5 mm (1/2"). [5]

En la tabla 13 se presenta un cuadro comparativo entre ambos métodos de concreto lanzado

Tabla 13. Tabla comparativa de métodos de concreto lanzado

Propiedad	Mezcla húmeda	Mezcla seca
Rebote	Máximo 10% sin experiencia. 3% - 5% con experiencia	Entre 25% y 30%
Concreto	Mezcla homogénea Relación a/c constante	Poca homogeneidad Relación a/c variable
Salud	No hay polvo	hay polvo Aditivos tóxicos en el aire
Equipo	Bajo desgaste de máquinas y tubería Poco cuidado, especialización y limpieza	Alto desgaste de máquinas y tubería
Aire	Consume de 5 a 6 veces menos que la mezcla seca	Requiere gran consumo de aire
Fraguado	Ajustable para terminar y texturizar la superficie	Poco ajustable
Rendimiento	Hasta 30 m ³ / hora Distancia hasta 7m Gran espesor	Hasta 8 m ³ / hora Distancia hasta 5m Poco espesor

3. CONTROL DE COLOCACIÓN DE CONCRETO A TRAVES DE LISTAS DE CHEQUEO

En el entorno de obra siempre se presentan situaciones que requieren de solución inmediata, es por esto que ser práctico es una habilidad y ventaja que se requiere desarrollar para afrontar este tipo de situaciones. Era necesaria una herramienta eficaz, de fácil acceso y sencilla de utilizar, que permitiera al personal de obra involucrado en el proceso de colocación de concreto, identificar y ejecutar un procedimiento completo, sin omitir procesos por desconocimiento, entregando como resultado un hormigón de óptima calidad y con el acabado requerido.

Con base en el marco teórico y estado del arte para la colocación de concretos seleccionados, se tomó la decisión de desglosar de la manera más simple posible, las variables que se deben controlar cuando se coloca concreto, ya sea por gravedad, bombeado o lanzado.

3.1 ASPECTOS A CONTROLAR

Los aspectos que se seleccionaron como las más influyentes en la calidad final del producto son las siguientes:

3.1.1 Recepción y aceptación de del concreto premezclado

El recibo de envío debe ser suministrado por la empresa proveedora de concreto y deberá contener el nombre de la empresa responsable del suministro del material y la planta donde se produjo para un posterior seguimiento a los materiales allí utilizados, cálculo de la distancia de recorrido de los vehículos y posibles no conformidades por bajas de resistencia.

Debe existir el número de consecutivo en recibo, y debe ser el mismo que aparece en el sello del camión que se rompe al iniciar la descarga, esto con el fin de verificar que el material en obra es el mismo que se solicitó. Adicionalmente, con los consecutivos se busca en una base de datos que contiene las características del concreto específico que se solicitó para esa obra en particular, en caso que se necesite conocer alguna de ellas

El nombre del cliente, nombre de la obra y dirección, es información para ubicar al conductor, además, el receptor puede cerciorarse que se trata del concreto enviado a su obra.

El volumen de mezcla indicado debe ser igual al que se solicitó en el momento de realizar el pedido, de no aparecer, no es recomendable recibir el concreto a menos que se llegue a un acuerdo con la planta productora. Además, conocer el volumen de cada carro es importante para saber por qué vías o con que pendientes puede transitar el carro transportador de la mezcla.

Para la construcción de cada elemento es necesario un tipo de mezcla específico, es por esto que el tipo de concreto preparado en planta debe aparecer en el recibo y coincidir con el del pedido previo, la utilización de tipos de concretos que no son adecuados para cada estructura, puede llevar a pérdidas de equipo, del material y hasta del personal.

Como requisito para el funcionamiento estructural de un elemento, este debe cumplir con la resistencia requerida por planos o diseñador, la resistencia para la cual se preparó la mezcla debe aparecer en Mpa, Kg/cm², o Psi y coincidir con la requerida para dicho elemento.

El tamaño máximo del agregado puede representar un inconveniente a la hora de la colocación si no se tienen previstos los recubrimientos, separación mínima entre acero y método de descarga, generando segregación del material, pérdida de pasta e inclusión de aire no controlado. Es por esto que el tamaño máximo debe aparecer en el recibo y además coincidir con el solicitado.

La fecha y hora de cargue del camión permite calcular los tiempos de fraguado del concreto al momento de la llegada a obra, esto es importante para la toma de decisiones frente a la colocación del material o bajo qué medidas inmediatas se debe hacer.

Asentamiento o fluidez, antes de comenzar la descarga de todo carro de concreto se debe hacer el ensayo de asentamiento, esto con el fin de conocer el grado de endurecimiento que presenta el material, el resultado se debe comparar con el especificado en el recibo y la diferencia no debe exceder los límites propuestos por la normatividad vigente. Este aspecto es fundamental para recibir o rechazar un concreto en obra.

Número del camión y nombre del conductor, desde el momento de salida de planta, se da a conocer esta información, dado el caso que se presente alguna

inconsistencia y los carros que llegan a obra no coincidan con los despachados, no se debe recibir este concreto ya que puede haber sido alterado o cambiado por otro tipo.

La información de hora de llegada, inicio de descarga y salida de obra, deben permanecer en blanco para ser diligenciados por el encargado del recibo, esto para confrontar reclamaciones y no conformidades que se puedan llegar a dar de ambas partes.

Como garantía de recibo, debe haber espacio para la firma y sello del cliente donde manifieste satisfacción o pueda dejar una observación particular del concreto que ha llegado, como respaldo.

3.1.2 Seguridad en el trabajo

Los elementos de protección personal son un tema no negociable con los trabajadores, tanto por el cuidado que se debe tener con el personal, como por el contrato establecido con las aseguradoras de riesgos laborales. El uso de equipo que haga más sencilla y ergonómica la labor, debe ser implementado para reducir el riesgo de accidentes entre el personal de obra. Los permisos requeridos para trabajos especiales, deben ser diligenciados por el encargado del área SST (seguridad y salud en el trabajo), además se convierten en un documento primordial en pleitos y reclamaciones.

Las adecuaciones que se realicen en los sitios de obra que puedan reducir los accidentes se deben hacer, y concientizar al personal de no pasar por alto situaciones que los pongan en peligro.

3.1.3 Personal

Se debe hacer un cálculo para lograr la cuadrilla óptima de acuerdo a los rendimientos que presenten y el elemento a construir. Demasiados obreros en un área reducida pueden representar un riesgo, debido al manejo de herramientas y movimientos. Por esto mismo es necesario un líder de cuadrilla que ubique y de instrucciones claras al personal, para que la construcción de la obra cumpla con los requerimientos finales establecidos.

3.1.4 Equipos y herramientas

Antes de iniciar la fundición de cualquier elemento en concreto se debe verificar que los equipos se encuentran funcionales y que hay la cantidad suficiente de acuerdo al volumen de concreto a vaciar y que se cuenta con las herramientas necesarias.

Revisar que el sistema eléctrico sea el adecuado y garantice un correcto funcionamiento para todos los equipos que se necesiten durante el vaciado.

Cuando se utilice equipo de bombeo, verificar que este cumpla con los requerimientos de presión de acuerdo a la distancia y la altura del sitio de ubicación de la bomba al elemento a fundir, al no cumplir con la presión requerida se puede ocasionar taponamientos en la tubería y mayores desperdicios de concreto.

Ubicar la bomba sobre una superficie plana y de buena capacidad portante para soportar las cargas transmitidas al suelo, no se debe utilizar la cimbra o la formaleta para asegurar la tubería ya que durante la operación generaría cargas dinámicas sobre el elemento y puede ocasionar inestabilidad de la estructura.

Para evitar taponamientos de la tubería, realizar la menor cantidad posible de cambios de dirección y utilizar tubos de mínimo tres veces el tamaño máximo del agregado.

Realizar el cebado inicial de la bomba con un mortero fluido para lubricar el sistema, de manera que se facilite el ingreso y desplazamiento del concreto sin atascamiento.

3.1.5 Materiales

Los materiales varían según la necesidad de cada elemento, o la preparación preliminar para el vaciado, por lo general el cemento será un material de necesidad para la preparación de lechada, utilizada para lubricar la tubería para bombeo, evitar taponamientos y desgaste excesivo de la tubería.

Los aditivos deben ser adicionados si el diseño lo establece, por medida exacta y no mezclarse antes con el agua a utilizar en algún proceso, debido a que el uso en medidas desproporcionadas pueden ocasionar daños al concreto como separación total de los agregados y la pasta, acelerar o detener los tiempos de fraguado de forma drástica e inesperada.

3.1.6 Procedimiento

Para elementos horizontales, la colocación continua debe dejar expuesta la menor cantidad de área del concreto con el fin de no permitir su endurecimiento. Se forman montones pequeños para contar con un fraguado uniforme y no generar juntas en varias zonas del elemento. Se nivela en contra pendiente para evitar la segregación de los agregados, que puede derivar en fisuras, bajas de resistencias y ataques químicos por la porosidad de la superficie.

Para elementos verticales el vaciado se hace en capas horizontales para no inducir una falla por cortante al elemento, el espesor de las capas no es mayor de 35 cm para lograr un vibrado efectivo que libere los vacíos no inducidos, permitiendo una mejor adherencia entre la pasta de cemento y los agregados.

Al proyectar concreto sobre una superficie se debe hacer en movimientos circulares que permitan que los materiales que llegan a la boquilla se terminen de mezclar y conformen una mezcla homogénea. El rebote de la mezcla dependerá de la distancia de disparo, y la capacidad de los equipos, si se requiere minimizar este aspecto todo lo posible, antes de comenzar el proceso se deben tener en cuenta todas las características de los equipos involucrados, los tipos de aditivo a utilizar y el concreto.

3.1.7 Vibrado

Realizar el vibrado de manera vertical para obtener un buen rendimiento y garantizar que el elemento quede bien vibrado, para cada posición la duración del vibrado debe hacerse entre 10 y 30 segundos dependiendo de la frecuencia del vibrador y de la consistencia de la mezcla, cuanto más acelerada sea la vibración menor será su duración, una vibración excesiva termina por segregar el concreto.

Debe procurarse que el vibrador penetre unos 5 cm en la capa inferior ya compactada anteriormente pues de esta manera se asegura el traslapo entre las dos capas. El desplazamiento del vibrador se hará a distancias siempre iguales teniendo en cuenta el radio de acción del vibrador, el cual suele ser alrededor de $\frac{2}{3}$ de la longitud de la aguja vibrante (es importante siempre revisar la ficha de especificaciones del aparato). Cuando hay que compactar capas superpuestas no es conveniente vibrar espesores superiores a 30 cm.

Tanto al introducir como al retirar el vibrador de la masa de concreto hay que hacerlo lentamente para evitar la formación de huecos en la misma, la introducción

debe hacerse sin forzar el aparato dejando que se introduzca en la masa por sí mismo.

No conviene transmitir la vibración a través del refuerzo poniendo el vibrador en contacto con la armadura. Una vez retirada la aguja se procede rápidamente a introducirla en otra posición adyacente, finalmente la vibración se considera completa cuando la pasta de cemento empieza a aparecer en la superficie.

3.1.8 Control de calidad

Al inicio del vaciado realizar la toma del asentamiento de la mezcla, la cual debe ser acorde con el diseño de mezclas y los requerimientos de colocación, una mezcla con poco asentamiento puede ocasionar problemas de vacíos en el concreto endurecido y una mezcla muy fluida puede presentar segregación durante su colocación.

Se debe realizar la toma de muestras de acuerdo a la NTC 550 y NTC 454, para verificar que se cumpla la resistencia y garantizar que se cumple con los requerimientos estructurales para la cual fue diseñada.

3.1.9 Orden y aseo

Cumplir con esta variable es muy importante ya que ayuda a mantener un lugar de trabajo más seguro y nos ayuda a que las herramientas y equipos tengan un mayor tiempo de uso y un mejor desempeño.

Disponer de recipientes para el lavado de los equipos y herramientas, de esta forma disminuir el impacto al medio ambiente.

3.2 REALIZACIÓN DE FORMATOS

Como resultado luego de investigar, y con base en la experiencia en obra y manejo de personal, se presentan varios formatos que contienen las variables y requerimientos a controlar, de forma puntual y concisa, que no dé pie a varias interpretaciones.

El diligenciamiento de los formatos es a manera de verificación positiva o negativa, lo que lo hace muy simple de completar solo con observación y atención en obra. (Los formatos se pueden encontrar en la sección de anexos del documento).

4. CONCLUSIONES

La calidad de las estructuras de concreto depende en gran medida, que la construcción se haya realizado correctamente, puede haber los mejores materiales y un muy buen diseño de mezclas, pero carece de efectividad si no se lleva el procedimiento adecuado para la realización del proyecto. Como medida para realizar el procedimiento adecuado, con base en la observación y análisis, se logró realizar los formatos para el control de colocación de los concretos propuestos.

Un concreto es de buena calidad cuando cumple con las especificaciones para las cuales fue diseñado, para garantizar la buena calidad se debe hacer un control donde se verifique la calidad de las materias primas, se supervise el proceso completo de fabricación y se verifique el producto terminado totalmente. Siguiendo los pasos de la lista de chequeo, puede mejorar la calidad del concreto al optimizar cada proceso que interviene en su colocación.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. ARGOS. Blog 360° en concreto [en línea]. <http://blog.360gradosenconcreto.com/>
2. ASOCIACION COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO, (ASOCRETO), Colección del concreto. Tecnología del concreto – Tomo 1: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. Tercera edición 2011.
3. RIVERA L. GERARDO A., Concreto Simple. Universidad del Cauca- 2013
4. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 321 Cemento Pórtland. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
5. ASOCIACION COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CEMENTO, (ASOCRETO), Colección del concreto. Tecnología del concreto – Tomo 2: Manejo y colocación en obra. Tercera edición 2011.
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 174. Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
7. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 126. Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar la solidez (sanidad) de agregados para el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 3459 Concretos. Agua para elaboración de concretos. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
9. N, C. A. (2004). *Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de Concreto*. Barranquilla: Piloto S.A.
10. Guzman, D. S. (2011). *Tecnología del concreto*. Bogota: Asociación Colombiana de productores de Concreto

11. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA-AIS, Normas Colombianas de diseño Sismo Resistente (NSR-10), Bogotá 2010.
12. American Concrete Institute. (s.f.). *Building code requirements for Structural Concrete, ACI 318*. Farmington Hills.
13. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 30 Cemento Pórtland. Clasificación y Nomenclatura. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
14. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 4050 Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento para mampostería. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
15. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 31 Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento. Definiciones. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
16. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 121. Especificación de desempeño para cemento hidráulico. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
17. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 396 Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
18. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 673 Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.
19. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 1299 Concretos. Aditivos químicos para el concreto. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.

20. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 3318 Ingeniería Civil y Arquitectura. Concreto premezclado. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.

21. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS – ICONTEC, NTC 220. Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico a la compresión, usando cubos de 50 mm ó 2 pulgadas de lado. Normas técnicas colombianas (NTC), Bogotá.

Anexo B. Formato 002, Colocación por gravedad

Colocación por gravedad	Formato 002	
	Cumple	No cumple
Elementos a supervisar		
Inspección de encofrado		
• Revisión de resistencia y soporte de presión		
• Fijaciones estables		
• Encofrados limpios		
• Apuntalamientos suficientes		
• Cuenta con la superficie para obtener el acabado deseado		
• La superficie se encuentra libre de suciedad, humedad y demás impurezas		
• Hermeticidad de la formaleta		
• Colocación de biseles en las aristas		
• Humedecer la formaleta si es de madera		
• Utilizar un producto desmoldante que no produzca manchas (no ACPM)		
• Compensar deflexiones pre curvando según las tolerancias (NSR-10, capítulo C.6)		
• Arriostramientos para prevenir deflexiones laterales		
• Chequeo de dimensiones finales		
Inspección del refuerzo		
• El acero cumple con la resistencia especificada en planos		
• Refuerzo libre de barro, aceite o material que reduzca la adherencia		
• Refuerzo con oxido sin pérdida de sección		
• Refuerzo apoyado y asegurado entre si		
• Utilización de elementos separadores (panelas de mortero, plástico, metálicos) para conservar recubrimientos		
• Revisión de traslapes de barras o conectores mecánicos		
• Si la temperatura del acero de refuerzo es superior a 50 °C, las formaletas y el refuerzo se rocían con agua antes del vaciado		
Instalaciones embebidas		
• Instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, entre otras, están correctamente colocadas y apoyadas para evitar desplazamientos y obstrucciones.		
• El material del que están construidas no afecta la calidad del concreto		
Canales de vaceo		
• Colocación del tubo o canal lo más cerca de la posición final del hormigón		
• No debe superar pendientes de 1:2 ni ser menor de 1:3		
• Sección transversal en forma de círculo o semicírculo		
• Ubicación con una altura menor a 1.5m		

Anexo B. Formato 002, Colocación por gravedad

Colocación por gravedad	Formato 002	
	Cumple	No cumple
Elementos a supervisar		
Equipos y herramientas		
• Vibrador de concreto funcional		
• Tubería o canales para la descarga de la mezcla de metal o recubiertos en óptimo estado		
• Tacos metálicos, madera y soportes para fijar los elementos para la descarga		
• Herramienta menor necesaria para realizar el procedimiento		
• Fuente de energía disponible para el equipo de vibrado		
• Extensiones si el equipo es eléctrico		
Personal (varía la cantidad según la dimensión del elemento a fundir)		
• Oficial de cuadrilla para vibrado y dar acabado a la mezcla		
• Ayudantes para extender la mezcla, ubicación de tubería o canal para vaciar		
Seguridad en el trabajo		
• Todos los trabajadores cuentan con sus elementos de protección personal adecuados para ejecutar la labor		
• Escaleras, arnés y demás elementos para realizar trabajo en altura (si aplica)		
• Permisos necesarios por parte del área SST para realizar la labor		
Accesos		
• Acceso libre de obstáculos hasta el sitio de descarga		
• Pendientes accesibles para el medio de transporte de la mezcla		
Procedimiento		
• Recepción del concreto de acuerdo al formato 001 si es premezclado		
• Para losas		
○ La colocación comienza desde el perímetro del encofrado		
○ Cada tanda de concreto se coloca contra el anterior		
○ Se forman montones pequeños		
○ Se nivela conforme se avanza, en contrapendiente si el elemento es inclinado		
• Para elementos verticales y vigas		
○ Se comienza por los extremos de la sección llenando hacia el centro		
○ La mezcla se coloca en capas horizontales de espesor uniforme, compactando cada capa (de 15cm a 35 cm)		
○ El transporte horizontal de la mezcla es corto y con la herramienta adecuada		

Anexo B (continuación). Formato 002, Colocación por gravedad

Colocación por gravedad	Formato 002	
Elementos a supervisar	Cumple	No cumple
<p>Vibrado</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ La introducción del vibrador se hace verticalmente y no en el mismo sitio luego de vibrado ○ El vibrador se introduce 5 cm en la capa inferior ya compactada asegurando el traslape entre capas ○ El desplazamiento del vibrador se hace a distancias iguales teniendo en cuenta el radio de acción del vibrador ○ Se vibran espesores menores a 30cm ○ La duración del vibrado oscila entre 10s y 30s en cada punto de vibrado ○ Se selecciona el equipo de tamaño correcto que se introduzca sin ocasionar daños al encofrado o armadura de acero ○ Se vibra sin poner en contacto el vibrador con la formaleta o el acero 		
<p>Control de calidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de equipos para la toma de muestras y ensayos de calidad • Toma de asentamiento de la mezcla según la NTC 396 • Toma de muestras según las normas NTC 550 y NTC 454 		
<p>Orden y aseo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disposición de recipiente y sitio para el lavado del carro mezclador (si aplica) • Evitar regueros de concreto • Limpieza de herramientas • Limpieza de la tubería o canal utilizados para la descarga 		

Anexo C. Formato 003, Control de colocación de concreto bombeado

Control de colocación de concreto bombeado	Formato 003	
Elementos a supervisar	Cumple	No cumple
<p>Preparación del elemento a vaciar</p> <ul style="list-style-type: none"> · El elemento se encuentra libre de todo material o escombros en los espacios que serán ocupados por el concreto. · Cumplen las barras de acero de refuerzo, separación, armadura, de acuerdo a lo establecido en los planos. · Cumple con el recubrimiento establecido por planos, notas de diseño o según tabla C.23-C.7.7.1 de la NSR-10 · La cimbra y el encofrado proporcionan integridad y estabilidad a la estructura para la fundición del elemento. · El encofrado esta cubierto con desmoldante adecuado. 		
<p>Equipos y herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"> · Cumple el equipo de bombeo con los requerimientos de presión de acuerdo a la distancia y altura del sitio de ubicación de la bomba al elemento a fundir. · La bomba se encuentra sobre una superficie plana y de buena capacidad portante para soportar las cargas transmitidas al suelo. · La cimbra y la formaleta se encuentran libre de cualquier carga dinámica que pueda ejercer la tubería de la bomba estacionaria al momento de la operación. · Tubería y accesorios de acople para bombear el concreto suficiente y en buen estado. · La tubería tiene un diámetro mínimo de 3 veces el tamaño máximo del agregado. · Los angulos que forma la tubería son los adecuados para garantizar la eficiencia de la bomba sin generar atascamientos del concreto durante el vaciado. · Cebado inicial de la bomba con un mortero fluido para lubricar el sistema, de manera que se facilite el ingreso y desplazamiento del concreto. · Herramienta menor necesaria para realizar el procedimiento · Combustible suficiente para todos los equipos 		
<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> · Cemento para la preparación de lechada · Agua para la preparación de lechada y el lavado del equipo de bombeo 		
<p>Personal (varía la cantidad según el elemento a vaciar y los equipos a utilizar)</p> <ul style="list-style-type: none"> · Oficiales idóneos para la colocación y vibrado del concreto · Ayudantes para la instalación de la tubería, colocación y vibrado del concreto durante el procedimiento 		
<p>Seguridad en el trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> · Todos los trabajadores cuentan con sus elementos de protección personal adecuados para ejecutar la labor · Escaleras, arnés y demás elementos para realizar trabajo en altura (si aplica) · Permisos necesarios por parte del área SST para realizar la labor 		

Anexo C (continuación). Formato 003, Control de colocación de concreto bombeado

Control de colocación de concreto bombeado	Formato 003	
	Cumple	No cumple
Elementos a supervisar		
Accesos		
· Acceso libre de obstáculos hasta el sitio de descarga		
· Pendientes accesibles para el medio de transporte de la mezcla		
Procedimiento		
· Recepción del concreto de acuerdo al formato 001 si es premezclado		
· Para losas		
o La colocación comienza desde el perímetro del encofrado		
o Cada tanda de concreto se coloca contra el anterior		
o Se forman montones pequeños		
o Se nivela conforme se avanza, en contrapendiente si el elemento es inclinado		
· Para elementos verticales y vigas		
o Se comienza por los extremos de la sección llenando hacia el centro		
o La mezcla se coloca en capas horizontales de espesor uniforme, compactando cada capa (de 15cm a 35 cm)		
o El transporte horizontal de la mezcla es corto y con la herramienta adecuada		
· Vibrado		
o La introducción del vibrador se hace verticalmente y no en el mismo sitio luego de vibrado		
o El vibrador se introduce 5 cm en la capa inferior ya compactada asegurando el traslape entre capas		
o El desplazamiento del vibrador se hace a distancias iguales teniendo en cuenta el radio de acción del vibrador		
o Se vibran espesores menores a 30cm		
o La duración del vibrado oscila entre 10s y 30s en cada punto de vibrado		
o Se selecciona el equipo de tamaño correcto que se introduzca sin ocasionar daños al encofrado o armadura de acero		
o Se vibra sin poner en contacto el vibrador con la formaleta o el acero		
Control de calidad		
• Disponibilidad de equipos para la toma de muestras y ensayos de calidad		
• Toma de sentamiento de la mezcla según NTC 396		
• Toma de muestras según las normas NTC 550 y NTC 454		
Orden y aseo		
· Disposición de recipiente y sitio para el lavado del carro mezclador (si aplica)		
· Evitar regueros de concreto		
· Limpieza de las bombas utilizadas en el proceso		
· Correcta disposición de las bolsas de cemento		
· Limpieza de la tubería para concreto y sus acoples		

Anexo D. Formato 004, Control de colocación de concreto lanzado

Control de colocación de concreto lanzado	Formato 004	
Elementos a supervisar	Cumple	No cumple
Preparación de la superficie a lanzar		
<ul style="list-style-type: none"> • La superficie se encuentra libre de suciedad, humedad y demás impurezas (para el caso de tratamiento de taludes las condiciones son naturales del terreno) 		
<ul style="list-style-type: none"> • Cumplen las barras de acero de refuerzo, separación, armadura (si aplica) 		
<ul style="list-style-type: none"> • Cumple con el recubrimiento establecido por planos o notas de diseño 		
<ul style="list-style-type: none"> • Tiene elementos que permitan controlar el espesor durante y al finalizar el lanzado 		
Equipos y herramientas		
<ul style="list-style-type: none"> • Compresor a utilizar en el sitio y funcional 		
<ul style="list-style-type: none"> • Bomba para concreto en el sitio y funcional 		
<ul style="list-style-type: none"> • Bomba para aditivos en el sitio y funcional (en el caso de ser necesaria) 		
<ul style="list-style-type: none"> • La pistola para lanzar o boquilla funcionando 		
<ul style="list-style-type: none"> • Tubería o manguera para bombear el concreto suficiente 		
<ul style="list-style-type: none"> ○ La manguera como los accesorios de acople en buen estado 		
<ul style="list-style-type: none"> • Manguera para aire comprimido suficiente 		
<ul style="list-style-type: none"> ○ Está en buen estado 		
<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta menor necesaria para realizar el procedimiento 		
<ul style="list-style-type: none"> • Combustible suficiente para todos los equipos 		
Materiales		
<ul style="list-style-type: none"> • Cemento para la preparación de lechada 		
<ul style="list-style-type: none"> • Agua para la preparación de lechada y/o incorporación a la mezcla 		
<ul style="list-style-type: none"> • Aditivos necesarios para la incorporación a la mezcla (si aplica) 		
<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes para preparar la lechada 		
Personal (varía la cantidad según el elemento a lanzar y los equipos a utilizar)		
<ul style="list-style-type: none"> • Trabajador idóneo para realizar el lanzado 		
<ul style="list-style-type: none"> • Ayudantes para traslado y movimiento de mangueras durante el procedimiento 		
Seguridad en el trabajo		
<ul style="list-style-type: none"> • Todos los trabajadores cuentan con sus elementos de protección personal adecuados para ejecutar la labor 		
<ul style="list-style-type: none"> • Escaleras, arnés y demás elementos para realizar trabajo en altura (si aplica) 		
<ul style="list-style-type: none"> • Permisos necesarios por parte del área SST para realizar la labor 		

Anexo D (continuación). Formato 004, Control de colocación de concreto lanzado

Control de colocación de concreto lanzado	Formato 004	
Elementos a supervisar	Cumple	No cumple
Accesos		
<ul style="list-style-type: none"> • Acceso libre de obstáculos hasta el sitio de descarga 		
<ul style="list-style-type: none"> • Pendientes accesibles para el medio de transporte de la mezcla 		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación de la bomba de concreto, compresor y bomba de aditivo de forma que no interfiera en la descarga y manipulación de las mangueras 		
<ul style="list-style-type: none"> • Acople de mangueras y tuberías con sus respectivos empaques 		
<ul style="list-style-type: none"> • Conexión de mangueras a la pistola o boquilla 		
<ul style="list-style-type: none"> • Si la tubería es de diámetro mayor a 3", fijarla a elementos inmóviles 		
<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de lechada para lubricación de tubería 		
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la salida de lechada por la boquilla 		
<ul style="list-style-type: none"> • Recepción del concreto de acuerdo al formato 001 		
<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de mezcla a la bomba de concreto 		
<ul style="list-style-type: none"> • Comenzar lanzado haciendo movimientos circulares sobre la superficie, iniciando de un extremo a otro, completando la mitad del espesor final (la distancia al punto de lanzado varía de 0.6m – 7m según los equipos utilizados y el elemento a lanzar) 		
<ul style="list-style-type: none"> • Completar el espesor final del elemento lanzado en un segundo recorrido 		
Control de calidad		
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de una artesa para cada tipo de mezcla, cada día de trabajo o cada 38 m3 colocados según la norma ASTM C 1140 		
Orden y aseo		
<ul style="list-style-type: none"> • Disposición de recipiente y sitio para el lavado del carro mezclador (si aplica) 		
<ul style="list-style-type: none"> • Evitar regueros de concreto 		
<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de las bombas utilizadas en el proceso 		
<ul style="list-style-type: none"> • Correcta disposición de las bolsas de cemento 		
<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de la tubería para concreto y sus acoples 		
<ul style="list-style-type: none"> • Amarre de mangueras al finalizar el lanzado 		