

**ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS VARIABLES QUE SE DEBEN CONTROLAR  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES CON CALIDAD.**

**JUAN CAMILO CARDONA ESCOBAR  
JOHAN FELIPE MORENO GARCIA  
JHONATAN SALINAS NARANJO**

**UNIVERSIDAD DE MEDELLIN  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
MEDELLÍN**

**2015**

**ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS VARIABLES QUE SE DEBEN CONTROLAR  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES CON CALIDAD.**

**JUAN CAMILO CARDONA ESCOBAR**

**JOHAN FELIPE MORENO GARCIA**

**JHONATAN SALINAS NARANJO**

**Monografía para optar por el título de especialista en ingeniería de la  
construcción**

**Asesor Temático**

José Fernando Vieira Pérez

Ingeniero Civil; Esp. En Patología de la Construcción

**UNIVERSIDAD DE MEDELLIN**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**MEDELLÍN**

**2015**

# CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES .....	2
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	3
4. JUSTIFICACIÓN .....	4
5. OBJETIVOS .....	5
5.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
6. DESARROLLO METODOLOGICO .....	6
6.1 METODOLOGIA .....	6
6.2 MARCO TEÓRICO .....	7
6.2.1 GENERALIDADES DEL CONCRETO .....	7
6.2.2 CONTROLES Y NORMATIVIDAD ASOCIADA PARA LOS COMPONENTES DEL CONCRETO .....	7
6.2.2.1 CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA (NTC 3459) .....	7
6.2.2.2 CONTROL DE CALIDAD DEL CEMENTO .....	8
6.2.2.3 CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS.....	9
6.2.2.3.1 ARENA .....	9
6.2.2.3.2 GRAVA .....	11
6.3 CONCRETO: PREPARACION, COLOCACION Y MEZCLADO .....	13
6.3.1 PREPARACION .....	13

6.3.1.1 CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA PARA UTILIZAR DE FORMA ADECUADA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO Y SU MUESTREO. ....	13
6.3.2 COLOCACION .....	17
6.3.2.1 ENSAYO DE ASENTAMIENTO O SLUMP .....	21
6.3.2.2 VIBRADO .....	23
6.3.2.3 CURADO .....	25
<b>7. ETAPAS DE LA CONSTRUCCIÓN EN LA ESTRUCTURA .....</b>	<b>25</b>
7.1 CIMENTACIÓN.....	26
7.1.1 Definiciones y conceptos básicos .....	26
7.1.2 Consideraciones básicas para el manejo de aguas .....	29
7.1.3 Proceso constructivo .....	30
7.1.3.1 Cimentaciones superficiales .....	30
7.2 SISTEMA DE LOSAS, VIGAS Y NERVIOS .....	38
7.2.1 Clases de losas.....	38
7.2.2 Proceso constructivo de losas macizas.....	41
7.2.3 Proceso constructivo de losas aligeradas.....	43
7.2.3.1 Colocación del acero de refuerzo para vigas .....	46
7.2.3.2 Procedimiento de vaciado .....	47
<b>8. COMPARATIVO DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....</b>	<b>50</b>
<b>9. HALLAZGOS DEL PROCESO INVESTIGATIVO .....</b>	<b>51</b>
<b>10. CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA Y/O REFERENCIAS .....</b>	<b>54</b>

## CONTENIDO IMAGENES

	Pág.
1. Factores físico químicos que se deben analizar para demostrar la calidad del agua .....	7
2. Almacenamiento del cemento .....	8
3. Agregados Josef Farbiarz Universidad Nacional de Colombia .....	11
4. Agua requerida por m3 de concreto “Agregados Josef Farbiarz Universidad Nacional de Colombia” .....	12
5. Mezcladora de dos sacos diesel .....	16
6. Limpieza en maquinaria para transporte de concreto .....	16
7. Imágenes que demuestra las condiciones climáticas difíciles en el sector Envigado parte alta ...	17
8. Construcción de la tubería de impulsión Ayurá - el Chocho vaciado de pila .....	17
9. Construcción de la tubería de impulsión Ayúra- el Chocho utilización de Sikadur 32 para vaciado de cabezote .....	18
10. Vaciado de losas de concreto en forma alternada por módulos año 2012 Medellín- Colombia ...	10
11. Autobomba: En este caso no se verifico la interferencia con el alumbrado público .....	19
12. Bomba Estacionaria .....	19
13. Ensayo del cono de Abrams “Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa .....	20
14 . Proceso en campo Enero de 2015 .....	21
15. Sello de el camión mezclador o mixer .....	21
16. Correcto e incorrecto vibrado de concreto “Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa” .....	23
17. Vibrado realizado en obra .....	23
18. Tipos de vibradores “Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa” ...	24
19. Curado del concreto en obra “Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa” .....	25
20. Remoción de material orgánico en obra .....	26
21. Inspección previa a la construcción de la obra: acta de vecindad .....	27
22. Manejo de aguas en obra .....	29

23. Recomendación de excavación de pilas .....	29
24. Adecuación del terreno “Imagen extraída del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Proceso de Adecuación y nivelación del terreno .....	30
25. Firmeza del terreno “Imagen extraída del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Proceso de Adecuación y nivelación del terreno .....	31
26. Armado de viga de cimentación “Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa .....	33
27. Esquema de vigas, columnas y muros “Imágenes extraídas del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Mampostería confinada .....	33
28. Colocación de acero en columnas “Imágenes extraídas del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Mampostería confinada .....	34
29. Acabado de concreto superficial “Imágenes extraídas del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Mampostería confinada .....	34
30. Generación de puente de adherencia “Imágenes extraídas del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Mampostería confinada .....	35
31. Losa Maciza “Diseño de estructuras en hormigón “Ingeniero Rodrigo Augusto Rico Higuita” .....	37
32. Losa aligerada “Diseño de estructuras en hormigón “Ingeniero Rodrigo Augusto Rico Higuita” ..	38
33. Aligerante de losa “Diseño de estructura en hormigón Ingeniero Rodrigo Augusto Rico Higuita” .	38
34. Losas en una y dos direcciones “Diseño de estructuras en hormigón Ingeniero Rodrigo Augusto Rico Higuita .....	39
35. Espaciamiento sugerido en un sistema de encofrado de losas por un proveedor mundialmente conocido .....	41
36. Detalle losa aligerada “imagen extraída del manual de construcción para maestros de obra aceros Arequipa: losas aligerada” .....	42

37.	Apoyos para losas aligeradas “imagen extraída del manual de construcción para maestros de obra aceros Arequipa: losas aligerada” .....	43
38.	Cruce de redes en losas “imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa: Cruce de tuberías .....	44
39.	Colocación de tuberías debajo de losas “imagen extraída del manual del maestro constructor Arequipa: Colocación de tuberías adosadas .....	45
40.	Instalación de acero de refuerzo en vigas “imagen extraída del manual del maestro constructor Arequipa: Colocación de tuberías adosadas .....	46
41.	Vaciado de losas “imagen extraída del manual del maestro constructor Arequipa: Colocación de tuberías adosadas .....	47
42.	Recorrido de losas “imagen extraída del manual del maestro constructor Arequipa: Colocación de tuberías adosadas .....	47
43.	Curado de losas “imagen extraída del manual del maestro constructor Arequipa: Colocación de tuberías adosadas .....	48

## CONTENIDO TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>1.</b> Tabla No1 de diseño de mezclas .....	10
<b>2.</b> Tabla No2 de diseño de mezclas .....	14
<b>3.</b> Tabla de diseño de mezclas con aumento de agua y aditivo .....	14
<b>4.</b> Tabla de diseño de mezclas con nuevas proporciones .....	15
<b>5.</b> Tabla correspondiente al capítulo E.2.2-1 NSR-10.....	32
<b>6.</b> Tabla correspondiente al capítulo C.4.2.1 NSR-10.....	36
<b>7.</b> Tabla C.9.5(a) Alturas o espesores mínimos de vigas no pre-esforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones .....	39
<b>8.</b> Tabla C.9.5 (b) Deflexión máxima admisible calculada .....	40



## GLOSARIO

1. **Acero:** Es un importante material para la industria de la construcción utilizado para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de este elemento, de conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos y especificaciones. (es.wikipedia.org, acero de refuerzo)
2. **Casa:** Edificación unifamiliar destinada a vivienda. Esta definición se incluye únicamente para efectos de la aplicación del Título E del Reglamento. (NSR-10, 2010, p. A-126)
3. **Concreto:** Mezcla de cemento pórtland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. (NSR-10, 2010, p. C-17)
4. **Constructor:** Es el profesional, ingeniero civil, arquitecto o constructor en arquitectura e ingeniería, bajo cuya responsabilidad se adelanta la construcción de la edificación. (NSR-10, 2010, p. A-127)
5. **Control de calidad:** Son todos los mecanismos, acciones, herramientas realizadas para detectar la presencia de errores. (es.wikipedia.org, control de calidad)
6. **Inspector:** Las construcciones de concreto deben ser inspeccionadas durante todas las etapas de la obra por, o bajo la supervisión de un profesional facultado para diseñar o por un supervisor técnico calificado, exceptuando los casos previstos por la Ley 400 de 1997, caso en el cual el control de calidad de los materiales empleados en la construcción será responsabilidad del constructor. El inspector debe estar bajo la dirección del supervisor técnico. (NSR-10, 2010, p. C-3)
7. **Mampostería reforzada:** Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos del capítulo D.7. (NSR-10, 2010, p. D-5)
8. **Mampostería parcialmente reforzada:** Es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos del capítulo D.8. (NSR-10, 2010, p. D-5)

- 9. Mampostería no reforzada:** Es la construcción con base en piezas de mampostería unidas por medio de mortero que no cumple las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada. (NSR-10, 2010, p. D-5)
- 10. Plan de Calidad:** Documento que especifica qué procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, quién debe aplicarlos y cuándo deben aplicarse a un proyecto, producto, proceso o contrato específico. (Glosario de terminología sobre sistemas de gestión de la calidad, p.4)
- 11. Proceso Constructivo:** Conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Si bien el proceso constructivo es singular para cada una de las obras que se pueda concebir, si existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar. (Construmatica (Construpedia), proceso constructivo)

## RESUMEN

En la presente monografía se muestra al profesional de la construcción, cuáles son los fundamentos de la misma y de igual forma sus aplicaciones, con el único propósito de que estos profesionales tengan unas bases sólidas y por consiguiente puedan asumir las buenas prácticas ingenieriles como un todo en el ejercicio de su profesión. Un manual que analice de forma técnica cuales son las variables que se deben controlar para la construcción de obras civiles con calidad es indispensable para la ejecución de las diferentes actividades que intervienen en la construcción de proyectos de infraestructura, por lo tanto en el desarrollo del presente trabajo, analizaremos en forma detallada cómo el concreto es parte fundamental de la construcción civil y cómo, si se elabora, sitúa y protege de manera adecuada, puede llegar a formar estructuras de gran durabilidad a lo largo del tiempo.

Para llevar a cabo el objetivo que se pretende con dicho manual, se elaboró un marco teórico apoyado por imágenes y recomendaciones constructivas (en obra) que darán idea al lector sobre cómo deben ser abordados todos y cada uno de los temas referentes al proceso de construcción adecuado y/o sugerido para cada tipo de actividad descrita. De igual forma se recopiló la información suficiente para abordar de manera integral el tema de preparación y disposición de los concretos desde el almacenamiento de los materiales hasta la colocación y seguimiento posterior que se le da al elemento estructural o producto final. También resulta imprescindible mencionar que en este manual adicional a la información teórica, se plasma la experiencia de cada profesional que intervino en su elaboración y es por ello que a lo largo del desarrollo metodológico se observaran diferentes fotografías tomadas en obra que de una u otra manera enriquecen el proceso de aprendizaje. En la actualidad se presentan malas prácticas constructivas causadas por deficiencias en el control y/o supervisión técnica, por parte de los profesionales implicados; esto conlleva a que los proyectos presenten pérdidas económicas, las cuales se fundamentan en retrasos en tiempos de entrega, incumplimiento en las especificaciones técnicas, inestabilidad de las edificaciones. Los errores más comunes en la ejecución de procesos constructivos suelen ser: selección de personal que no es idóneo para la labor, materiales de mala calidad, presupuesto insuficiente, mala administración de los recursos. Por tal razón, nuestro manual sugiere algunos de los procedimientos que se pueden tener en cuenta desde el punto de vista técnico para garantizar la calidad y eficiencia en los procesos constructivos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el área metropolitana y especialmente en la ciudad de Medellín, se están desarrollando una serie de proyectos de infraestructura que obedecen a una nueva configuración del espacio orientada por las disposiciones del POT; dichos proyectos, se fundamentan en la creciente necesidad que posee la población de cubrir todos sus servicios básicos (acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, gas natural, comunicaciones, transporte público). (dane.gov.co, estadísticas sociales, Dic. 2014)

Es evidente que en los últimos años se han presentado grandes avances en materia de seguridad y calidad para el desarrollo de las obras, pero también es cierto que se siguen demostrando falencias durante la ejecución de los procesos constructivos, un ejemplo de dicha observación es el edificio Space en Medellín en el cual según las conclusiones de la Fiscalía (LaFm. Noticias, Sept.2014) “hubo negligencia por parte de la empresa constructora, el concreto utilizado fue de baja resistencia, no se revisaron las memorias y los planos estructurales y no hubo la debida supervisión técnica del proyecto”.

En este proyecto de investigación, se desea dar a conocer la manera adecuada de inspeccionar las actividades relacionadas con el suministro, transporte, colocación y curado del concreto reforzado (premezclado o preparado en obra) y para ello, es muy importante garantizar variables determinantes, como: aplome de los encofrados, limpieza de los agregados, calidad del agua, recubrimientos del acero de refuerzo, radios de doblado de las armaduras, etc.; la supervisión adecuada de dichas variables, nos ayudará a producir concreto reforzado de óptimas condiciones y durabilidad necesaria. Teniendo en cuenta lo anteriormente enunciado, se considera que una obra de edificación de carácter comercial, es la manera más pedagógica de ilustrar los ejemplos a desarrollar y por esta razón se escogió como asesora una compañía constructora que ejecuta proyectos a gran escala.

Durante el desarrollo del presente documento se estudiarán los diferentes controles que se deben establecer en las obras, de acuerdo con la normatividad vigente (Norma Sismo-resistente del 2010, NTC, AASHTO) para garantizar la calidad de los procesos constructivos implementados con mayor frecuencia en infraestructura de carácter comercial, cuya finalidad es el beneficio de la comunidad y por consiguiente debe reunir las características necesarias para satisfacer el interés público.

## 2. ANTECEDENTES

En la actualidad, los medios de información se han encargado de difundir un sin número de artículos, publicaciones y normas que ilustran al lector, en diferentes temáticas (Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XIV (número 2), abril-junio 2013) (Simulación de procesos constructivos, Adriana Gómez Cabrera, Pontificia Universidad Javeriana, Marzo.2010) .Teniendo en cuenta lo anteriormente enunciado, se debe considerar que el sector productivo de la construcción, posee varios artículos de interés, los cuales servirán de guía para llevar a cabo el desarrollo temático de la presente investigación; como por ejemplo: La cartilla de procesos constructivos en edificaciones del Sena, la cual comprende la descripción detallada de las fases más importantes en la ejecución de obras civiles, agrupando los controles por capítulos y sub-actividades; se selecciona este manual porque el SENA es la institución facultada por el estado para la inversión en infraestructura necesaria para mejorar el desarrollo social y técnico en Colombia. También, se tendrán en cuenta los capítulos B y C (Cargas y Concreto estructural) de la NSR-10, debido a que este reglamento es de obligatorio cumplimiento e identifica los requerimientos mínimos para la construcción de edificaciones apelando a factores que garanticen la seguridad del proyecto, pero al mismo tiempo la economía del mismo.

De igual manera, se han consultado varios manuales de construcción en los cuales se observan procedimientos y técnicas de inspección muy simples, pero efectivas, como por ejemplo: El manual técnico de construcción de Holcim, el cual define conceptos y luego aporta recomendaciones pertinentes para una adecuada ejecución de la actividad, además Holcim se ha constituido como una empresa seria y certificada a nivel ISO lo cual aporta credibilidad a sus documentos referentes; nuestro proyecto realizara un desarrollo temático que comprende ejemplos y aplicaciones enfocadas desde la práctica.

### 3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El tema planteado está determinado por la falta de control de calidad y seguimiento de los procesos constructivos, que afectan la estabilidad y, la durabilidad de las obras civiles. (Estudio de diagnóstico la calidad en la industria de la construcción, Universidad de Palermo, facultad de arquitectura y urbanismo y grupo construya calidad) (Estudio y comparativa de los controles de calidad de los proyectos y obras de construcción en Europa, Ricardo Rosado Calderón, Abr. 2012).

Los aspectos enunciados anteriormente en la introducción y los antecedentes, son observados en la ciudad en varios proyectos públicos y privados: Parque biblioteca España, Guayacanes de San Diego, Colores de Calazania, Continental Tower, ASENSI. “Un documento de apoyo para el control de calidad es la guía para procesos de contratación de obra pública, capítulo E, numeral 3, factor de calidad en la etapa de ejecución del contrato Dic. 2014”

Dichos proyectos presentan problemas constructivos asociados a la mala calidad de los materiales y deficiencias en el proceso de supervisión, algunos ejemplos están relacionados con: desprendimiento de elementos de fachada, asentamientos perjudiciales para las estructuras, sistemas ineficientes para la evacuación de aguas, incongruencias en los presupuestos, rutas críticas sobrepuestas a la calidad de los elementos a construir, mala elección de materiales, mano de obra no calificada, ahorros sustanciales no recomendados en temas de seguridad, entre otros.

## 4. JUSTIFICACIÓN

El proceso constructivo de una obra civil y la calidad en los materiales que se utilizan, son uno de los principales factores en la estabilidad de una estructura, por lo cual se hace importante tener claridad en cuanto a la metodología de evaluación de los materiales en obra y los controles mínimos en los procesos de construcción, teniendo siempre como base la normatividad vigente en Colombia.

El presente trabajo está orientado a todos los profesionales que intervienen en el proceso de ejecución de proyectos civiles y surge ante la necesidad de estructurar un documento técnico que guíe al constructor en los diferentes proyectos, bajo una modalidad de trabajo que ilustre de manera fácil y práctica los mecanismos de control que se deben adoptar en una obra civil para cumplir satisfactoriamente con los requisitos de calidad establecidos en las normas colombianas de acuerdo a la entidad contratante o cliente final. También se busca por medio del trabajo, difundir la experiencia de cada uno de los profesionales que intervienen en él, de modo que dichas vivencias se transformen en una fuente de consulta valiosa para aquellos que decidan ejecutar proyectos de infraestructura.

La presente investigación técnica aportará los conceptos básicos de inspección y control de obras a los nuevos profesionales que ingresan al sector de la construcción. La literatura actual proporciona conocimientos muy teóricos, aquellos que se explican bajo una modalidad conceptual, y que en la mayoría de los casos nunca se piensa en la practicidad y resolución de problemas en campo. Es de vital importancia, establecer en obra de manera fácil y rápida, si los materiales con los que se cuenta cumplen con las condiciones adecuadas para su utilización, desarrollar con altos estándares de calidad todos los procesos constructivos y así cumplir con el cometido del proyecto.

Actualmente en la ciudad de Medellín, solo las instituciones de formación técnica y tecnológica son las encargadas de impartir los conocimientos prácticos, lo que evidencia la inminente necesidad de difundir estos conceptos de formación técnica a todos aquellos forjadores civiles que laboran en el medio.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar los procedimientos y variables que permiten controlar la calidad de las obras civiles durante su ejecución.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**5.2.1** Determinar los mecanismos que se deben implementar en obra para el recibo de los materiales utilizados en la preparación de concretos.

**5.2.2** Definir métodos adecuados para garantizar un correcto almacenamiento de los elementos utilizados en la preparación del concreto reforzado (cemento, agregados, acero, aditivos, adiciones).

**5.2.3** Identificar la metodología para ejecutar actividades constructivas con altos estándares de calidad, cumpliendo con los parámetros exigidos por las normas colombianas para la producción de concretos (ICONTEC, NSR-10 capítulo C).

**5.2.4** Generar lineamientos básicos que permitan la revisión técnica y el recibimiento satisfactorio de las diferentes actividades previas al vaciado de concretos y relacionadas con su cuidado en la etapa del desarrollo de la resistencia.

**5.2.5** Establecer los lineamientos necesarios para que los procesos constructivos se ejecuten acordes a las normas técnicas que rigen la construcción en Colombia.



## 6. DESARROLLO METODOLOGICO

### 6.1 MÉTODOLOGIA

En el presente trabajo se establecen diferentes metodologías para la obtención de la información; de este proceso hacen parte:

- Visitas técnicas a obras públicas y privadas realizadas por el equipo investigativo, (Tubería de impulsión Ayúra el chocho EPM, Estación de policía Minas Amaga, Ampliación y construcción de los centros comerciales Punto Clave y Aventura).
- Lecturas a textos bibliográficos de apoyo (Norma Sismo resistente 2010, Manual de construcción para maestros de obra Aceros Arequipa).
- Entrevistas al personal técnico especializado directores de obra (Elicer Hernández (Ménsula S.A), Alejandro Posada (Convel), Juan Pablo García (Convel), Jorge Rubén Trujillo (CEP2015 S.A).
- Experiencia adquirida en el tiempo por cada uno de los integrantes del grupo;

Se utilizó el método cualitativo, enfocado en:

- Recopilación de datos, fotografías y procesos constructivos.
- Consultas temáticas a entidades o asociaciones especializadas en construcción (SAI; CAMACOL, ETC).
- Revisión del plan de calidad de la obra a visitar.

El método cuantitativo expuesto consta de:

- Anexos fotográficos.
- Tablas y gráficos de apoyo.

## **6.2 MARCO TEORICO**

### **6.2.1 GENERALIDADES DEL CONCRETO**

El concreto es una masa heterogénea conformada por cemento, agregados fino y grueso, agua, aire y aditivos si se requieren en algún momento determinado, de acuerdo con los requisitos de desencofrado y medio ambientales. Tiene como característica principal el hecho de que puede resistir muy bien los esfuerzos mecánicos de compresión, especialmente en estado endurecido y una vez ha salido el agua de exudación a la superficie. En cuanto a los agregados se puede señalar que los finos (arena) de acuerdo a su gradación obtienen diversas propiedades que influyen de manera directa en la durabilidad y desempeño del concreto; en lo posible se debe cumplir con las franjas granulométricas de manera que se evite el exceso de finos e igualmente un material muy grueso que perturbe la manejabilidad de la mezcla; también se hace claridad que los materiales en obra deben cumplir con todos los ensayos exigidos por la norma y en el caso de la arena es muy importante controlar el contenido de materia orgánica y la reactividad álcali-agregado, entre otros, lo cual analizaremos con más detalle en capítulos posteriores. Para el agregado grueso es importante igualmente contar con buenas características de almacenamiento en obra y controlar tamaño máximo del agregado (puede afectar el consumo de cemento), reactividad álcali-agregado, desgaste en la máquina de los ángeles, entre otros.

El cemento portland por su parte, es un pegante hidráulico que facilita el fraguado y el endurecimiento de la mezcla; este se endurece al contacto con el agua durante el proceso de hidratación. El aire atrapado, es aquel que se incorpora en la mezcla durante los procesos de transporte y colocación del concreto y en algunos casos puede incluirse de manera intencional para reducir la permeabilidad y la resistencia del concreto a la acción de los sulfatos (en estado fresco mejora la trabajabilidad y disminuye el consumo de arena). Los aditivos, son sustancias usadas para modificar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, según sea el caso.

### **6.2.2 CONTROLES Y NORMATIVIDAD ASOCIADA PARA LOS COMPONENTES DEL CONCRETO**

**6.2.2.1 CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA (NTC 3459):** Esta norma técnica específica que el agua del concreto debe ser clara, limpia y libre de sustancias perjudiciales para el acero de refuerzo, tales como ácidos, entre otros. También se hace claridad en el hecho de que la utilización de agua de fuentes naturales sin previo tratamiento, puede interferir en la durabilidad del concreto en la medida que

se desconoce que microorganismos pueden estar suspendidos en este componente y pueden atacar el concreto de manera posterior.

Parámetros
pH (Unidades de pH)
Turbiedad (NTU)
Color Aparente (UPC)
Cloruros ( $m Cl^-/L$ )
Alcalinidad Total ( $mg CaCO_3/L$ )
Alcalinidad Fenolftaleína ( $mg CaCO_3/L$ )
Dureza Total ( $mg CaCO_3/L$ )
Hierro Total ( $mg Fe/L$ )
Sulfatos ( $mg (SO_4)^{2-}/L$ )

1. Factores físico químicos que se deben analizar para demostrar la calidad del agua

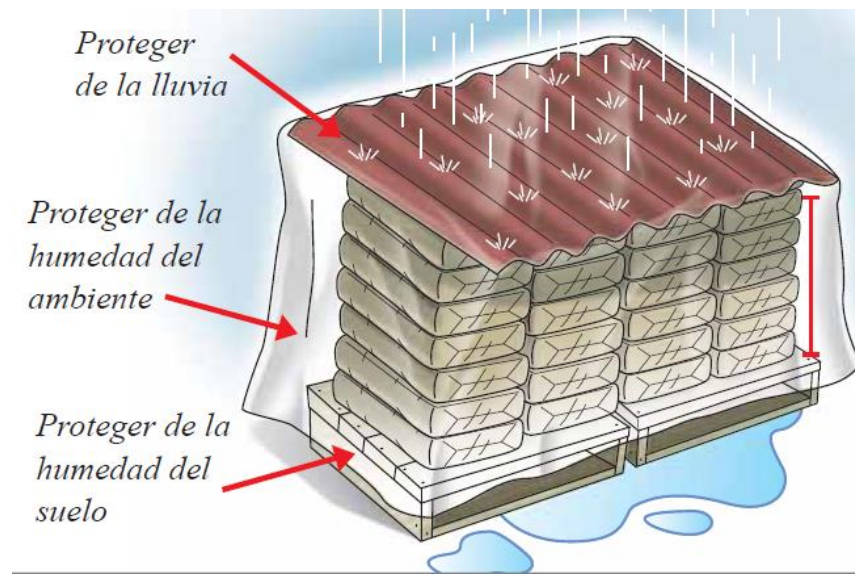
**En obra:** Se deberá verificar que el agua destinada para la preparación del concreto esté libre de impurezas y el recipiente utilizado para el almacenamiento de la misma no contenga sedimentos; de ser así se recomienda vaciar de nuevo el recipiente y lavarlo de modo que ningún contenido de materia orgánica pueda afectar la composición de la mezcla. Es de importancia resaltar que agua estancada no sirve para la preparación de concreto.

**6.2.2.2 CONTROL DE CALIDAD DEL CEMENTO:** Técnicamente se deben controlar los siguientes aspectos en el laboratorio: Resistencia a la compresión en cubos NTC 121, finura Blaine, finura sobre el tamiz  $325\mu$ , tiempos de fraguado, consistencia normal, densidad, expansión en autoclave, análisis químico, calor de hidratación. En Colombia según la NSR-10 en el numeral **C.3.2.1** los materiales cementantes deben cumplir con la NTC 121 y la NTC 321; también se permite el uso de cementos fabricados bajo la norma ASTM C150. En este mismo numeral se encuentran todas las disposiciones que deben cumplir los cementos hidráulicos, cenizas y escorias, además se hace hincapié en la prohibición de cementos de mampostería para la fabricación de concreto.

**En obra:** Se deben aislar los sacos de cemento del suelo por medio de estibas o cualquier otro elemento que facilite su protección, adicionalmente se deberán proteger de la lluvia y ambientes agresivos de modo que no se vean afectadas las características del mismo por reacciones anticipadas, las cuales son generadas principalmente por la humedad. Es importante verificar que el cemento no se encuentre en grumos o endurecido y para ello se puede realizar una simple inspección con la yema de los dedos.

Es trascendente aclarar que un buen almacenamiento parte de una excelente programación y por ello el ingeniero residente deberá estimar los vaciados programados para la próxima semana, con el fin de no acopiar más cemento de la cuenta; esta acción va en detrimento de la calidad.

El Ingeniero debe estimar que conviene solicitar los protocolos de calidad al proveedor del cemento.



2. Almacenamiento del cemento "Imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa".

### 6.2.2.3 CALIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS:

**6.2.2.3.1 Arena:** Según la NSR-10 (**C.3.3.1**) los agregados deben cumplir con la siguiente normatividad: Agregado de peso normal: NTC 174 (ASTM C33) y Agregado liviano: NTC 4045 (ASTM C330). También podrá ser aceptado por el supervisor técnico, el agregado que haya demostrado una buena resistencia y durabilidad a través de ensayos o experiencias.

La NTC 174 utiliza los siguientes parámetros de laboratorio, para medir la calidad de los finos: gradación-finura, densidad y absorción, masas unitarias, pasa tamiz No. 200, contenido de materia orgánica, terrones de arcilla y partículas deleznable, carbón y lignitos, reactividad álcali – agregado, solidez en sulfato de sodio.

**En obra:** Se deben realizar ciertas inspecciones que nos brindaran una posible idea del material, por ejemplo: si después de tener contacto con la arena, las

manos quedan café y con polvo, quiere decir que posiblemente ese material contiene exceso de finos.

En cuanto al almacenamiento del material, se debe contar con un buen espacio para los acopios, tal que permita realizar divisiones, ingreso de volquetas sin contratiempos, lavado de llantas para evitar contaminación con materia orgánica. También se debe evitar el contacto de la arena con la lluvia o la humedad permanente, porque de lo contrario se debe ajustar el diseño de mezclas con la fórmula de corrección por humedad. Normalmente en obra la humedad de la arena puede variar del 3 al 15%.

$$\text{Arena corregida} = \text{arena} (1 + W)$$

$$\text{Grava corregida} = \text{Grava} (1 + W)$$

$$\text{Agua corregida} = \text{Agua inicial} [(\text{absorción} - W) \text{ Arena}] + [(\text{absorción} - W) \text{ Grava}]$$

$$\text{Donde } W = \text{Humedad (\%)}$$

Entre otras, es recomendable que el acopio se construya con una pendiente suave para evitar el empozamiento de aguas, debe contener un desagüe o filtro y no debe estar en contacto con la tierra; para este fin se puede vaciar un mortero de nivelación.

- Ejercicio propuesto para determinar el espacio disponible del acopio de obra x para almacenar arena :

Datos:

Pico de producción de concreto de la obra: 70 m<sup>3</sup>

Masa unitaria suelta de la Arena: 1650 kg/m<sup>3</sup>

Holgura de almacenamiento: 2 días

Altura promedio de descargue de las volquetas (H): 1,80 m

Factor de esponjamiento o expansión= 1,3 ó 30%

Diseño de mezclas por m<sup>3</sup>:

Agua	190 litros
Cemento	360 kg
Arena	920 kg
Grava	1050 kg
Aditivo	2.4 kg

1. Tabla de diseño de mezclas.

Volumen de Arena por m<sup>3</sup> = 920 kg /1650 kg/m<sup>3</sup> = 0,56 m<sup>3</sup>

$$Q = 70 \times 0.56 \times 2 \text{ días} = 78,4 \times 1,3 = 101,92 \text{ m}^3$$

- Q= Cantidad de arena que debo almacenar para garantizar el pico de producción de concreto

$$\text{Espacio de almacenamiento} = Q/H = 101,92 \text{ m}^3 / 1,80 \text{ m} = 57 \text{ m}^2$$

En cuestión de arena, las obras comúnmente reciben gruesa para mampostería y concretos y fina para tarrajeo de muros, cielos rasos y mortero asentado de ladrillo a la vista.

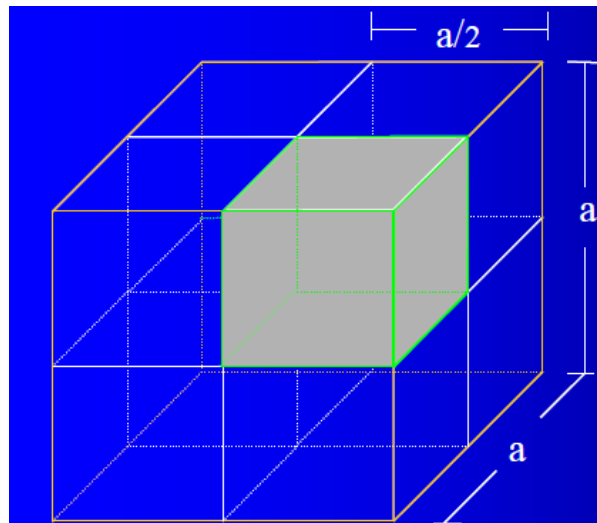
**6.2.2.3.2 Grava:** Según la NSR-10 (**C.3.3.1**) los agregados deben cumplir con la siguiente normatividad: Agregado de peso normal: NTC 174 (ASTM C33) y Agregado liviano: NTC 4045 (ASTM C330). Según (**C.3.3.2**) el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado, ni a
- 1/3 de la altura de la losa, ni a
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Estas consideraciones se podrán omitir si a consideración del profesional facultado para diseñar la trabajabilidad de la mezcla, no se afecta la calidad final del concreto, en materia de durabilidad.

También es indispensable aclarar que siguen cumpliendo las disposiciones generales de la NTC 174, bajo parámetros distintos a tener en cuenta en relación con la arena.

**En obra:** Se debe tener especial cuidado con el TM del agregado grueso, porque si este se reduce entonces aumenta el área superficial de las partículas y por consiguiente se necesitara más cantidad de pasta para cubrir la superficie de los agregados. He aquí un ejemplo del planteamiento anterior de una manera simple:



3. Agregados Josef Farbiarz Universidad Nacional de Colombia

Área de una cara del cubo =  $a \times a = a^2$

Área de 6 caras del cubo = Superficie del cubo =  $6 \times a^2 = 6a^2$

Si TM se reduce a la mitad; entonces se duplica el área superficial

$$(a/2) \times (a/2) = a^2/4$$

$$\text{Área de 6 caras} = 6 \times a^2/4 = (3 a^2)/2$$

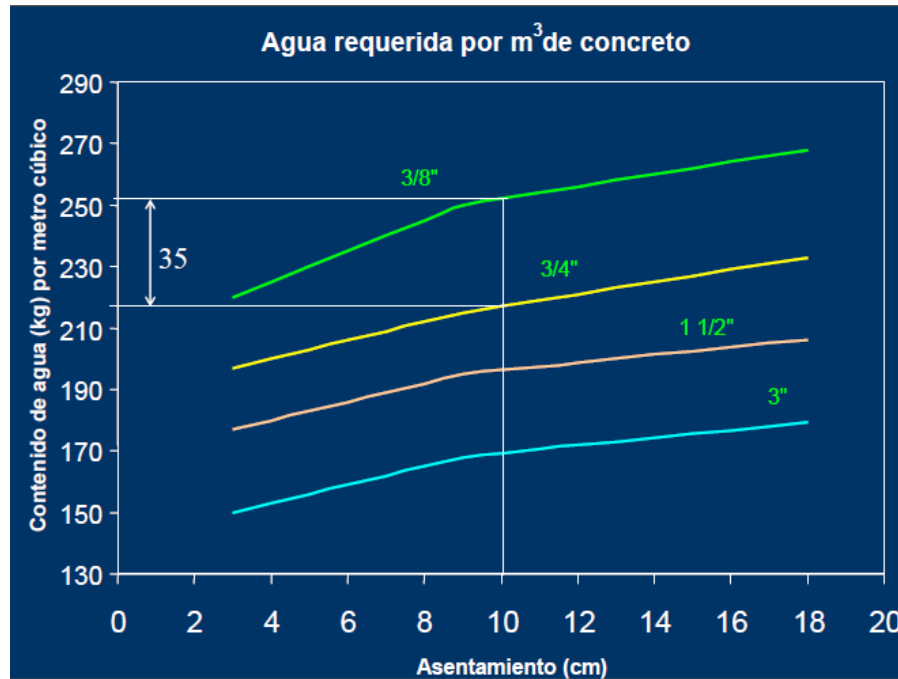
El cubo inicial se transformó en 8 cubos y por consiguiente el área resultante será:

$$\text{Superficie final} = 8 \times (3 a^2)/2 = 12 a^2$$

Esto en otras palabras quiere decir que al aumentar la superficie a cubrir, entonces se incrementara el consumo de cemento.

Para agregados más finos, se puede entonces deducir que al ser mayor el consumo de cemento por metro cubico de concreto; entonces se requerirá más

agua de hidratación y el asentamiento esperado será mucho mayor, tal y como lo muestra el siguiente gráfico:



4. Agua requerida por m<sup>3</sup> de concreto "Agregados Josef Farbiarz Universidad Nacional de Colombia"

## 6.3 CONCRETO: PREPARACION, COLOCACION Y MEZCLADO.

### 6.3.1 PREPARACION

#### 6.3.1.1 CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA PARA UTILIZAR DE FORMA ADECUADA EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO Y SU MUESTREO.

En los proyectos de edificación es común solicitar diseños de mezclas de concreto a los laboratorios teniendo en cuenta la utilización de agregados de diferente procedencia, dado el caso que se requiera cambiar de proveedor por circunstancias ajenas al constructor y que normalmente se encuentran implícitas en toda construcción. De todas formas y ante cualquier otra circunstancia, debemos considerar los siguientes aspectos para la fabricación de un concreto de calidad: Costo, durabilidad, método de vaciado, utilización de la estructura, exposición ambiental, entre otros.

Es trascendental aclarar que la NSR-10 (Norma sismo resistente de 2010) tiene en cuenta nuevos valores de coeficientes de importancia para el diseño de



estructuras e igualmente incluye los diferentes grados de desempeño para elementos no estructurales y por ello tanto el diseñador de la mezcla como el ingeniero calculista, deben interactuar para evaluar los factores más influyentes del proyecto en materia de durabilidad. Un hormigón bien dosificado deberá garantizar aspectos claves como la trabajabilidad en estado fresco, durabilidad, resistencia después del fraguado y economía en la preparación.

**En obra:** Durante el proceso de control de las muestras extraídas de un vaciado, la experiencia indica que debemos considerar una resistencia a los 7 días de aproximadamente el 70-75% de la esperada para el elemento a los 28 días; quiere decir esto que el 25-30% faltante se desarrolla durante los días siguientes. La resistencia inicial del concreto la gobierna principalmente la pasta hasta los 7 días y luego el tiempo faltante predomina la calidad y limpieza del agregado, motivo por el cual no necesariamente un concreto que adquiera la resistencia estimada a los 7 días podrá presentar un buen desarrollo de su resistencia hasta los 28 días, dado que si el agregado utilizado no está limpio o no hace referencia al considerado para el diseño de mezclas, podemos adquirir inconvenientes desde los 7 a los 28 días para alcanzar lo estipulado.

Las muestras de concreto deben obtener su resistencia esperada a los 28 días o según lo especifique el plano (**NSR-10 C.5.1.3**), porque de lo contrario se corre el riesgo de omitir los factores de seguridad con los cuales fue diseñada la estructura; esto de acuerdo con la distribución de probabilidades implícita en los factores de mayoración de cargas utilizados por la Norma Sismo-resistente de acuerdo con la comisión Asesora de la Norma.

También se considera de trascendental importancia identificar que los concretos se pueden dosificar por peso o volumen. Siempre es recomendable dosificar por peso (tener en cuenta para el diseño de mezclas) para evitar problemas de apreciación en el llenado de los recipientes, sobre todo con el agua, porque un pequeño desfase puede casar pérdidas de resistencia considerables al no contemplar la permanencia de la relación agua cemento.

- A continuación se desarrolla un ejercicio donde se da a conocer la forma adecuada de manipular la mezcla para aumentar la cantidad de cemento en un 10% sin alterar la relación A/C.

Diseño de Mezclas por m<sup>3</sup>:

Elemento	Cantidad	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Volumen (Litros)
Cemento	350 kg	3,1	112,9
Arena	1010 kg	2,75	367,27
Grava	948 kg	2,75	344,73
Agua	175 litros	1	175
Aditivo	1 kg	1,2	0,83
Σ	2484 kg		1000ros

2. Tabla de diseño de mezclas.

- 1) En primer lugar debemos conservar la relación agua cemento y para ello aumentamos el agua y el aditivo en la misma proporción.

Nueva cantidad de cemento =  $350 \text{ kg} \times 1,10 = 385 \text{ kg}$

Nueva cantidad de agua =  $175 \text{ L} \times 1,10 = 192,5 \text{ L}$

Nueva cantidad de aditivo =  $1 \text{ L} \times 1,10 = 1,10 \text{ L}$

Elemento	Nueva cantidad	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Nuevo Volumen (Litros)
Cemento	385 kg	3,1	124,19
Agua	192,5 litros	1	192,5
Aditivo	1,10 kg	1,2	0,92

3. Tabla de diseño de mezclas con aumento de agua y aditivo.

- 2) Luego calculamos el nuevo volumen de la pasta, para deducir posteriormente el de los agregados.

Nuevo volumen de pasta = 124,19+192,5+0,92= 317,61 litros

Volumen restante de Agregados = 1000 - 317,61= 682,39 kg

3) Se calcula la relación  $\frac{\text{Arena}}{\text{Arena+triturado}}$

Esta relación permitirá establecer las proporciones de grava y arena; además nos brinda una idea de la manejabilidad de la mezcla porque gobierna los consumos de agua.

$$\frac{\text{Arena}}{\text{Arena + triturado}} = \frac{367,27}{367,27 + 344,73} = 0,52$$

Nuevo Volumen de arena = 0,52 x 682,39 = 354,84 litros

Nuevo Volumen de grava = 0,48 x 682,39 = 327,55 litros

4) Finalmente las nuevas proporciones quedan de la siguiente manera:

Elemento	Nueva cantidad	Densidad (gr/cm3)	Nuevo Volumen (Litros)
Cemento	385 kg	3,1	124,19
Agua	192,5 litros	1	192,5
Aditivo	1,10 kg	1,2	0,92
Arena	975,81kg	2,75	354,84
Grava	900,76 kg	2,75	327,55
$\Sigma$	2455 kg		1000 litros

4. Tabla de diseño de mezclas con nuevas proporciones.

En conclusión, resulta lógico pensar que se disminuye el volumen de los agregados pétreos, dado que se aumentó el volumen de pasta y en ningún momento se alteró la relación agua cemento. La relación de los agregados es un

parámetro importante para obtener una idea acerca de la manejabilidad de la mezcla.

### 6.3.2 COLOCACION

La Norma Sismo resistente de 2010 nos da una idea de los controles previos para llevar a cabo una correcta operación de colocación de concreto en su numeral **C.5.7.1 (preparación del equipo y el lugar)** indicando que se deberá tener un cuidado especial con los siguientes aspectos:

- Todo equipo de mezclado y transporte del concreto debe estar limpio



5. Mezcladora de dos sacos diesel.



6. Limpieza en maquinaria para transporte de concreto

- Deben retirarse todos los escombros y el hielo de los espacios que serán ocupados por el concreto; esta consideración aplica en aquellos lugares donde las bajas temperaturas forman escarcha de manera continua y es muy importante porque el hielo al desintegrarse dentro del concreto, puede dejar vacíos que afectan la integridad de la estructura. De igual manera los escombros tampoco garantizan la homogeneidad de la mezcla.



7. Imágenes que demuestra las condiciones climáticas difíciles en el sector de Envigado parte alta.

- El encofrado debe estar recubierto con un desmoldante adecuado; generalmente al desencofrar sin desmoldante se pueden presentar desprendimientos de concreto fresco, daños en la formaleta, etc.
- El refuerzo debe estar completamente libre de hielo o de otros recubrimientos perjudiciales.
- El agua libre debe ser retirada del lugar de colocación del concreto antes de depositarlo, a menos que se vaya a emplear un tubo para colocación bajo agua (tremie) o que lo permita la autoridad competente; esta consideración aplica para el vaciado de pilas y elementos de fundación. Tiene su razón de ser porque normalmente el vaciado desde alturas mayores a 1 o 2 metros, puede causar segregación del concreto y por lo general cuando se termina de depositar la mezcla en su lugar, queda una especie de lechada en la superficie que bajo ninguna circunstancia se puede considerar como garantía para la estructura.



8. Construcción de la tubería de impulsión Ayurá - el Chocho vaciado de pila

- La superficie del concreto endurecido debe estar libre de lechada y de otros materiales perjudiciales o deleznable antes de colocar concreto adicional sobre ella. Esto hace referencia a lo mencionado en la viñeta anterior, teniendo en cuenta que para continuar con la colocación de concreto adicional se debe utilizar algún producto epoxico para garantizar adherencia con el concreto existente.



9. Construcción de la tubería de impulsión Ayúra- el Chocho utilización de Sikadur 32 para vaciado de cabezote.

También el numeral **C.5.10** del reglamento nos remite a las recomendaciones a tener en cuenta durante la colocación y entre las cuales se resaltan:

- No adicionar agua después de la preparación del concreto porque se altera la resistencia; los morteros son los únicos a los cuales se les puede agregar agua porque en ellos gobierna la trabajabilidad.
- No colocar concreto endurecido porque afecta la cohesión u homogeneidad de la mezcla.
- Evitar las juntas frías (continuidad del vaciado).



10. Vaciado de losas de concreto en forma alternada por módulos año 2012 Medellín- Colombia

- Compactación por métodos adecuados que garanticen el llenado de los espacios y cubrimiento del acero de refuerzo.
- Evitar desplazamientos largos en el transporte de concreto, porque esto favorece la segregación. En este numeral, el ingeniero residente deberá analizar si resulta conveniente la utilización de sistemas de colocación que permitan un fácil acceso al lugar de trabajo, como por ejemplo bomba estacionaria o autobomba. En el caso de la bomba estacionaria se debe verificar que los accesorios se encuentren bien en los empates y adicionalmente se recomienda comprobar que la tubería se instale sin codos pronunciados que generen grandes pérdidas locales. Se invita a evitar la utilización de tuberías en aluminio, porque la capa de recubrimiento, al entrar en contacto con el concreto, genera pérdidas de resistencia para el mismo (Aluminosis). En la autobomba, se debe realizar la visita previa con el representante de la concretera para revisar radios de giro, ubicación, maniobrabilidad, etc.



11. Autobomba: En este caso no se verifico la interferencia con el alumbrado público.



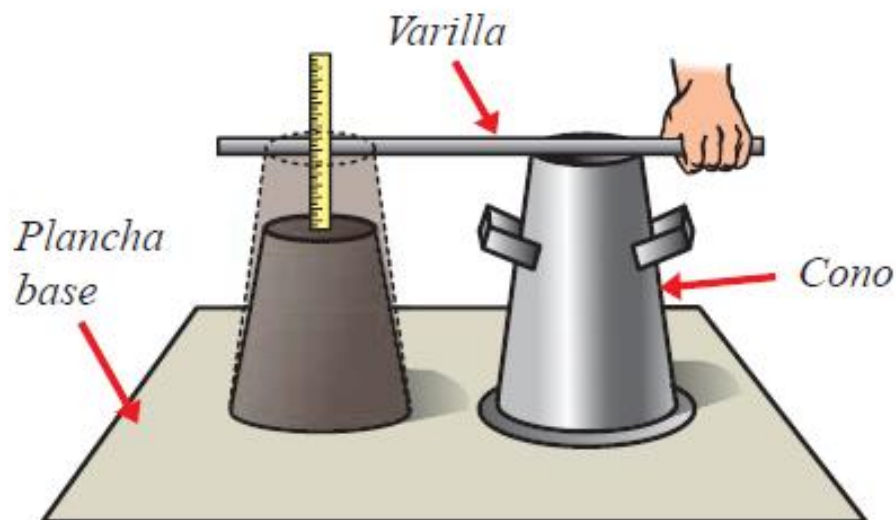
12. Bomba Estacionaria.

### 6.3.2.1 ENSAYO DE ASENTAMIENTO O SLUMP

Adicionalmente a las recomendaciones que nos indica la norma, se deben controlar parámetros como por ejemplo: Asentamiento, vibrado, revisión de los planos previamente, limpieza de la superficie, etc.

El ensayo en referencia se hace con el objetivo de verificar que la mezcla cumpla con los requisitos del diseño (comparando con el parámetro suministrado por el laboratorio) y adicionalmente para verificar que la trabajabilidad sea adecuada para ejecutar correctamente las labores de transporte y colocación. Un asentamiento muy pequeño indica una mezcla que difícilmente se deja depositar, en cambio, un concreto con gran asentamiento hace referencia a una mezcla muy fluida con condiciones particulares.

El ensayo se realiza con un cono el cual se llena con tres capas de concreto igualmente distribuidas, las cuales se perforan 25 veces en espiral de afuera hacia adentro con una varilla lisa de acuerdo con la normatividad asociada. Inmediatamente después se nivela el cono, se levanta verticalmente y se le coloca al lado del concreto con el objetivo de medir el asentamiento de la mezcla colocando la varilla de forma horizontal.



13. Ensayo del cono de Abrams "Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa."





14. Proceso en campo Enero de 2015

**En obra:** Siempre que se realice un pedido de concreto premezclado asegurarse que el camión mezclador o mixer tenga su respectivo sello y que la remisión del concreto muestre claramente el asentamiento de diseño, resistencia, tamaño del agregado, tipo de concreto, entre otros.



15. Sello de el camión mezclador o mixer.

Si una vez realizado el ensayo, el slump no cumple con lo que indica la remisión, entonces se recomienda llamar a la línea de atención de su concretera para corregir el posible inconveniente.

Si el concreto es preparado en obra se debe tomar el ensayo en las primeras tandas de mezclado para corregir posibles falencias de preparación y garantizar trabajabilidad.

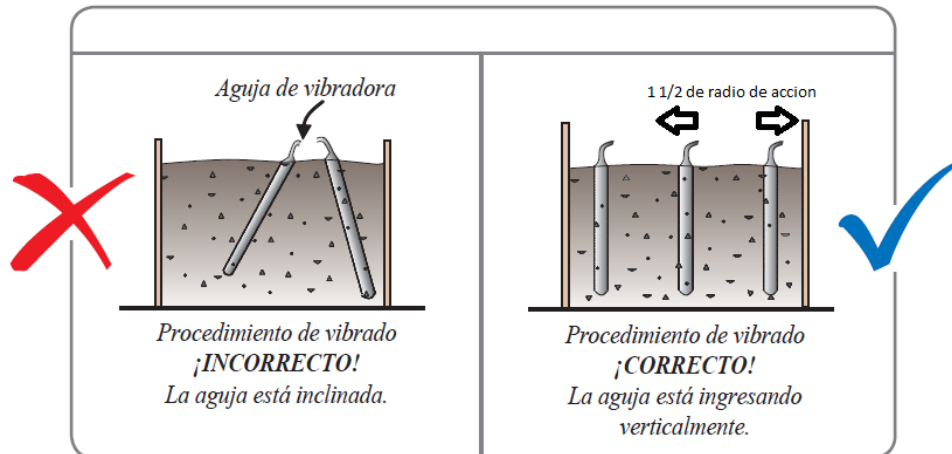
### **6.3.2.2 VIBRADO**

Esta es una operación que se debe realizar con el fin de eliminar el aire atrapado en la mezcla; este puede causar efectos negativos para la durabilidad del concreto, como por ejemplo:

- Incremento de la permeabilidad del concreto, lo que lo hace más vulnerable a ataques químicos y biológicos.
- Reducción de la adherencia entre el concreto y el acero.
- Reducción de la resistencia. Por cada 1% de aire atrapado, la resistencia se reduce en un 2 o 3%.

#### **¿Cómo se vibra?**

El vibrador se debe insertar en posición vertical de manera que no se presente segregación de la mezcla, igualmente se debe inspeccionar que la aguja traslape la capa anterior en al menos 10 cm (profundidad que se considera adecuada) y como tiempo estimado para la penetración del concreto, se estiman razonablemente unos 10 segundos por punto como máximo. La experiencia indica que cuando cesa el escape de burbujas de aire y aparece una costra acuosa y brillante, se debe retirar el vibrador.

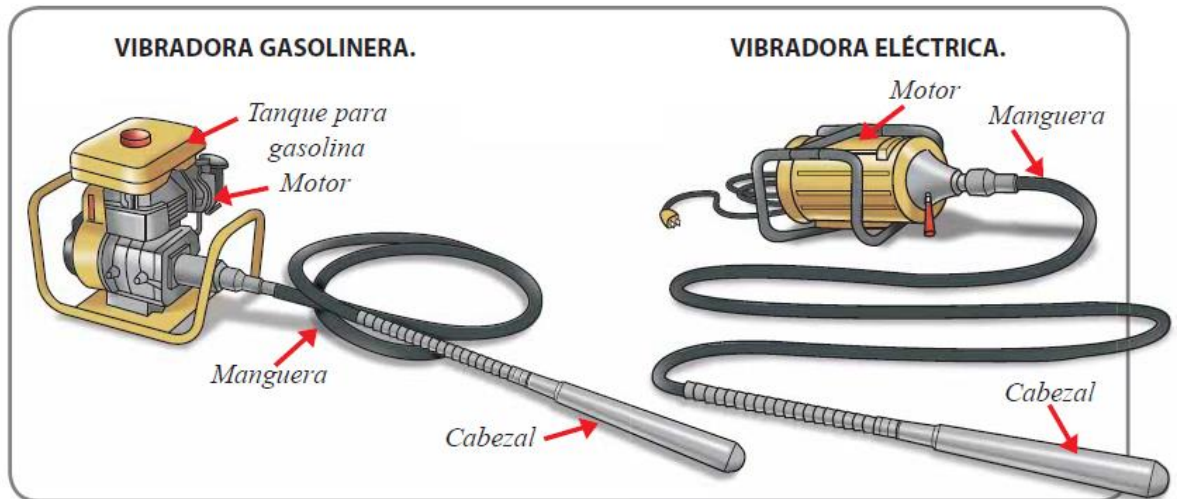


16. Correcto e incorrecto vibrado de concreto “Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa”.



17. Vibrado realiza en obra.

Existen varios tipos de vibradores, pero los vibradores eléctrico y de gasolina son los más comúnmente utilizados en la obras. Respecto al vibrador de gasolina la recomendación fundamental está orientada a no dejar agotar el combustible y se debe prever una reserva considerable para realizar el vaciado. Igualmente se deben realizar mantenimientos preventivos para evitar molestias durante la colocación del concreto. En el vibrador eléctrico por su parte, se debe garantizar una fuente de alimentación energética constante y a la par un mantenimiento oportuno del equipo.



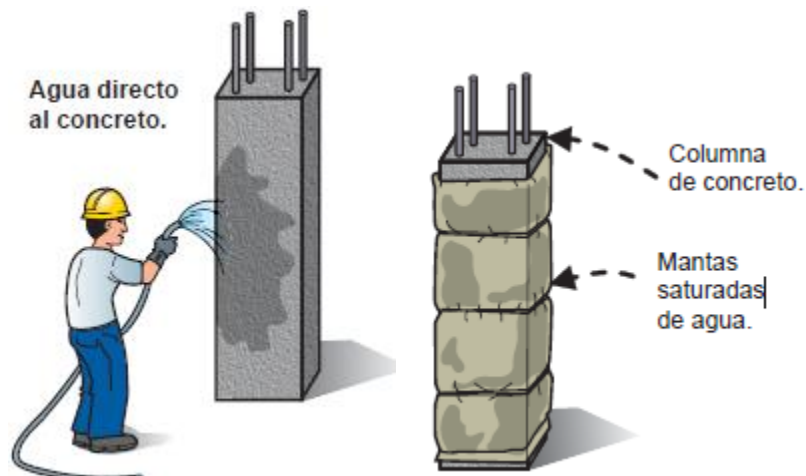
18. Tipos de vibradores "Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa".

### 6.3.2.3 CURADO

Para evitar posibles fisuras debido a la contracción por temperatura en estado fresco, es necesario el curado del concreto por medio de agua, este se debe iniciar horas después del vaciado y extenderse por los siguientes 7 días, esto evitara la fisuración y hará que el concreto alcance su resistencia definitiva. Para el curado se pueden utilizar membranas y/o superficies que retengan el agua.

Generalmente los procedimientos más utilizados en obra son:

- Continua y directa aplicación de agua sobre las superficies.
- Curado con materiales como arena, aserrín, etc.
- Membranas o polietilenos.



19. Curado del concreto en obra "Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa".

## 7. ETAPAS DE LA CONSTRUCCIÓN EN LA ESTRUCTURA

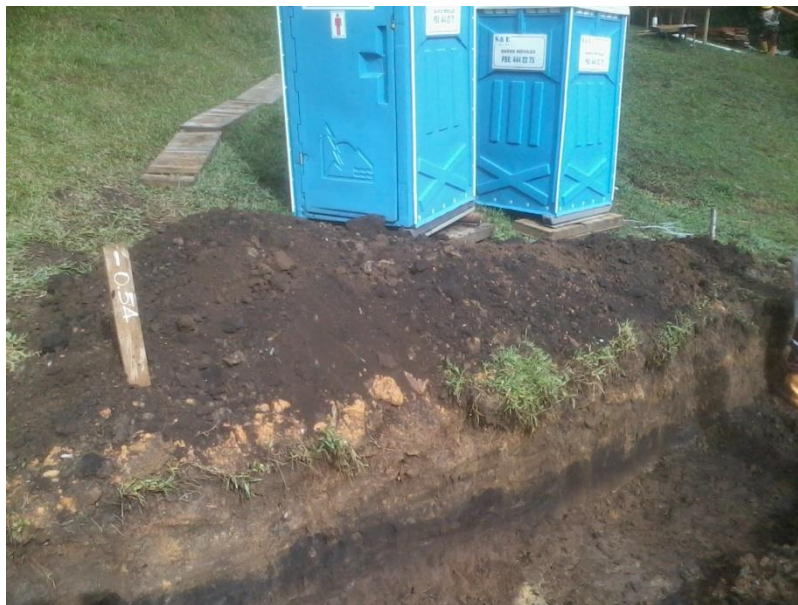
### 7.1 CIMENTACIÓN

**7.1.1 Definiciones y conceptos básicos:** La cimentación es una parte de la estructura que tiene como objetivo principal la transmisión adecuada del peso de la edificación al suelo. Las fundaciones generalmente deben tener un área de contacto calculada para que las cargas de punzonamiento no logren vencer la resistencia del terreno ( $\sigma$  admisible), la cual casi siempre es menor.

**Actividades previas a la construcción:** En todo proyecto es recomendable siempre realizar un estudio de suelos pertinente, el cual nos determine las características más prominentes del material a través de cada uno de sus estratos.

Según la Norma Sismo resistente (título I) es función de la supervisión técnica constatar que las características encontradas en el terreno, correspondan verdaderamente al estudio geotécnico; de no ser así, se deberá informar al ingeniero encargado del estudio de suelos para tomar los correctivos y recomendaciones necesarios.

El ingeniero residente también es responsable de la construcción y por ello debe tener el criterio suficiente para decidir en que tipo de estrato no se puede apoyar una estructura y debe apoyar al supervisor técnico para tomar decisiones acertadas. En la siguiente imagen se observa una franja de material orgánico que se tuvo que remover en determinado proyecto para garantizar una fundación adecuada.



20. Remoción de material orgánico en obra.

También es común observar en los proyectos la extracción de muestras continuas a medida que se profundiza la cimentación, con el fin de que el ingeniero especialista en geotecnia otorgue un concepto acertado para definir la profundidad de desplante de las pilas o las zapatas. Acostumbrar esta práctica le da un valor agregado a nuestro trabajo. Respecto a la normatividad asociada, la NSR-10 en su literal H de estudios geotécnicos, numeral **H.4.6**, da a conocer 3 aspectos importantes para garantizar que el cálculo de la profundidad mínima de la cimentación, pueda contemplar los parámetros necesarios para cumplir con la capacidad de carga de la estructura.

**En obra:** Como recomendación primaria, el ingeniero residente de obra, deberá verificar el estado de las construcciones vecinas, con el fin de obtener información importante referente al comportamiento de las estructuras. En la realización de las actas de vecindad, nos podremos dar cuenta de las precauciones que se deben tomar para no afectar la cimentación de las edificaciones aledañas e igualmente se pueden identificar patologías estructurales comunes al vecindario, las cuales pueden estar asociadas a deficiencias en procesos constructivos o a una inadecuada selección del tipo de cimentación. La Norma Sismo resistente en su numeral **H.5.1.2.3**, obliga al constructor a tomar las precauciones necesarias para que durante las excavaciones se protejan de manera adecuada las estructuras adyacentes por medio de obras complementarias.



21. Inspección previa a la construcción de la obra: acta de vecindad.

He aquí algunos métodos para repotenciar o rehabilitar fundaciones existentes:

- **Pilas mellizas:** Este es un método que consiste en la construcción de dos pilas adyacentes a la pila a repotenciar; dichas pilas no deben tener una profundidad mayor a la pila a rehabilitar. Este método puede ser contraproducente, porque se corre el riesgo de generar desconfinamiento en el terreno, causando un posible asentamiento del edificio a repotenciar. Al final del procedimiento, se construye un dado en concreto reforzado que amarre el elemento existente a las nuevas pilas.
- **Inyecciones de cemento:** Consiste en una inyección de cemento para consolidar o estabilizar el terreno. Dependiendo del tipo de suelo, se pueden generar consumos excesivos.
- **Micropilotes anclados a zapatas:** En este método se perfora la viga de fundación existente y se construyen micropilotes a determinada distancia.

- **Zapata nueva bajo zapata existente:** Se instala un retaque provisional bajo la viga de fundación y excava de tal manera que se pueda construir una zapata por debajo de la fundación existente. Los espacios entre la excavación y la fundación existente, se rellenan con un concreto autocompactante, es decir, un concreto que gracias a su fluidez y cohesividad, facilita su colocación en objetos de difícil acceso.

De igual forma, cualquiera de los métodos anteriormente mencionados es válido para reforzar las estructuras que se considere durante el proyecto; existen otros métodos, pero estos son algunos ejemplos. En todo caso, se deben tener precauciones especiales con el tipo de terreno en el que se va a fundar la edificación, porque los suelos blandos pueden amplificar las ondas sísmicas favoreciendo asentamientos nocivos para las estructuras. En edificaciones de uno y dos pisos, por ejemplo, es usual realizar apiques de máximo 2m para verificar la calidad del suelo; también es útil enterrar una barra de acero de 1/2" en el fondo de dicho apique y si se hunde con facilidad el suelo podrá ser considerado como blando.

**7.1.2 Consideraciones básicas para el manejo de aguas:** La NSR-10 en su capítulo H.8 hace referencia al sistema constructivo de cimentaciones, excavaciones y muros de contención. Para la norma es importante el control del flujo del agua en cimentaciones y por ello propone métodos para abatir el nivel freático de forma que el constructor pueda trabajar de manera segura. Comúnmente en las obras utilizamos pequeñas motobombas que ayudan a evacuar el agua de manera eficiente dependiendo de la potencia requerida.

$$\text{Pot} = \gamma \times Q \times H_a$$

Pot = Potencia de la bomba

$\gamma$  = Peso específico del fluido

Q = Caudal

$H_a$  = Altura Útil de la bomba

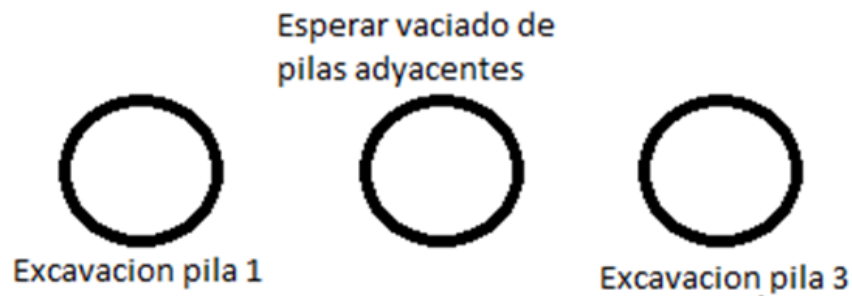
Evacuar el agua es importante porque da estabilidad a la excavación y el anillado (en caso de que se trate de una pila), además preserva el estado de los esfuerzos del suelo.





22. Manejo de aguas en obra

**Recomendación:** Si estamos construyendo pilas muy cercanas (sobre un mismo eje y a diferentes niveles) una de las recomendaciones consiste en excavar de manera alternada y posteriormente vaciar alguna de las pilas adyacentes para comenzar con la del centro; este método garantiza que el agua no fluya a través del terreno por el principio de los vasos comunicantes.



23. Recomendación de excavación de pilas

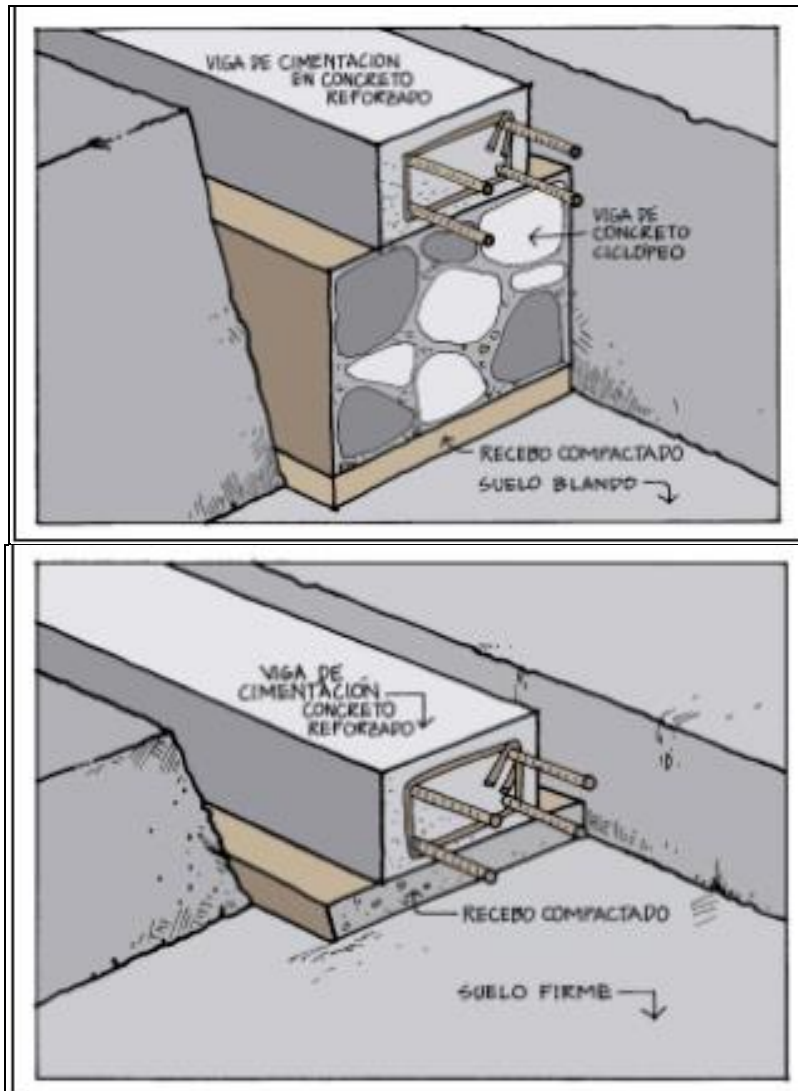
### 7.1.3 Proceso constructivo:

**7.1.3.1 Cimentaciones superficiales:** Para la Norma sismo resistente, el ingeniero geotecnista es el responsable de orientar los procedimientos constructivos en fundaciones. Normalmente en cimentaciones superficiales debemos comenzar con la adecuación del terreno, controlando que el fondo de la zanja que se excava para la viga de fundación perimetral, se encuentre en terreno natural, libre de material orgánico.



24. Adecuación del terreno "Imagen extraída del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Proceso de Adecuación y nivelación del terreno".

Posteriormente, resulta muy recomendable inspeccionar la firmeza del terreno para determinar si debo o no construir un cimiento en concreto ciclópeo (previo a la construcción de la cimentación en concreto reforzado); de lo contrario basta con la colocación de un recebo compactado. Normalmente se recomienda para casas de uno y dos pisos, que las dimensiones del ciclópeo no sean inferiores a 30 cm de altura por 30 cm de ancho.



25. Firmeza del terreno "Imagen extraída del manual de construcción evaluación y rehabilitación sísmo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Proceso de selección del método constructivo adecuado".

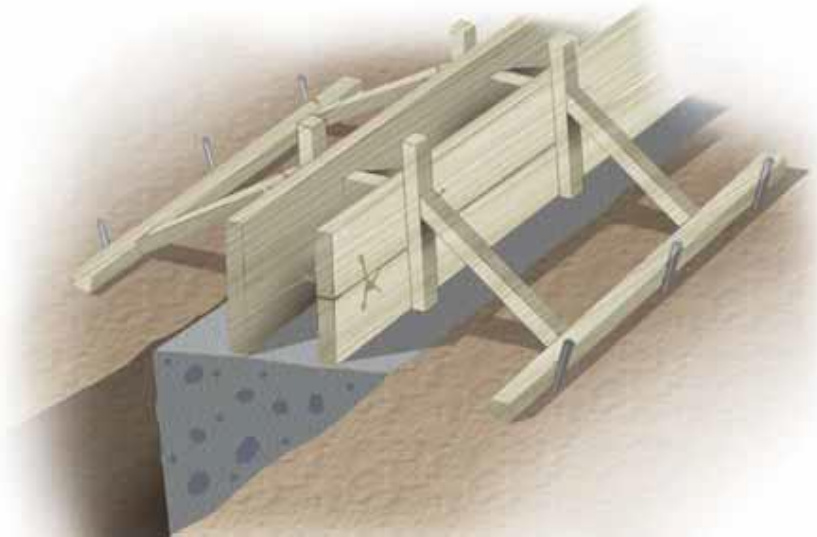
Durante el vaciado del concreto ciclópeo, es preferible que este se haga por capas para poder acomodar adecuadamente las rocas, garantizando que estas últimas logren quedar embebidas en la mezcla de concreto. Por ningún motivo es recomendable que las rocas queden en contacto una con la otra, para ello es importante que el oficial encargado, esté al tanto de sus ayudantes. También se hace necesario seleccionar correctamente el tamaño de las rocas, porque aquellas que sean mayores al tamaño de la viga pueden generar discontinuidades en el elemento.

En el caso de la viga de fundación en concreto reforzado, la norma, en su capítulo E (Casas de uno y dos pisos), numeral E.2.2, otorga los valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones. Este gráfico, nos indica de acuerdo con el sistema estructural y el número de pisos de la edificación, que dimensiones debe escoger el constructor para su viga de fundación, al igual que proporciona el espaciamiento del acero y el tamaño de las barras a instalar.

	Sistema Estructural	Un piso	Dos Pisos	Resistencia Mínima, MP <sub>a</sub>	
Anchura	Mampostería	250 mm	300 mm	f <sub>y</sub>	f <sub>c</sub>
	Bahareque	200 mm	250 mm		
Altura	Mampostería	200 mm	300 mm		
	Bahareque	150 mm	200 mm		
Acero Longitudinal Estribos		4 No. 3 (ó 10M) No. 2 a 200 mm	4 No. 4 (ó 12M) No. 2 a 200 mm	420	17
				240	
Acero para anclaje de muros	Mampostería	No. 3	No. 3	412	
	Bahareque	No. 3	No. 4		

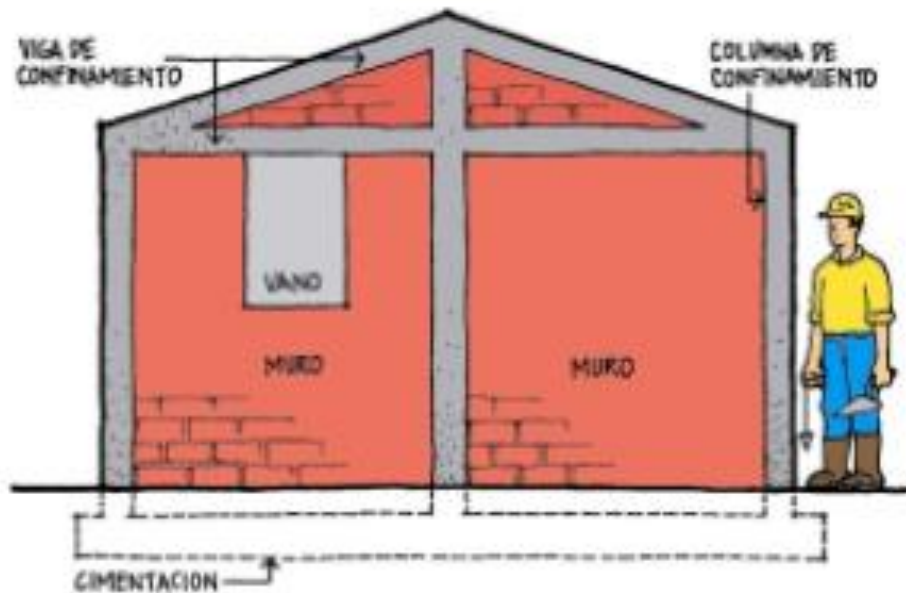
5. Tabla correspondiente al capítulo E.2.2-1 NSR-10

Para encofrar la viga de cimentación, se debe procurar que la calidad de la madera sea muy buena para evitar deformaciones u otros inconvenientes, al igual que se sugiere tener cuidado con la textura superficial, debido a que se trata de concreto a la vista. Generalmente en el mercado, se comercializan módulos de una madera conocida como Súper T o M.U.F que se vende en diferentes presentaciones y se puede recortar de acuerdo a las necesidades del constructor, además se estima que esta puede tener hasta unos 5 o 6 usos. También existe lo que se conoce como tabloncillos de madera cepillada, esta propuesta puede resultar mejor económicamente, pero su ancho solo es de 20 cm por lo cual si la altura del elemento es mayor, se hace necesario utilizar doble formaleta. En el siguiente gráfico se observa una de las tantas formas que se tiene para encofrar una viga de cimentación, en él se propone la colocación de barrotes a 45°, los cuales se pueden distanciar aproximadamente cada 60 cm; estos a su vez, van apoyados sobre unos listones anclados al terreno. Interiormente se colocan distanciadores de madera y se refuerza con alambre quemado, aunque preferiblemente es mejor usar distanciadores elaborados con el mismo acero de refuerzo, porque la madera se puede descomponer al interior del concreto, causando perjuicios para el mismo.

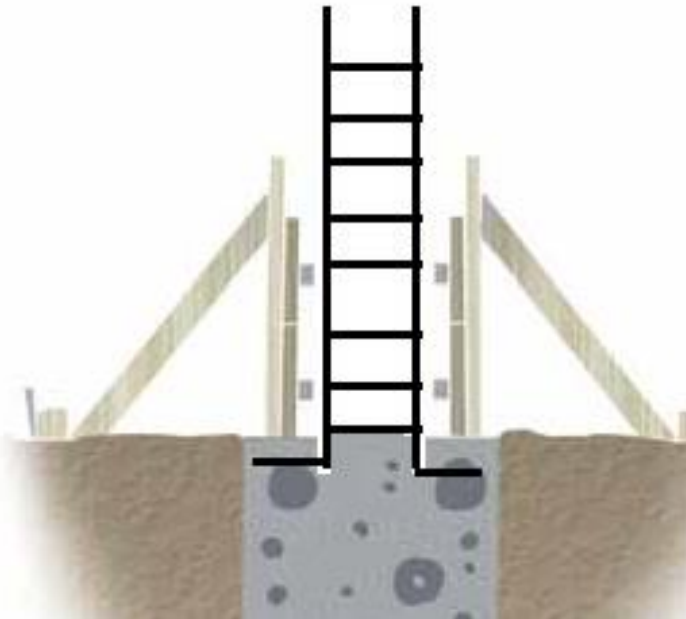


26. Armado de viga de cimentación "Imagen extraída del manual del maestro constructor Aceros Arequipa".

De igual forma, se debe considerar el acero de refuerzo de las columnas de confinamiento si estamos utilizando el sistema estructural de mampostería confinada. Este se debe dejar embebido en el vaciado de la viga, luego se construirán los muros, y por último se vaciarán las columnas.

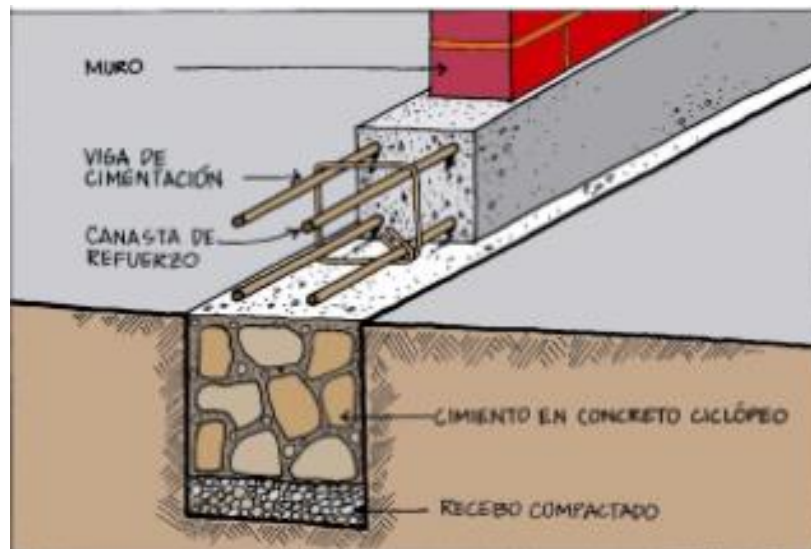


27. Esquema de vigas, columnas y muros "Imágenes extraídas del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Mampostería confinada".

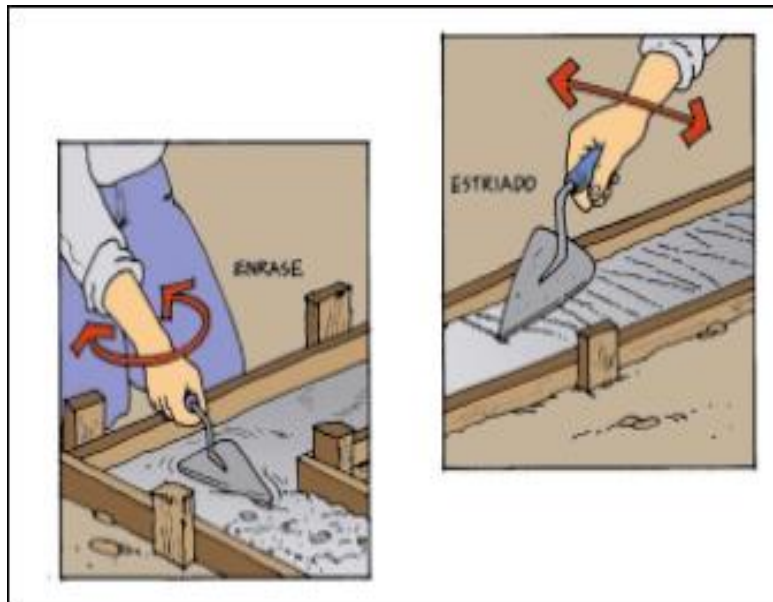


28. Colocación de acero en columnas "Imágenes extraídas del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Mampostería confinada".

En cuanto al acabado del concreto superficial, este debe ser estriado para facilitar la adherencia con la mampostería; es decir, se necesita generar un puente de adherencia.



29. Generación de puente de adherencia "Imágenes extraídas del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Mampostería confinada".



30. Acabado de concreto superficial “Imágenes extraídas del manual de construcción evaluación y rehabilitación sismo-resistente de viviendas de mampostería AIS: Acabado superficial”.

En las fundaciones, resulta prioritario que el estudio de suelos determine las posibles concentraciones de minerales presentes en el suelo con el objeto de entender el nivel de exposición al cual se someterá la estructura y así definir el tipo de concreto a utilizar. La Norma Sismo resistente define muy bien el nivel de exposición en el numeral C.4- Requisitos de durabilidad del concreto, donde estipula que el profesional facultado para diseñar debe asignar dicha clase.

Categoría	Severidad	Clase	Condición	
F Congelamiento y deshielo	No es aplicable	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo	
	Moderada	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad	
	Severa	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad	
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	
S Sulfato			Sulfatos solubles en agua ( $SO_4$ ) en el suelo, % en peso	Sulfato ( $SO_4$ ) disuelto en agua, ppm
	No aplicable	S0	$SO_4 < 0.10$	$SO_4 < 150$
	Moderada	S1	$0.10 \leq SO_4 < 0.20$	$150 \leq SO_4 < 1500$ agua marina
	Severa	S2	$0.20 \leq SO_4 \leq 2.00$	$1500 \leq SO_4 \leq 10000$
	Muy severa	S3	$SO_4 > 2.00$	$SO_4 > 10000$
P Requiere baja permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad	
	Requerida	P1	En contacto con el agua donde se requiere baja permeabilidad	
C Protección del refuerzo para la corrosión	No aplicable	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad	
	Moderada	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de iones	
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de iones provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	

6. Tabla correspondiente al capítulo C.4.2.1 NSR-10

Es entonces función de la supervisión técnica, velar por el cumplimiento de estos requisitos obligatorios del diseño y función del ingeniero residente ajustarse a dichos parámetros de estricto cumplimiento.

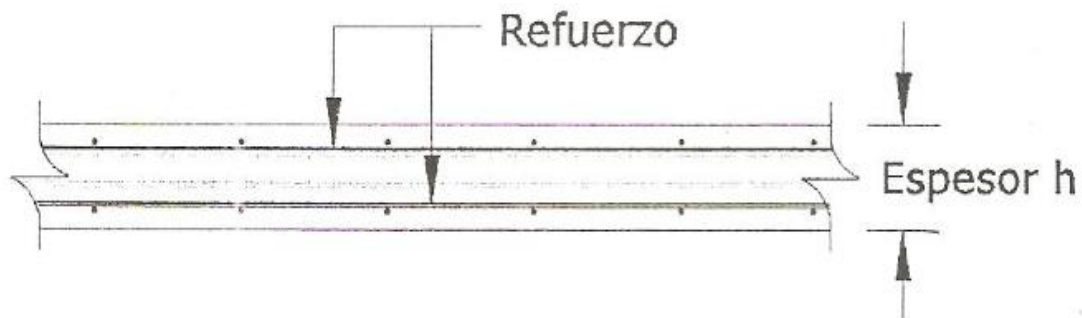


Adicionalmente se recomienda cumplir con todas y cada una de las disposiciones que encontramos en este corto manual de procesos constructivos para garantizar la calidad de la construcción en estructuras de concreto. Ver Capítulo 14.3.

## 7.2 SISTEMA DE LOSAS, VIGAS Y NERVIOS

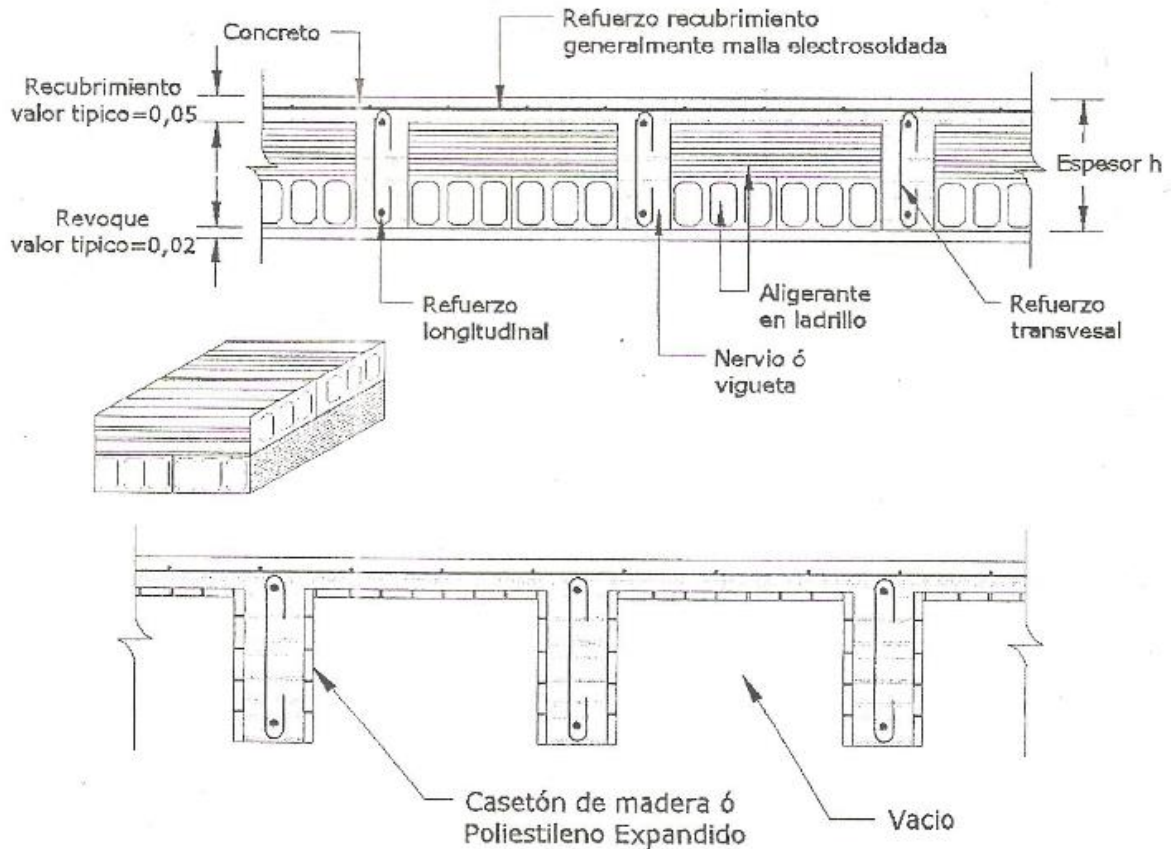
### 7.2.1 Clases de losas:

**Macizas:** Son losas en el que todo el volumen, es ocupado por el concreto, más el acero de refuerzo.



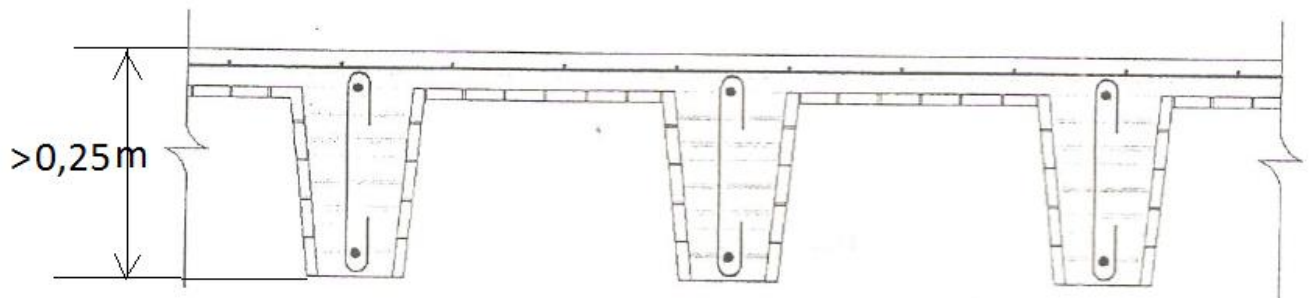
31. Losa Maciza "Diseño de estructuras en hormigón "Ingeniero Rodrigo Augusto Rico Higuita".

**Aligeradas:** Se dejan espacios no llenos con concreto, con el fin de disminuir el peso de la estructura y su costo. Los espacios podrán estar vacíos o llenos con aligerante (madera, ladrillo, poliestireno expandido "Icopor", etc.).



32. Losa aligerada "Diseño de estructuras en hormigón Ingeniero Rodrigo Augusto Rico Higuita".

Se recomienda utilizar aligerante en madera o poliestireno expandido "Icopor", para espesores de losa mayores a 25 cm.



33. Aligerante de losas "Diseño de estructuras en hormigón Ingeniero Rodrigo Augusto Rico Higuita".

Las losas se pueden diseñar y construir con viguetas o nervios en una y dos direcciones como se especifica en el siguiente gráfico:



34. Losas en una y dos direcciones "Diseño de estructuras en hormigón Ingeniero Rodrigo Augusto Rico Higuita".

De igual forma, la norma sismo resistente en su Capítulo C.9 (Requisitos de resistencia y funcionamiento), establece los espesores de las losas unidireccionales y en dos direcciones, en función de la longitud del elemento.

También en su título E, la norma establece la cantidad mínima de refuerzo para viviendas de uno y dos pisos, donde especifica el espaciamiento y el diámetro de la barra a utilizar en losas macizas y para viguetas de losas aligeradas.

	Espesor mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que <b>NO</b> soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

8. Tabla C.9.5(a) Alturas o espesores mínimos de vigas no pre-esforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones.

Por su parte, la tabla que se adjunta a continuación, limita la deflexión máxima para elementos reforzados en dos direcciones:

Tipo de elemento	Deflexión considerada	Limite de deflexión
Cubiertas planas que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, $L$	$l/180$
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, $L$	$l/360$
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional) <sup>†</sup>	$l/480$ <sup>‡</sup>
Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.		$l/240$ <sup>§</sup>

9. Tabla C.9.5 (b) Deflexión máxima admisible calculada

La deflexión calculada por medio de la tabla C.9.5(b) es un punto de partida muy importante para solicitarle al ingeniero calculista, si el mortero de nivelación (el cual servirá como interface entre la estructura y el revestimiento final) debe ser sistema adherido o no adherido, garantizando la calidad en la colocación de pisos y enchapes; esta precaución del ingeniero residente, al igual que la adecuada modulación de juntas ortogonales, evitara los inconvenientes en la etapa de postventas de la edificación.

### 7.2.2 Proceso constructivo de losas macizas:

Previamente, se deberán preparar los materiales necesarios y nivelar el terreno adecuadamente. Luego se comienzan a ubicar los largueros paralelos a los muros los cuales son apoyados sobre puntales; el espaciamiento de los puntales debe ser calculado teniendo en cuenta el ancho aferente o también dependiendo del caso, este podrá ser solicitado por el ingeniero residente al fabricante que suministra la obra falsa en calidad de alquiler u adquisición por parte de la empresa. En la siguiente imagen el proveedor de formaletas mundialmente conocido "PERI" demuestra de forma didáctica la cantidad de puntales necesarios por metro cuadrado que se utiliza en uno de sus sistemas promocionados para encofrados de losas, teniendo en cuenta el espaciamiento recomendado.

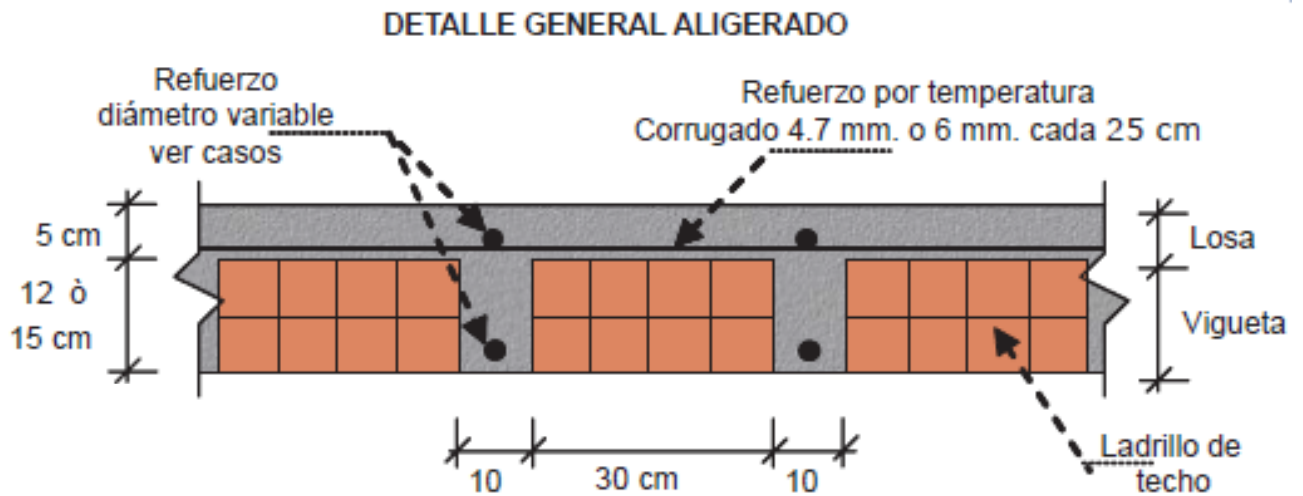


35. Espaciamiento sugerido en un sistema de encofrado de losas por un proveedor mundialmente conocido.

En este caso el espaciamiento permitido para los puntales es demasiado amplio, pero normalmente en las construcciones convencionales no se acostumbra utilizar un espaciamiento mayor a 0,60m para losas macizas. También es importante considerar el arriostramiento (restricción con diagonales) de los sistemas de encofrado, debido a que es fundamental limitar al máximo los desplazamientos laterales de los pórticos.

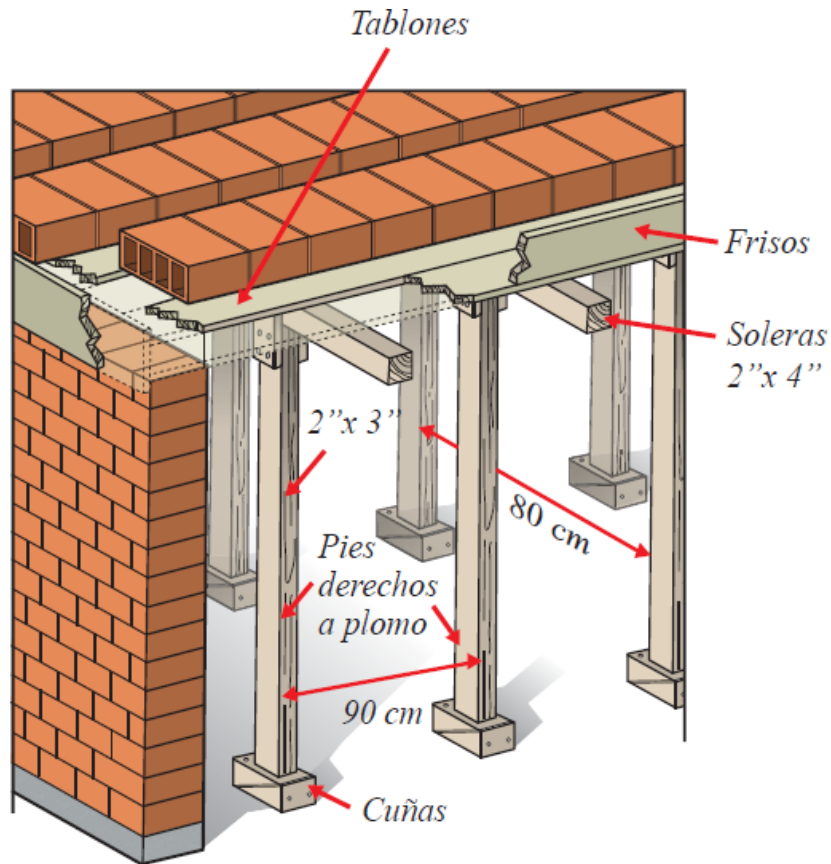
Una vez se cumplen los requisitos anteriormente descritos, se procede a colocar la formaleta entre los largueros de tal forma que no se dejen espacios en los cuales se pueda filtrar el concreto. Luego se procede a armar el acero de refuerzo, procurando que se dejen unos distanciadores o panelas que faciliten una separación de aproximadamente 5cm entre el acero de refuerzo y la superficie de apoyo para el concreto y luego se procede a vaciar el concreto teniendo en cuenta todas las recomendaciones descritas en ocasiones anteriores por este manual.

### 7.2.3 Proceso constructivo de losas aligeradas:



36. Detalle losa aligerada "imagen extraída del manual de construcción para maestros de obra aceros Arequipa: losas aligerada".

En estas losas se debe tener en cuenta las dimensiones requeridas para el espesor y las medidas en planta del aligerante; generalmente las dimensiones del casetón o aligerante utilizado para las mismas son estandarizadas, encontrándose en el mercado gran variedad de los mismos ya sean recuperables o no. Así mismo, el espesor de diseño determinará la carga que puede resistir la losa. En las losas aligeradas intervienen comúnmente algunos elementos durante el encofrado, los cuales serán descritos a continuación mediante la siguiente gráfica, la cual demuestra cómo se puede preparar la superficie de encofrado para una edificación de uno u dos pisos:



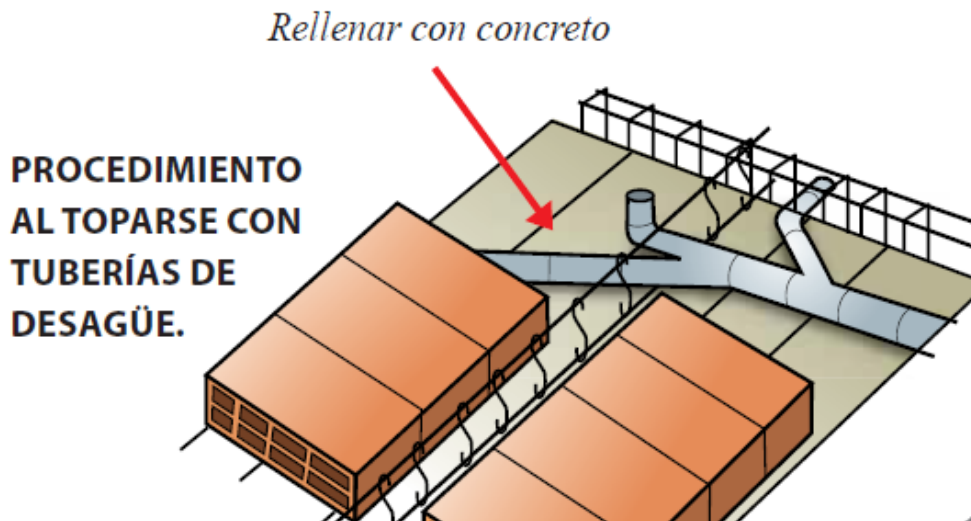
37. Apoyos para lasas aligeradas "Imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa: Encofrado de losa aligerada".

Para armar el encofrado será necesario contar con soleras corridas soportadas por pies derechos (puntales) espaciados más o menos a 90 cm. Luego, se procede a colocar los tablonés sobre las soleras en sentido contrario, fijándolos por medio de clavos de 3" aproximadamente. Los tablonés servirán para apoyar los ladrillos y para ser fondo de encofrado de las viguetas, las cuales serán explicadas con mayor detenimiento de manera posterior.

Para delimitar el vaciado de la losa, se colocarán frisos en los bordes, con una altura igual a su espesor de manera que se garantice el volumen de concreto estipulado inicialmente para el vaciado. Posterior al encofrado, se continuará con la colocación de los ladrillos alineados uno detrás de otro, evitando que queden espacios vacíos entre ellos para impedir que se filtre el concreto durante el vaciado de las viguetas, cuya armadura se coloca de manera posterior a los ladrillos o aligerante.

**En obra:** Teniendo en cuenta el inevitable cruce de las redes eléctricas e hidrosanitarias con los diferentes elementos estructurales durante la construcción de nuestro proyecto, se deben considerar ciertas opciones las cuales favorecen indudablemente la integridad estructural de nuestra losa.

- 1) Si en algunas zonas se presenta una concentración excesiva de tuberías de desagüe, resulta recomendable convertir esta área de losa aligerada en losa maciza, es decir, retirar los ladrillos y vaciar toda el área en concreto con su respectivo refuerzo. Esto debe ser consultado previamente con el calculista, porque se está aumentando el peso de la losa de manera considerable en una zona puntual y adicionalmente se está dejando tuberías embebidas y al momento de reparar o reponer se tendrá que optar por demoler la losa en un determinado caso.



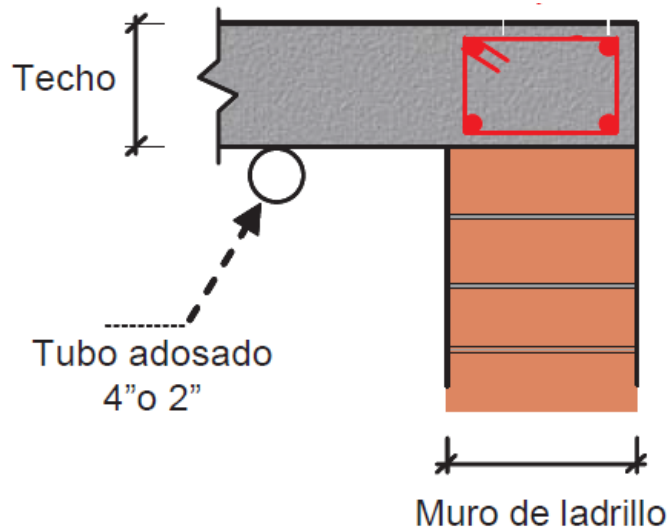
38. Cruce de redes en losas "Imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa: Cruce de tuberías".

- 2) Otra de las opciones comúnmente aceptadas y más utilizadas en la construcción de edificaciones comerciales y habitacionales, consiste en colocar las tuberías adosadas al techo (inferior o superior) evitando que crucen las viguetas y utilizando un cielo falso para mejorar la estética. Si por lo contrario se instala la tubería por la parte superior, esta podrá quedar embebida en el mortero de nivelación considerando un recubrimiento superior que garantice la integridad de la misma.

**Nota:** Bajo ninguna circunstancia se permiten las regatas o canchas longitudinales en las losas para instalar las tuberías, porque esta práctica



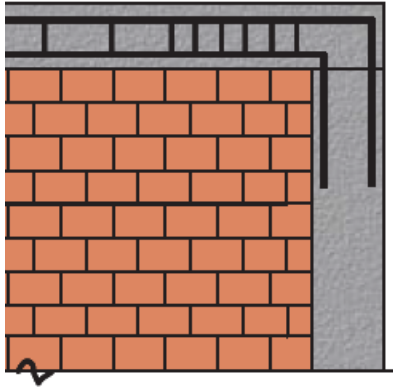
favorece discontinuidades perjudiciales para la integridad estructural de la edificación y genera la aparición de fisuras posteriores.



39. Colocación de tuberías debajo de losas "Imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa: Colocación de tuberías adosadas".

### 7.2.3.1 Colocación del acero de refuerzo para vigas:

Para la colocación del acero de refuerzo en las losas (vigas y viguetas), el maestro de obra al igual que el ingeniero residente deberán estar muy pendientes de ciertos detalles que son fundamentales para garantizar el correcto funcionamiento de la misma durante su etapa de prueba y puesta en funcionamiento. Resulta entonces prioritario realizar chequeos comprobando que los diámetros de las varillas utilizadas concuerden con el plano de estructuras e igualmente debe probarse que el espaciamiento de los estribos sea el indicado, en especial en las zonas próximas a las columnas, ya que allí siempre se especifica una mayor concentración, lo que se conoce normalmente como la zona de confinamiento, en la cual resulta lógico pensar que los esfuerzos cortantes serán mucho mayores y por ello la razón de ser de este razonamiento.



40. Instalación de acero de refuerzo en vigas” Imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa: Separación de estribos”.

La Norma Sismo-resistente del 2010 describe en su capítulo C.21 los requisitos sísmicos especiales de diseño para los elementos estructurales de edificaciones clasificadas de acuerdo a los grados de disipación de energía DMO-DES-DMI. En este capítulo se describen particularmente los espaciamientos del refuerzo transversal en la zona confinada. Igualmente en la reunión del concreto del año 2010 se elaboró un documento muy interesante donde se explica con mayor detalle la situación anteriormente enunciada.

### 7.2.3.2 Procedimiento de vaciado

Se debe realizar un vaciado simultaneo de vigas, viguetas y losa en el respectivo orden en que se enuncian, para formar diafragma; las losas deben ser vaciadas por secciones y se debe realizar un vibrado adecuado (**ver “14.3.2.2 VIBRADO”**), al igual que un recorrido compacto y plano para obtener una superficie de acabado lo más nivelada posible, la superficie debe ser rugosa para la fácil adherencia del mortero de nivelación y el acabado final.

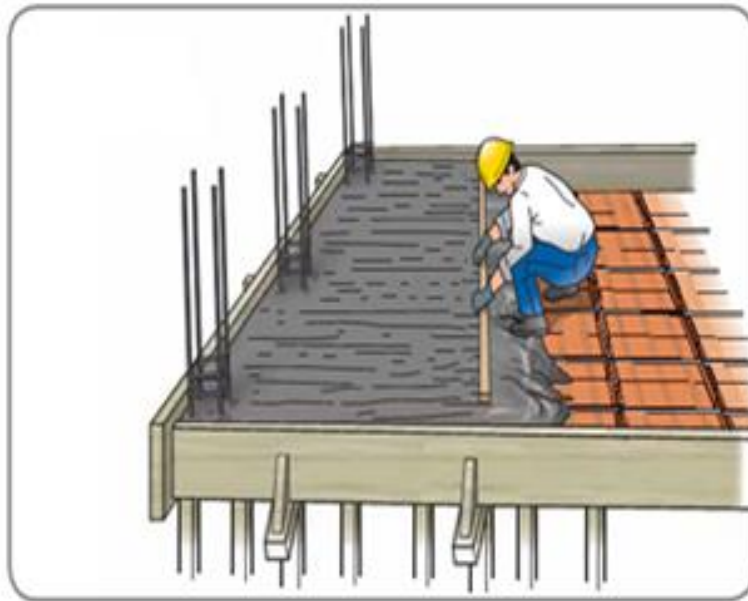
Para obtener los niveles adecuados se puede utilizar una comisión topográfica o de manera más general la colocación de guías para los recorridos con regla de metal o “codal”. Siempre se deben retirar las guías.

Si se desea obtener una superficie de losa liza para ser utilizada como acabado final se hace indispensable la utilización de alisador de hormigón o “Helicóptero”.

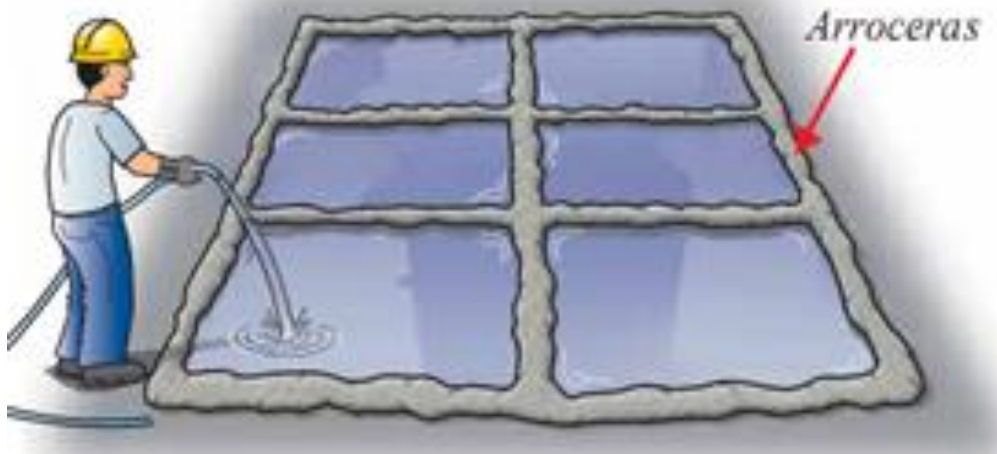
Como en toda superficie de concreto se debe realizar el curado (**ver “14.3.2.3 CURADO”**)



41. Vaciado de losas "Imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa: Vaciado y compactado de concreto".



42. Recorrido de losas "Imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa: Vaciado y compactado de concreto".



43. Curado de losas "Imagen extraída del manual del maestro constructor aceros Arequipa: Vaciado y compactado de concreto".

## 8. COMPARATIVO DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Proceso de construcción / Documento de referencia	Subproceso	Normas(NSR-10) y teoría	Práctica
<b>Concreto reforzado</b>	Profundidad de desplante del elemento	Según estudio geotécnico	Inspección visual en campo y extracción de muestras
	Colocación de refuerzo	Instalación de las barras según plano	Respetar la cuantía de diseño (AST)
	Vaciado de concreto	Evitar segregación de la mezcla y tomar muestras para evaluar la resistencia del elemento	Se vacía directamente el concreto premezclado en su sitio disposición final y se sacan cilindros de concreto
	Vibrado	Vibrar cada radio y medio de giro	Mesas vibratorias, vibrador de aguja y vibrar hasta que salgan burbujas a la superficie
	Curado	Saturación constante del elemento los primeros 7 días	Membranas de curado o productos especializados como curacil
	Materiales	Ensayos de calidad	Protocolos de calidad e inspección visual

## 9. HALLAZGOS DEL PROCESO INVESTIGATIVO

- Se encontraron diferencias concernientes al concreto reforzado, entre lo estipulado en la teoría y lo ejecutado en la práctica.
- El personal encargado de la supervisión técnica se debe apoyar en la normatividad a su disposición para ejercer un control integral de las actividades constructivas.
- Actualmente en Colombia no se cuenta con un manual técnico, que estipule de manera correcta y ceñida a la norma como deben ejecutarse las actividades constructivas.
- Durante el proceso de investigación se identificó que las normativas colombianas en lo concerniente a concreto reforzado, se encuentra direccionada por investigaciones realizadas en USA; cuando debería estar enfocadas a las condiciones del medio Colombiano.

## 10. CONCLUSIONES

- En la construcción existen variaciones notables en las prácticas de los procesos constructivos y las teorías plasmadas en la literatura, puesto que las obras ingenieriles se plantean bajo condiciones ideales y la ejecución suscita inconvenientes que no pueden ser predichos ni cuantificados.
- La colocación del concreto es diferente en la teoría y la práctica, puesto que la primera no se tienen en cuenta los desperdicios que son propios de la ejecución.
- Cuando se produce concreto en obra, los resultados esperados en cuanto a resistencia varían significativamente a los teóricos, puesto que los materiales y los procedimientos utilizados varían dependiendo del personal que los ejecuta.
- La presente monografía recopilo conocimientos de ejecución de obra de sus diferentes participantes y publicaciones de carácter similar, para que los lectores tengan un documento sólido en el momento de ejecutar procesos constructivos concernientes al concreto reforzado.
- En la ejecución de procesos constructivos referentes al concreto reforzado es necesario tener un conocimiento general y específico de cuáles son los pasos que se deben seguir para obtener resultados óptimos; con la elaboración de éste manual el lector estará en completa capacidad de elaborar cualquier tipo de actividad pertinente al tema, con la mayor eficacia y solvencia posible.
- A través de la información recopilada durante la elaboración de la monografía, se puede afirmar que en la construcción existen múltiples factores que inciden en la calidad del proyecto y depende del profesional a cargo del mismo, determinar qué tan importantes son los requisitos y especificaciones suministrados por el diseñador para dar respuesta a las necesidades del cliente.
- En la mayoría de los casos, el concreto es la materia prima más importante de la estructura y adicionalmente condiciona la durabilidad y la vida útil de la misma. En ese orden de ideas, es importante supervisar su elaboración mediante la implementación de estándares y procedimientos que acrediten su calidad y con la ejecución de ensayos que corroboren su resistencia una vez preparado y vaciado.

- Durante la ejecución del proyecto es muy importante verificar la condición de estabilidad de los encofrados antes de colocar el concreto, porque dicha situación nos asegura que permanezcan las condiciones proyectadas de resistencia y servicio durante la etapa de funcionamiento del inmueble.
- Es indispensable garantizar una revisión oportuna y minuciosa para la instalación del acero de refuerzo por parte del profesional calificado para ello, porque de dicho chequeo depende la estabilidad de la estructura posteriormente. Para esto, se sugiere elaborar una lista de chequeo de los diferentes elementos que contenga dimensiones, espaciamiento de estribos, diámetros, etc.
- El presente trabajo de monografía le permite al lector investigar la manera correcta de llevar a cabo los procesos constructivos necesarios para la elaboración y colocación de concretos, teniendo en cuenta los estándares exigidos por las normas nacionales e ilustrando casos típicos que normalmente se presentan en los proyectos de construcción.
- La actual monografía se constituye en una invitación para la actualización permanente de conocimientos y en una alternativa para quien desee construir con parámetros de calidad.
- Este proyecto se consideró para minimizar y prevenir los errores de construcción, debido a que teóricamente resulta 2 veces más costoso reparar que construir con calidad desde el principio.



## 11. BIBLIOGRAFIA Y/O REFERENCIAS

- MANUAL DE CONTRUCCION PARA MAESTROS DE OBRA – Corporación Aceros Arequipa S.A. Perú 2011.
- MANUAL DEL MAESTRO CONSTRUCTOR “Construye seguro” – Corporación Aceros Arequipa S.A. Perú 2012
- MANUAL DE CONSTRUCCION – Cementos Lima S.A.A. Perú 2012
- ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA. MANUAL PARA CONSTRUCCIONES DE UNO Y DOS PISOS. Colombia 1984.
- CAMACOL. ESPECIFICACIONES TECNICAS – Preliminares. Colombia 1998.
- GARCIA RIVERO, José Luis. MANUAL TECNICO DE CONSTRUCCION, cuarta edición. Editorial FERNANDO PORNÍA. México 2008. ISBN-968-7680-26-1.
- MATA, Leonardo - LUNA, Carlos. MANUAL DE INSPECCION Y RESIDENCIA DE OBRAS; Editado y Financiado Ing.MSc.Leonardo Mata, Caracas - Venezuela 2003.
- OSPINA ECHAVARRIA, Carlos Alberto. MANUAL PARA ELABORACION DE ANTEPROYECTOS E INFORMES DE INVESTIGACION; Editorial Universidad de Medellín, Edición actualizada 2014-1, Medellín - Colombia 2014.
- REGLAMENTO COLOMBIANO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE NSR-10. Colombia 2010.
- ROCHEL, Roberto. HORMIGON REFORZADO TOMOS 1 Y 2; Editorial Universidad EAFIT, Facultad de Ingenierías, Medellín - Colombia 2007. ISBN-9789588281667.
- SENA, Asociación de ingeniería sísmica. MANUAL DE CONSTRUCCIONES MENORES SISMO RESISTENTES. Colombia 1990.