

GUIA PARA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO



Universidad de Cartagena
Siempre a la altura de los tiempos

JOSÉ MIGUEL PALOMINO SEPÚLVEDA

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.
2014

GUIA PARA SUPERVISIÓN TÉCNICA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO

Línea de investigación:

OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL

Sub-línea:

Optimización de los métodos de análisis, diseño y construcción de las estructuras

JOSÉ MIGUEL PALOMINO SEPÚLVEDA

Documento para obtener el título de Ingeniero civil

Director:

JOSÉ FAUSTINO ESPAÑA MORATTO

Ingeniero Civil.

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE CIVIL
CARTAGENA DE INDIAS D.T Y C.

2014

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Al Constructor de la vida, por haberme llenado de paciencia para superar las adversidades.
A mis padres Amados por enseñarme con humildad los valores de la familia.

A los ingenieros José España Moratto y Federico Vega Bula, por sus consejos y su guía profesional.
A Robinson Marín por su confianza y su amistad. A mis Marías: María Pájaro y María Carballo.

A todos aquellos que pusieron su fe en mí, me brindaron apoyo para que pudiera hacer realidad este proyecto.

Mis sinceras Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	XIX
2. OBJETIVOS.....	22
2.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. MARCO TEÓRICO	23
3.1.1 SUPERVISIÓN TÉCNICA	26
3.1.2 TÉCNICA DE SUPERVISIÓN	27
3.1.3 Actividades de supervisión.....	30
3.1.4 Características del supervisor	31
3.1.4.1.3 Aspecto social.....	34
3.1.5 CONTROL DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES	36
3.1.6 CONTROL DE MATERIALES	39
3.1.7 Ensayo de materiales.	39
3.1.8 Materiales Cementantes.....	40
3.1.9 Agregados.....	41
3.1.10 Agua.	42
3.1.11 Acero de refuerzo.	43
3.1.12 Aditivos.	48
3.1.13 Otros materiales.....	49
3.1.14 ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD	50
3.1.15 Principales pruebas en los agregados	50
3.1.2 Requisitos de durabilidad.	52
3.1.3 Dosificación de las mezclas de Concreto.	53
3.1.4 Evaluación y aceptación del concreto	54
3.1.5 Evaluación y aceptación del refuerzo	63
3.1.6 DIÁMETROS MÍNIMOS DE DOBLADO	66
3.1.7 Tanques y Estructuras de Ingeniería ambiental.....	68
3.1.8 CONTROL DE EJECUCIÓN.....	70
3.1.9 Almacenamiento de materiales, preparación del equipo y del lugar de colocación.	71
3.1.10 Mezclado del concreto.....	71
3.1.11 Transporte del concreto.	73
3.1.12 Colocación del concreto.	74
3.1.13 Recomendaciones para vibrado del concreto.	74

3.1.14	Curado del concreto.	75
3.1.15	Clima frío.	79
3.1.16	Recomendaciones para manejo del concreto en clima frío.	80
3.1.17	Clima cálido.	82
3.1.19	Descimbrado, puntales y reapuntalamiento.	91
3.1.20	Embebidos en el concreto	92
3.1.21	Juntas de construcción.	93
3.1.22	Ganchos estándar	94
3.1.23	Colocación del refuerzo.	94
4.	METODOLOGÍA.....	107
4.1.1	RECOPIACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN	107
4.1.2	SELECCIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	108
4.1.3	COMPARACIÓN DE NORMATIVA ENTRANTE Y SALIENTE.	110
4.1.4	AMPLIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.	111
4.1.5	DESARROLLO DEL DOCUMENTO Y ANEXOS.....	111
4.1.6	DISEÑO DE LA ENCUESTA Y ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO FINAL.....	111
4.1.7	Diseño de la encuesta.....	111
4.1.8	Trabajo de campo.....	118
4.1.9	Análisis de la información.	119
4.1.10	Elaboración del documento final.	140
5.	RESULTADOS	141
5.1.1	GENERALES	141
5.1.2	CONCEPTOS DE LA SUPERVISIÓN TÉCNICA	141
5.1.3	ITEMS DE CONTROL.....	142
5.1.4	CAMBIOS EN LA NORMATIVA	142
7.	BIBLIOGRAFÍA	146
8.	ANEXOS.	149

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema resumido de las etapas de inspección.....	27
Figura 2. Diagrama de flujo del ciclo de actividades.....	28
Figura 3. Carpetas organizadoras para la documentación.....	29
Figura 4. Aspectos del perfil del supervisor.	32
Figura 5. Sección de barra corrugada.....	43
Figura 6. Mallas electrosoldadas.....	44
Figura 7. Barras lisas en espiral para un pilote o columna de sección circular.....	45
Figura 8. Configuración de los pernos con cabeza	45
Figura 9. Tipos de cables. (a) barras paralelas, (b) alambres paralelos, (c) torones paralelos, (d) torones enrollados con trabas, helicoidalmente, (e) cordeles.....	46
Figura 10. Sección típica de perfiles estructurales.....	46
Figura 11. Diferentes fibras de acero para refuerzo del concreto.	47
Figura 12. Barra de refuerzo corrugada con cabeza.....	48
Figura 13. Prueba de asentamiento	56
Figura 14. Prueba de contenido de aire.....	57
Figura 15. Elaboración y curado de cilindros	58
Figura 16. Prueba de resistencia a la compresión.	58
Figura 17. Preparación de viguetas para el ensayo a flexión.	59
Figura 18. Tanque séptico de concreto.	69
Figura 19. Mezclado manual del concreto.....	72
Figura 20. Mezclado mecánico con trompo.....	72
Figura 21. Camión mezclador para transporte del concreto.	73
Figura 22. Colocación del concreto.	75
Figura 23. Curado del concreto.....	78
Figura 24. Ejemplos de Formaleta.	85
Figura 25. Diferentes configuraciones de agrietamiento longitudinal.	95
Figura 26. Hipótesis del cilindro de concreto para falla por agrietamiento longitudinal.....	96
Figura 27. Colocación de soporte para el recubrimiento.	100
Figura 28. Desarrollo de barras corrugadas con cabeza. a) Sección crítica, b) barra corrugada con cabeza que se extiende hasta la cara lejana del núcleo de la columna con una longitud de anclaje que excede l_{dt}	102
Figura 29. Desarrollo de refuerzo electrosoldado de alambre corrugado.	102
Figura 30. Desarrollo de refuerzo electrosoldado de alambre liso.....	102
Figura 31. Desarrollo del refuerzo para momento negativo	103
Figura 32. Ejemplos de conectores o empalmes mecánicos.	104
Figura 33. Ejemplo de aplicación para C.12.17.2.4 de la NSR-10	104
Figura 34. Empalmes de refuerzo electrosoldado de alambre corrugado a tracción.....	105

Figura 35. Empalmes de refuerzo electrosoldado de alambre liso	105
Figura 36. Anclajes preinstalados.....	106
Figura 37. Anclaje instalados después de vaciado y fraguado el concreto.....	106
Figura 38. Preguntas de la sección 1.	112
Figura 39. Preguntas de la sección 2.	114
Figura 40. Preguntas de la sección 3.	114
Figura 41. Preguntas de la sección 4.	115
Figura 42. Preguntas de la sección 5.	117

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Lista de comprobación de calidad de producto.....	24
Tabla 2. Clasificación de planos.	36
Tabla 3. Estado de los planos.....	37
Tabla 4. Revisión de los elementos de los planos.....	38
Tabla 5. Requisitos de masa unitaria de agregados livianos para concreto estructural.....	51
Tabla 6. Normas para agregados.....	51
Tabla 7. Determinación cualitativa de la calidad del concreto mediante el uso del método de la velocidad de pulsación.	60
Tabla 8. Identificación y recomendaciones para el grado de corrosión en barras oxidadas	64
Tabla 9. Métodos de Protección de las Armaduras.....	65
Tabla 10. Diámetros mínimos y extensiones para barras y estribos	66
Tabla 11. Dimensiones mínimas para barras con ganchos normales y Doble de 90°.	66
Tabla 12. Dimensiones mínimas para barras con ganchos normales y Doble de 180°.	67
Tabla 13. Ejemplo de período mínimo de curado para alcanzar el 50% de la resistencia especificada	77
Tabla 14. Temperatura mínima del concreto colocado.....	80
Tabla 15. Presión lateral máxima para el diseño de cimbras para muros.	87
Tabla 16. Presión lateral máxima para el diseño de cimbras para columnas.	88
Tabla 17. Diámetros máximos de tubería para ser embebida en una columna de concreto.....	92
Tabla 18. Tolerancias para d y recubrimiento del concreto.	95
Tabla 19. Soportes y separadores de concreto.	97
Tabla 20. Soportes y separadores plásticos.....	98
Tabla 21. Soportes y separadores metálicos.	99
Tabla 22. Requisitos de control de planos y especificaciones.	109
Tabla 23. Requisitos de control de materiales.	109
Tabla 24. Requisitos para ensayos de control de calidad.....	109
Tabla 25. Requisitos de ejecución de la construcción.....	110
Tabla 26. Características de las preguntas de la sección 1.....	113
Tabla 27. Características de las preguntas de la sección 2.....	114
Tabla 28. Características de las preguntas de la sección 3.....	115
Tabla 29. Características de las preguntas de la sección 4.....	116
Tabla 30. Características de las preguntas de la sección 5.....	118
Tabla 31. Análisis de la pregunta número 1. Tipo de persona.	120
Tabla 32. Análisis de la pregunta número 2. Tipo de empresa.	121
Tabla 33. Respuestas a la pregunta N° 3.....	121
Tabla 34. Análisis de la pregunta número 3. Edad.	122
Tabla 35. Respuestas a la pregunta N° 4.....	122
Tabla 36. Análisis de la pregunta número 4. Tiempo de la empresa.	122
Tabla 37. Respuestas a la pregunta N° 4.....	123

Tabla 38. Análisis de la pregunta número 5. Número de trabajadores a cargo.	123
Tabla 39. Análisis de la pregunta número 6. Contratante frecuente.	123
Tabla 40. Respuestas a la pregunta N° 7.	124
Tabla 41. Análisis de la pregunta número 7. Experiencia general.	124
Tabla 42. Análisis de la pregunta número 8. Profesión.	125
Tabla 43. Análisis de la pregunta número 9. Actividad actual.	126
Tabla 44. Análisis de la pregunta número 10. Área que maneja.	127
Tabla 45. Análisis de la pregunta número 11. Biblioteca de consulta.	128
Tabla 46. Análisis de la pregunta número 12. Material bibliográfico.	129
Tabla 47. Análisis de la pregunta número 13. Conocimiento y consulta de la NSR.	129
Tabla 48. Análisis de la pregunta número 14. Frecuencia de consulta de la NSR-10.	130
Tabla 49. Análisis de la pregunta número 15. Cambios en la NSR-10.	130
Tabla 50. Análisis de la pregunta número 16. Uso de formatos en la supervisión.	130
Tabla 51. Análisis de la pregunta número 17. Diseño de formatos.	131
Tabla 52. Análisis de la pregunta número 18. Formatos más usados.	131
Tabla 53. Análisis de la pregunta número 19. Servicios de supervisión.	132
Tabla 54. Análisis de la pregunta número 20. Presencia en obra.	132
Tabla 55. Análisis de la pregunta número 21. Servicios de ensayos de laboratorio.	133
Tabla 56. Análisis de la pregunta número 22. Metodología de supervisión.	133
Tabla 57. Respuestas a la pregunta N° 23.	133
Tabla 58. Análisis de la pregunta número 23. Calificación general de personas delegadas.	133
Tabla 59. Respuestas a la pregunta 24-a. Aspecto social.	134
Tabla 60. Respuestas a la pregunta 24-b. Aspecto profesional.	134
Tabla 61. Respuestas a la pregunta 24-c. Aspecto ético.	135
Tabla 62. Análisis de la pregunta número 24. Calificación de ámbitos de personas delegadas.	135
Tabla 63. Análisis de la pregunta número 25. Requisito de mayor énfasis.	136
Tabla 64. Respuestas a la pregunta 26.	137
Tabla 65. Análisis de la pregunta número 26. Experiencia específica.	137
Tabla 66. Análisis de la pregunta número 27. Errores en los planos estructurales.	138
Tabla 67. Análisis de la pregunta número 28. Fuente de resultados adversos en los ensayos.	139
Tabla 68. Análisis de la pregunta número 29. Errores en la ejecución.	140
Tabla 69. Requisitos de control de materiales.	165
Tabla 70. Requisitos para ensayos de control de calidad.	166
Tabla 71. Requisitos de ejecución de la construcción.	167
Tabla 72. Grado de Supervisión Técnica Recomendado.	170
Tabla 73. Controles que debe realizar el supervisor técnico durante la ejecución de la obra, según el grado de supervisión técnica.	172
Tabla 74. Normas NTC promulgadas por el ICONTEC:	175
Tabla 75. Normas ASTM Adoptadas en NSR-10.	177
Tabla 76. Otros reglamentos Adoptadas en NSR-10.	178
Tabla 77. Dimensiones nominales de las barras de refuerzo (Diámetros basados en milímetros). ..	181

Tabla 78. Dimensiones nominales de las barras de refuerzo (Diámetros basados en octavos de pulgada).....	182
Tabla 79. Categorías y clases de exposición.....	186
Tabla 80. Requisitos para el concreto según la clase de exposición.....	187
Tabla 81. Contenido total de aire para concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo....	188
Tabla 82. Requisitos para concreto sometido a clase de exposición F3	189
Tabla 83. Requisitos para establecer la conveniencia de las combinaciones de materiales cementantes expuestos a sulfatos solubles en agua (NSR-10).....	189
Tabla 84. Diámetros mínimos de doblado	193
Tabla 85. Tolerancias para d y recubrimiento del concreto.	201

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. INFORME FINAL DE SUPERVISIÓN TÉCNICA.....	149
ANEXO 2. CONTROL DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES	150
ANEXO 3. VERIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE PLANOS	152
ANEXO 4. CONTROL GENERAL DE PLANOS	153
ANEXO 5. EJEMPLO DE ELEMENTO DEL PROGRAMA DE CONTROL	154
ANEXO 6. LISTA DE VERIFICACIÓN CIMBRAS/ACERO DE REFUERZO	156
ANEXO 7. REPORTE DE LA SUPERVISIÓN DEL ACERO DE REFUERZO/CIMBRA	157
ANEXO 8. CONTROL DE MEZCLADO Y MUESTRAS PARA ENSAYOS.....	159
ANEXO 9. MODELO DE REPORTE DE NO COMFORMIDAD.....	158
ANEXO 10. CUESTIONARIO.....	206
ANEXO 11. COMPARACION NORMATIVA ENTRE LA NSR-98 Y LA NSR-10, REFERENTE A LA SUPERVISIÓN TECNICA.....	160
ANEXO 12. FICHAS DE ENCUESTADOS.....	206

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es ofrecer al equipo de Supervisión Técnica de estructuras de concreto, un recordatorio de algunos de los pormenores de dicha actividad (ya que no se pretende abarcar en su totalidad todos sus aspectos), ofreciendo una estructura ordenada, soportes actualizados, perspectiva y enfoque diferentes. Está dirigido principalmente a profesionales de la ingeniería civil que ejercen esta tarea.

La guía propuesta es el resultado de un proyecto de investigación, consistente en una revisión bibliográfica de la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto, fundamentada en la norma que la rige (NSR-10). Incluye una comparación con la norma anterior (NSR-98), contiene comentarios, recomendaciones y notas aclaratorias pertinentes; está ampliada con sus referencias normativas, con una selección de la teoría más significativa del concreto y las prácticas recomendadas por los expertos con amplia experiencia en el área. Cada uno de estos insumos fue recopilado, seleccionado, organizado y ampliado para la posterior elaboración del documento.

Dentro de los resultados más notables se hallan: Las generalidades de supervisión técnica, Los cambios resaltados de los requisitos de control (mayor importancia a la información contenida en los planos), las tendencias de la supervisión técnica a través de los resultados de una encuesta y entrevista. La adaptación de la norma a las nuevas tecnologías, aumento en la rigidez de los requisitos de durabilidad del concreto, entre otros, todos encaminados a la implementación de sistemas de control de calidad.

PALABRAS CLAVE:

Supervisión técnica
Construcción
Estructuras de concreto
Verificación de la calidad

ABSTRACT

The main objective of this project is to offer to the team of Technical Supervision of structures of concrete, a reminder of some of the details of this activity (since it is not sought to embrace in its entirety all its aspects), offering an orderly structure, up-to-date supports, perspective and different focus. It is directed to professionals of the engineering that work in this field mainly.

The proposed guide is the result of an investigation project, consistent in a bibliographical revision of the Technical Supervision of Structures of Concrete, based in the norm that governs it (NSR-10). It includes a comparison with the previous norm (NSR-98), it contains comments, recommendations and pertinent explanatory notes; it is enlarged with their normative references, with a selection of the most significant theory in the concrete and the recommended practices by the experts with wide experience in the area. Each one of these inputs was gathered, selected, organized and enlarged for the later elaboration of the document.

Inside the most remarkable results they are: The generalities of technical supervision, the stood out changes of the control requirements (bigger importance to the information contained in the planes), the tendencies of technical supervision, through the aftermath of opinion poll and interview. The adaptation of the norm to the new technologies, increase in the rigidity of the requirements of durability of the concrete, among additional others, that tends to the implementation of quality control systems.

KEYWORDS:

Technical supervision

Construction

Structures of concrete

Verification of quality

INTRODUCCION

El objetivo principal de este documento es la de ofrecer al equipo de Supervisión Técnica de estructuras de concreto, un recordatorio y soporte de algunos¹ de los pormenores de dicha actividad con una estructura ordenada, soportes actualizados y/o adaptados, perspectiva y enfoque diferentes. Está dirigido principalmente a profesionales de la ingeniería.

Esta guía es el resultado de un proyecto de investigación, consistente en una revisión bibliográfica de la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto, fundamentada en los requisitos normativos (NTC-10), iniciando desde el Título I, que es el documento base, y luego, haciendo un barrido por los incisos de los diferentes Títulos con los que se conecta. Para la organización se cuenta con los ítems de control que exigen las normas; incluye también comentarios, recomendaciones y notas aclaratorias pertinentes; está ampliada con referencias de normas extranjeras, con una selección de la teoría y los conceptos más significativos de los temas tratados, ejemplos o ilustraciones y las prácticas recomendadas facilitadas por Instituciones reconocidas y profesionales con amplia experiencia en el área.

Así, toda actividad que pretenda tener éxito debe contar con un control apropiado, de otra manera cualquier proyecto o programa puede convertirse en simple ejemplo negativo de lo que “no” se debe hacer. En las actividades relacionadas con la construcción, dicho control lo ejerce la supervisión técnica. Esta última es una herramienta de la que dispone el cliente (propietario), para realizar el seguimiento, vigilar y hacer cumplir las cláusulas contractuales que han sido firmadas con el contratista; abarca el control de costo, tiempo y calidad del proyecto; consiste en verificar que la construcción de la estructura concuerde con los planos, diseños y especificaciones realizadas por el diseñador estructural y requiere la integración de: conocimiento, experiencia, dedicación, efectividad y ética. Las características anteriores convierten al *término* en una *institución* que tiende a solucionar las eventualidades o situaciones imprevistas que se plantean en las diferentes fases del proyecto², y que en pocos casos se contemplan en un manual.

La supervisión técnica constituye una tarea paralela al ciclo del proyecto, que en la práctica equivale a la implementación de sistemas integrados de calidad, y se convierte en una necesidad que no

¹ Dicho algunos, ya que no se pretende abarcar en su totalidad todos sus aspectos.

²Tales problemas pueden ser comunes o específicos para cada proyecto y deben tratarse con medidas preventivas y correctivas.

pretende mecanizar o robotizar actividades y procedimientos, mas sí optimizar del producto final que revierte en la preservación de la vida de las personas, y en optimización de recursos, lo que a su vez se traduce en costos. Razón por la cual hoy se encuentra reglamentada en la Norma Colombiana de Construcciones Sismo-Resistentes NSR-10³ como un capítulo que ha merecido cuidado especial⁴. En esta norma se limita a la supervisión técnica bajo ciertos parámetros, lo que la restringe a casos especiales; se dispone de unos controles y requerimientos mínimos, al igual que brinda recomendaciones para su ejercicio. Sin embargo no representa una guía de aplicación. Lo que hace necesario entonces, establecer una guía que pueda facilitar este trabajo, a la par de los registros que certifiquen la verificación realizada.

Existen varios manuales y guías para concreto (entre otras fuentes), que sirvieron como antecedentes; podemos citar el Manual del Concreto de Asocreto, Manual de supervisión de obras de Concreto⁵, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, las Especificaciones del Concreto Estructural del ACI, entre otros⁶. Sin embargo es de anotar que cada uno se centra más en unos temas que en otros, además algunos cuentan con elementos que otros no poseen y al hacer la diferencia argumentan su realización y/o publicación. Entre los componentes y características que fueron los objetivos de investigación se tienen algunos apartes de la teoría de la tecnología del concreto reforzado, prácticas de construcción, la normativa vigente⁷, comentarios, recomendaciones de construcción y la solución a interrogantes como: la forma de ejercer el control sobre planos, especificaciones, materiales y equipos, ensayos de calidad y ejecución de obra. Encontrar un documento que contara con todos estos elementos es, en resumen, el planteamiento del problema.

Con base en lo anterior se presentó este proyecto de investigación que contiene los objetivos cumplidos, recomendaciones y conclusiones que fueron el resultado de la investigación misma. Respondiendo interrogantes de los conceptos básicos de supervisión técnica, técnicas de supervisión para optimizar su ejercicio, características del supervisor técnico, recomendaciones de control, condiciones a mejorar debido a los requisitos, entre otros, que justifican su realización.

³ Norma que empezaría a regir a partir de 5 de julio de 2010 y que luego fue aplazada para diciembre del mismo año.

⁴ Originado en la NSR-98, por lo cual es pertinente una revisión de los cambios en la normativa.

⁵ Manual de origen mexicano cuyas recomendaciones tienen validez en la teoría, mas no en los requerimientos normativos.

⁶ Ver Bibliografía.

⁷ y sus cambios más notables respecto de la anterior.

Este documento presenta los lineamientos necesarios para la supervisión técnica de estructuras de concreto reforzado, con los cuales se elaboró el presente documento que tiende a incentivar la correcta ejecución de esta labor, aprovechando la tecnología actual, la implementación de sistemas integrados de control de calidad, lo cual encaja en la línea de optimización estructural. En él se muestran los requisitos mínimos de carácter normativo, al igual que algunos apartes de la teoría del diseño y construcción necesarios para realizar la verificación e ilustrar los soportes adecuados.

El proyecto fue realizado en la ciudad de Cartagena, siguiendo la metodología propuesta. No pretende crear nuevas teorías, sino, adaptar las fuentes al tiempo y espacio nacional⁸ y también ampliarlas mediante la inclusión de otras referencias, ejemplos, gráficos, notas aclaratorias, comentarios, recomendaciones y otros elementos que lo hacen diferente.

Recordando que la base para llegar a ser profesionales, radica en la lectura de un sinnúmero de documentos como el que hoy se muestra, ganando con esto conocimiento y criterio, su importancia reside entonces, en servir como referencia para profesionales de ingeniería y arquitectura que siguen esta área o aquellos que procuran realizar futuras investigaciones.

⁸ Que es el espacio y tiempo de aplicación de la normativa que rige a la Supervisión Técnica.

2. OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un documento basado en los requisitos de Supervisión Técnica, que incluya los criterios y recomendaciones de profesionales de amplia experiencia en el área, los conceptos e instrumentos de gestión, normatividad, teorías y tecnología existente; para mejorar la calidad de las estructuras de concreto reforzado.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir de manera resumida, los conceptos y teorías relevantes de la supervisión técnica de estructuras de concreto reforzado.
- Seleccionar y profundizar las referencias de los cinco requisitos de control de la supervisión técnica: planos, especificaciones, materiales, ensayos y ejecución de obra.
- Elaborar algunos Modelos de formatos aplicables en la gestión de la calidad como: diagramas de flujo, gráficas, formatos de control, listas de verificación y reportes donde sea pertinente su uso y en casos particulares; para ilustrar la información
- Recolectar recomendaciones de profesionales especialistas en el tema respecto de los ítems anteriores, mediante una encuesta, que verifique las tendencias actuales en la práctica de la supervisión técnica.
- Identificar los cambios realizados en la nueva norma, que atienden a la supervisión técnica, para observar las diferencias más influyentes, haciendo comentarios, aclaraciones y/o recomendaciones donde sea apropiado.

3. MARCO TEÓRICO

En el presente proyecto se tratan los requisitos constructivos que deben verificarse en los elementos estructurales por el supervisor técnico, como son: los controles sobre materiales, control de ensayos y control de ejecución de obra a los que hace referencia la NSR-10. Algunos temas, por su corta extensión se trataron junto con otros relacionados. En general la teoría documentada fue ampliada, ilustrada, comentada, relacionada con otras referencias, despejada con notas aclaratorias, recomendaciones y organizada en el orden de los requisitos de control.

Dentro de las fuentes bibliográficas que sirvieron como fundamento para la elaboración del proyecto, podemos citar: Los documentos de grado de Urruchurtia, Regino y Flores, el Manual para Supervisar obras de concreto del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, el cual a pesar de su antigüedad y de ser un documento extranjero, trata los temas claramente y de una manera amplia, brinda recomendaciones, ejemplos y algunos formatos; El manual de supervisión de obras de concreto, también de origen mexicano y el cual en pocas páginas brinda criterios de verificación, no maneja formatos, sin embargo ofrece una información más actualizada y con el nivel de detalles preciso; y el manual de armaduras de refuerzo para hormigón (Perú), del que pudo extraerse gran parte del material bibliográfico referente al acero. Estos manuales poseen la base de los elementos propuestos en este proyecto, los demás tipos de fuentes como revistas técnicas, artículos científicos, páginas especializadas, sirvieron de apoyo en el contenido presentado.

Siendo más específicos, el informe presentado por Liliana Patricia España Regino⁹ se centra en las estrategias generales de mejoramiento de la productividad sin embargo sus resultados tienen enfoques completamente diferentes ya que se aplica a nivel de gerencia y no a nivel operativo, además está diseñado para realizar la calificación (subjética) de las actividades, como se muestra en la siguiente tabla.

⁹ Tesis realizada en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Cartagena

Tabla 1. Lista de comprobación de calidad de producto

No.	Aspecto Revisado	Calificación	Observaciones
1	Dimensiones de acuerdo a planos		
2	Verticalidad de muros		
3	Aparición de grietas o defectos en acabados		
4	Desperdicio de materiales		
5	Ejecución de pruebas de resistencia		
6	Utilización de dosificaciones especificadas		
7	Utilización de herramienta adecuada		
8	Observación de medidas de seguridad		
9	Cumplimiento de normatividad ambiental		
10	Verificación de licencias y permisos		

(Regino España, 2010)

Del documento mencionado se puede resaltar que Implementa o recomienda el uso de: gráficas de control, gráfica de barras o histograma, diagrama de Pareto, diagrama causa-efecto. En resumen las ventajas competitivas en las empresas de la construcción y Estrategias para mejorar la productividad basados en: Khan¹⁰,

Urruchurtia y Villalba lograron implementar un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001-2000 como herramienta para las empresas dedicadas a la interventoría de obras civiles, sin embargo nuevamente se presenta la diferencia del enfoque, ya que los esquemas, cuadros y diagramas estan centrads en los procesos de la empresa, y al hablar de interventoría, se generaliza la parte administrativa del proyecto. De este documento se puede resaltar la descripción del tratamiento de los servicios no conformes.

Todos estos documentos coinciden en que la implementación del control de calidad ofrece ventajas competitivas a las empresas de la construcción, por ejemplo en el trabajo de investigación titulado “Importancia de la implementación de un sistema de gestión de la calidad en empresas de ingeniería civil dedicadas a la construcción y la consultoría”¹¹, así lo demuestra, soportandose con siete investigaciones encaminadas en este sentido.

En resumen no se ha encontrado un documento cuyos instrumentos estén aplicados directamente directamente al trabajo de campo, para la verificación de la calidad.

¹⁰ Khan Mohammad, “Methods of motivating for increased productivity” Journal of construction engineering and management, (Nueva York), 9: 2003, núm. 2, pp. 148- 156

¹¹ (Flores Ortega & Fuentes Mejía, 2008)

En general los limitantes contenidos en dicha literatura fueron: origen extranjero, información muy segmentada, de uso institucional y/o poco práctico, fuera del alcance, datos desactualizados y referencias difíciles de verificar.

El proyecto presentado se compone de los elementos más sobresalientes de la literatura usada, trata los temas con un enfoque diferente y además posee trazas para su profundización. Para suplir las limitaciones encontradas y ampliar la literatura existente se realizaron las siguientes actividades:

- Adaptar los datos de origen extranjero y/o desactualizado, al marco espacial del proyecto, no sin antes verificar su validez.
- Homologar o mostrar equivalencias o diferencias respecto de otros países.
- Resumir y puntualizar temas amplios.
- Amplia e indaga con más detalles temas cortos.
- Anotar los temas que quedaron fuera del estudio.
- Comentar teorías, requerimientos, datos, recomendaciones y otros componentes.
- Recomendar con base en la experiencia de peritos en el área tratada.
- Introducir criterios u observaciones del autor.
- Citar las fuentes consultadas.
- Brindar criterios técnicos de evaluación y aprobación.
- Actualizar requisitos a la normativa vigente.
- Identificar cambios en la norma y su razón y/o consecuencias más importantes.
- Ilustrar los temas con imágenes, listas, ejemplos, gráficos, diagramas, entre otros formatos.
- Aclarar conceptos poco comunes, por empleo regional o extranjero.
- Traducir teorías del inglés al español.
- Cambiar el formato de texto tradicional a tablas, gráficos, etc., los cuales facilitan el hallazgo, manejo y comprensión de la información.
- Vincula los datos relacionados dentro y fuera del documento para obtener mayor información.

Veamos una breve sinopsis a continuación:

3.1.1 SUPERVISIÓN TÉCNICA

Existe variedad de juicios en la definición del tipo y condiciones de supervisión de una obra, ya que intervienen muchos factores en el tema; como: magnitud de la obra, grado de complejidad o especialidad, la ubicación y accesibilidad a la misma, la oportunidad de obtener servicios de supervisión en el área o en función de su costo, la etapa de ejecución en que se encuentre la obra, los requerimientos o compromisos de supervisión preestablecidos, que van desde una simple inspección de rutina en el avance de obra hasta un examen minucioso de calidad de obra y/o una *auditoría* pormenorizada. En esta guía, se trata a la supervisión técnica de estructuras de concreto en términos generales, profundizando en ciertos detalles.

En términos generales, supervisar es *ejercer la inspección en trabajos realizados por otros*¹². En el contexto de la construcción, La NSR-10 define la actividad de supervisar (en resumidas palabras) como *asegurar que se logren fielmente los requisitos y propósitos de los planos y las especificaciones*¹³.

Para este fin han de realizarse los controles necesarios, los cuales se ejecutan sobre: materiales, ensayos, planos y especificaciones y ejecución de la construcción. (Estos temas se amplían en los capítulos siguientes). En el camino para lograr los requisitos se debe contar con recursos y facilidades; se deben tomar observaciones, mediciones de campo y ensayos de laboratorio, con el fin de analizar resultados para la consecuente toma de decisiones.

Ejercer supervisión técnica es un engranaje que requiere de técnica, conocimiento de las actividades a desarrollar, experiencia en el campo y ética profesional (tales características se detallan en los subtítulos siguientes). Para iniciar la introducción a la supervisión técnica resolvamos el siguiente interrogante ¿Cuándo es obligatoria la supervisión técnica?

El numeral A.1.3.9 (y subsiguientes) de la NSR-10 indica que debe someterse a una supervisión técnica¹⁴ la construcción de estructuras de edificaciones, o unidades constructivas, que:

- Tengan más de 3000 m² de área construida, independientemente de su uso.
- Edificaciones de los grupos de uso III y IV, independientemente del área que tengan.
- El diseñador estructural, o el ingeniero geotecnista recomiende de acuerdo con su criterio¹⁵.

¹² Diccionario de la Real Academia de la lengua.

¹³ Título I. Supervisión técnica. Capítulo I.1. Generalidades. I.1.1 Definiciones.

¹⁴ Inspección que debe darse durante todas las etapas de la obra.

¹⁵ Los criterios para recomendar supervisión técnica pueden ser: edificaciones complejas, procedimientos constructivos especiales o materiales empleados, este requisito debe incluirse en los planos estructurales o en el estudio geotécnico respectivamente. Adicionalmente se deja constancia de dicha recomendación, en el formulario de solicitud de licencia de construcción ante las curadurías.

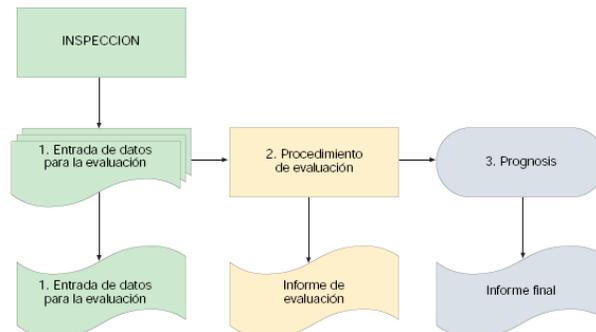
Por otro lado se excluyen de la obligatoriedad de la supervisión técnica, las estructuras que se diseñen y construyan siguiendo las recomendaciones del Título E (Casas de uno y dos pisos), siempre y cuando se trate de menos de 15 unidades de vivienda. En este caso función de supervisión recae sobre el constructor.

Otros interrogantes como ¿quien?, ¿cómo?, ¿por qué?, entre otros, los responde el Título I de la norma vigente, que determina el alcance de la supervisión técnica en nuestro país y que se muestra al final de este capítulo.

3.1.2 TÉCNICA DE SUPERVISIÓN

Una técnica o método es el estilo establecido para realizar determinada actividad, dicho de otra manera, es un conjunto de instrumentos necesarios para alcanzar los objetivos. Tal técnica esta compuesta por planificación, orientación, coordinación, organización, toma de decisiones, evaluación, conductos regulares y/o políticas, sanciones disciplinarias, adiestramiento, seguridad y otros elementos similares. Una técnica comprende el segundo paso de las etapas de supervisión, la cual finaliza en la prognosis (Conocimiento anticipado de algún suceso), ilustrada en la Figura 1.

Figura 1. Esquema resumido de las etapas de inspección.



Fuente: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN. FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. pág.238.

Sólo con el debido conocimiento de las fallas, el supervisor puede tomar medidas preventivas para evitarlas y en caso que se presenten, implementar los correctivos. Este mismo concepto se puede aplicar a cada una de las posibles eventualidades (problemas¹⁶) que se pueden presentar a la hora de la construcción en concreto, por ejemplo para las *grietas en el concreto*, se tienen las siguientes medidas preventivas:

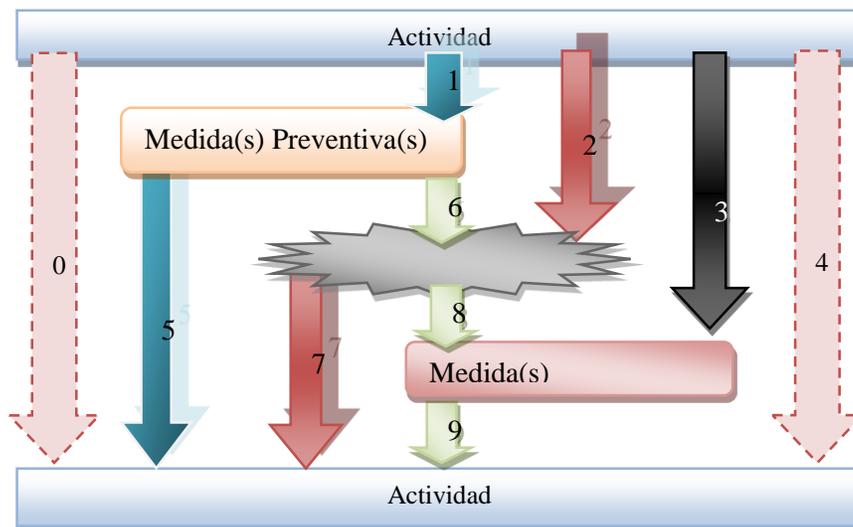
¹⁶ La Asociación Nacional del Concreto (NRMCA) brinda Una amplia gama de soluciones a problemas con concreto.

1. Definir Adecuadamente las juntas de contracción y aislamiento
2. Preparar correctamente la superficie de colocación.
3. Evitar el uso de concreto con elevado asentamiento o excesiva adición de agua en el lugar.
4. Dar un acabado apropiado.
5. Realizar el Curado del concreto.

También se puede realizar una lista para las medidas correctivas que van desde una simple aplicación de agua (post-curado) o aditivo, hasta la demolición del elemento estructural.

La Figura 2 muestra las posibles rutas de supervisión que se pueden tomar en las distintas actividades del proyecto. Lo *normal* es que los sucesos del proyecto sigan la ruta 1-6-8-9, la ruta *ideal* corresponde a Tomar Medidas correctivas y que, gracias a ello, no se presenten problemas (ruta 1-5); en contraste con la rutas 2-7, a la que podemos nombrar como ruta *caótica*, y la ruta 3-9 en la que se toman correctivos de un problema inexistente, tal ruta la podríamos catalogar como *ilógica* y tiene grandes implicaciones económicas en el proyecto. Revisando los extremos, la ruta 0 (cero) corresponde a una supervisión en la que la experiencia, el conocimiento, etc. son tan elevados que no se requiere tomar ninguna disposición y no se presentan problemas a corregir¹⁷ este es el caso de una supervisión utópica; mientras que la ruta 4 representa, el tipo de supervisión en el cual se deja todo a la suerte o no existe supervisión y en la que por *azar* no se presentan problemas. Una variante de la ruta *normal* es la ruta 1-6-7 en la cual el supervisor opta por no realizar correctivos, puesto que a su juicio en problema se ajusta a las tolerancias¹⁸.

Figura 2. Diagrama de flujo del ciclo de actividades



Fuente: Elaboración propia.

¹⁷ Sin que esto signifique, en ningún caso, dejar de llevar los registros respectivos.

¹⁸ Ver tema 1.6 Medidas y tolerancia más adelante.

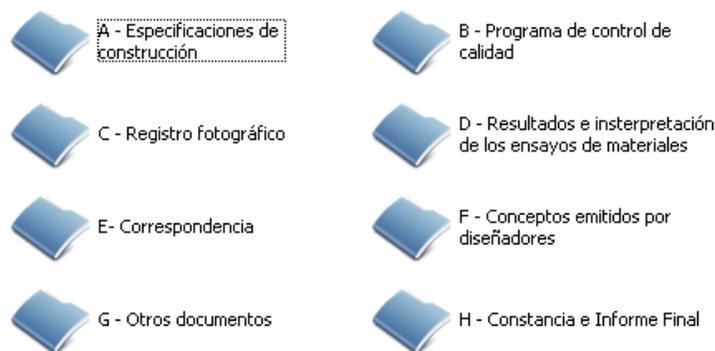
Adoptar una técnica de supervisión es elaborar un Programa de Supervisión¹⁹ con el cual se verifica el programa de control de calidad presentado por el constructor, en la que debe mostrarse:

- La definición de la calidad que ha de ser alcanzada,
- Cómo obtener dicha calidad, cómo verificar que la calidad ha sido alcanzada y
- Cómo demostrar que la calidad ha sido definida, obtenida y verificada.

En esto intervienen: tablas, ilustraciones, formatos, organigramas, cronogramas, listas de chequeo, reportes²⁰, diagramas de flujo, entre otros elementos²¹, que elevan la cantidad de documentos por manejar.

En general el Supervisor Técnico (o la empresa que preste este servicio), puede contar con un programa propio o implementar un Sistema de Gestión de Calidad Certificada; en cualquiera de los casos se debe contar con las siguientes características: una *organización* adecuada, tanto para archivos físicos como digitales; la NSR-10 recomienda seguir I.2.2 que se ilustra en la Figura 3.

Figura 3. Carpetas organizadoras para la documentación



Fuente: Elaboración propia.

El supervisor debe basarse igualmente en el principio de *planificación*, es decir tener en cuenta los objetivos y sus elementos constitutivos. El supervisor no puede hacer un proyecto sin considerar todos y cada uno de los factores que tienen relación con los objetivos de la actividad planeada o que impiden el logro del mismo. Para tal efecto contará con una biblioteca en la cual deben encontrarse además de los documentos del diseño y de otros documentos referidos en ellos:

- Especificaciones de construcción y control de calidad de los materiales para edificaciones construidas de acuerdo con el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes.
- La norma de construcción NSR-10. Normas para ensayos.
- Manuales o guías relacionados con la naturaleza del concreto.

¹⁹ Ver ANEXO 5. EJEMPLO DE ELEMENTO DEL PROGRAMA DE CONTROL.

²⁰ Ver ANEXO 9. MODELO DE REPORTE DE NO CONFORMIDAD..

²¹ En general una técnica de supervisión tiende a la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad y por ende a la certificación.

- Fichas técnicas de productos a usar (que por mal uso o manejo) puedan desmejorar la calidad del concreto.

Para trabajos puntuales, pueden añadirse referencias y normas adicionales como se sugiere en la bibliografía al final de esta guía. Otros documentos son aquellos directamente relacionados con la obra.

- Documentos del contrato.
- Archivos de recepción y ensayos de materiales.
- Registros de calibración de equipos de medición y ensayos.
- Los formatos de verificación y registros de calidad (estos últimos se rigen por C.1.3.2 de la NSR-10, más adelante).

El último elemento a considerar es una *coordinación* efectiva, el supervisor deberá contactar las autoridades de los diferentes niveles, involucradas en la ejecución de la obra, con el objeto de regular la gestión de supervisión, obtener más información y el apoyo necesario, para el buen logro de los objetivos.

Por lo anterior el supervisor debe ser poseedor de principios, métodos y técnicas de supervisión, conocimientos, especializaciones y aptitudes para determinar la acción que debe emprender en cada una de las situaciones a las que se enfrente²², razón por la cual la Supervisión es un trabajo arduo y exigente.

3.1.3 Actividades de supervisión

Las actividades de supervisión se reúnen (como se mencionó anteriormente) en los diferentes controles²³ a saber: materiales, planos y especificaciones, ensayos y ejecución de la construcción; los cuales son tratados en los capítulos posteriores. La siguiente lista son las actividades generales (incluye la parte administrativa) de supervisión²⁴:

1. Estudios de planos, especificaciones y programación de las obras contratadas.

²² Ver Secciones A.1.3.9.4, I.1.4 e I.3 de la NSR-10.

²³ Ver Sección I.2.4 de la NSR-10 al final de este capítulo.

²⁴ Tomadas de las conferencias del Ing. Roberto Amor Buendía. Algunos de estas actividades incluyen la Seguridad, la cual debe verificarse a través de la identificación de las situaciones inseguras y de los focos de peligro potencial o inminente. Se recomienda entonces documentarse sobre las normas y reglamentos de seguridad, además de los procedimientos para uso de productos, maquinaria y herramientas especiales, que puedan ser generadores de inseguridad. En este documento no se amplía sobre la seguridad industrial ni social.

2. Elaboración, en asocio con el contratista, las actas de iniciación de obras, de acuerdo con los requisitos de la entidad contratante.
3. Revisar, aprobar y controlar el Programa de ejecución de las obras materia del contrato, que elaboren los Contratistas.
4. Supervisar la localización en el terreno de las obras a ejecutarse, de acuerdo con el proyecto actualizado y suministrar al contratista los puntos de nivel y tránsito de inicio del proyecto.
5. Estudio y aprobación del personal, los equipos y método de construcción a utilizarse en la ejecución de las obras.
6. Revisión permanente de los materiales y equipos a utilizar en las obras y supervisar las pruebas necesarias para comprobar el cumplimiento de las especificaciones.
7. Aprobación de las posibles fuentes de suministro de materiales de construcción.
8. Atender y resolver las consultas que le hagan los constructores sobre posibles omisiones o errores que aparezcan en los planos y especificaciones.
9. Vigilar permanentemente la ejecución de las obras, teniendo en cuenta las recomendaciones de las especificaciones de construcción y ciñéndose estrictamente a los proyectos.
10. Exigir a los constructores la reconstrucción de obras defectuosas.
11. Vigilar el cumplimiento de los plazos estipulados en los contratos, suministrando oportunamente la información sobre posibles motivos de prórrogas, con indicación detallada de las causas que la justifiquen.
12. Cuidar que el constructor, siempre esté amparada por una póliza de manejo, cumplimiento, de suministro de materiales, equipos de prestaciones sociales, de amparo al Contratista, vehículos y seguro de vida y accidentes del personal de la obra, otorgada por el Contratista y exigir con la debida anticipación su renovación y/o ampliación, si fuere el plazo y/o el contrato ampliado.
13. Elaboración de todas las actas a que haya lugar en el desarrollo del contrato.
14. Registro en un libro diario de las obras ejecutadas en cada frente de trabajo, además de las objeciones, observaciones e instrucciones y del equipo que trabaje en las obras.
15. Vigilar siempre que la organización técnica y administrativa del Contratista, sea la adecuada para garantizar la correcta y cabal ejecución de los contratos.
16. Medir y recibir mensualmente y cada vez que se haga necesario, las cantidades de obra ejecutadas por los Contratistas, de acuerdo con los planos y especificaciones de los contratos, liquidarlas aplicando los precios unitarios contractuales, elaborar las actas mensuales correspondientes y revisar y aprobar las cuentas que presenten los contratistas para pago.
17. Revisar y aprobar las actas de reajuste de precios, elaboradas por los contratistas, conforme lo establecido en los respectivos contratos.
18. Controlar y verificar las pruebas para la aceptación y recibo final de las obras.
19. Elaboración de las actas finales de recibo de obras y liquidación final de los contratos de obras civiles, suministros y montajes.
20. Elaboración de los informes de avances mensuales de obras e inversiones.

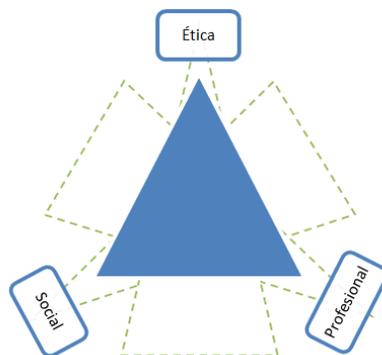
3.1.4 Características del supervisor

La *integridad* en la persona del supervisor no debe ser cuestionable. Debe tener *conocimiento* teórico previo y oportuno para responder los cómo, los cuándo, los por qué, entre otros interrogantes que se presentan en el transcurso del proyecto. Debe tener *experiencia* específica verificable, para el tipo de proyecto a ejecutar. “Las personas con preparación teórica pero sin experiencia práctica, deben adquirirla en la obra trabajando bajo la dirección de supervisores experimentados, antes de dejarlos trabajar por su cuenta”²⁵. Estos tres elementos determinan el perfil del supervisor que se analiza a continuación. En I.1.4.1 de la NSR-10 se indica que el Supervisor Técnico debe ser un profesional que cumpla con las calidades exigidas en el capítulo 5 Título VI de la ley 400 de 1977 y en la ley 1229 de 2008. Además en El capítulo I.3 y en el numeral A.1.3.9.4 se encuentran la idoneidad requerida en el supervisor técnico y de su personal auxiliar.

3.1.4.1 Perfil del supervisor

El perfil del supervisor se compone de tres elementos básicos²⁶ interrelacionados entre sí: Ético, Social, y Profesional; el desarrollo personal de estas tres competencias debe ser parejo, tender a una de estas esquinas de este triángulo, deforma su regularidad, de esto dependerá el ejercicio integral como supervisor. Por ejemplo, la tendencia a lo social puede verse reflejada en la flexibilidad de su autoridad. Ver Figura 4.

Figura 4. Aspectos del perfil del supervisor.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.4.1.1 Aspecto Ético.

²⁵ INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. IMCYC. ACI 311-99. Manual para Supervisar obras de concreto. P. 5.

²⁶ Algunos autores incluyen otras características. Las cuales son comunes en la mayoría de las áreas de la ingeniería.

Son intrínsecos a la autoestima de la persona la ética y los valores morales, y es a través de estos últimos que podemos crear elementos de juicio, con los cuales se respetamos los principios y normas, nos hacemos responsables de nuestros actos, proporcionamos un buen ejemplo frente al gremio profesional.

Durante el proyecto es casi inevitable que se puedan presentar focos de ineficacia, corrupción, burocracia, clientelismo e ineptitud, elementos que tienden a desmejorar la calidad con la que se ejecutan los proyectos y en los que en la mayoría de los casos se prefiere el beneficio económico que el social, para esto no se presente el supervisor *debe ser estimulado económicamente por parte de la empresa*²⁷, además de contar con el apoyo logístico, administrativo, entre otros, para lograr la coordinación necesaria para cumplir los objetivos. Otra recomendación es “evitar recibir favores personales, obsequios, invitaciones, etc. de las personas a las cuales les debe revisar su trabajo, y mantener la relación en un plano estrictamente profesional. También, está obligado a actuar con honestidad y justicia con los trabajadores”²⁸.

3.1.4.1.2 Aspecto Profesional.

La disposición del crecimiento profesional es una cualidad loable. Con esto se logra seguridad a la hora de ejercer el trabajo y tener oportunidades para guiar a aquellos que vienen detrás de nosotros. La NSR-10 en su inciso I.3, trata sobre la idoneidad del Supervisor y de su personal auxiliar. Este aspecto inicia a con el conocimiento de la teoría y práctica a través de la experiencia, cuyo resultado es la competencia. Dentro de las competencias necesarias para la actividad de supervisión técnica, tenemos: “Experiencia sobre los materiales y los procedimientos de construcción comunes; habilidades para la interpretación de planos; habilidades para programar y cuantificar los recursos y productos de la construcción; y entrenamiento en la utilización de programas de cómputo, tanto de oficina, como aplicaciones específicas para la ingeniería civil.”²⁹ Existen otras competencias necesarias para cada tipo de proyecto, la idea se centra en tener la mayor capacidad posible para ser considerados idóneos para el cargo de supervisor técnico.

Dos puntos importantes que se desprenden del tema tratado son: el Criterio y la Autoridad.

3.1.4.1.2.1 Criterios, medidas y tolerancias.

El proceso de supervisión requiere de observación, mediciones y pruebas de laboratorio para analizar y tomar decisiones, y como es natural, la ejecución de la obra no se da a la perfección, es entonces cuando el supervisor, haciendo uso de su criterio y de las facultades que brinda la normativa, establece

²⁷ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN; SOLÍS CARCAÑO, Rómel. La supervisión de obra. Ingeniería Revista Académica, enero-abril, año/vol. 8, número 001 Mérida, México 2004. p. 55

²⁸ SOLÍS p. 55

²⁹ Ibid p. 57.

los límites que le servirán de referencia para tomar las medidas correspondientes y que deben estar predefinidas antes de iniciar el proyecto.

En la medida en que se va obteniendo experiencia se tiende a adoptar ciertas tolerancias, aun cuando no se den especificaciones de ellas. Los expertos recomiendan disminuir el grado de tolerancias cuando se trata de colocación de cimbras, ya que las tolerancias deben realizarse sobre el elemento terminado e incluyen la apariencia y estética, también se recomienda estar muy atentos cuando dichas tolerancias se refieren a dimensiones lineales que pueden ser acumulativas.

Un ejemplo de criterio para las tolerancias puede verse al comparar “el corrimiento de 1 cm en una varilla, para una cimentación sería intrascendente, pero en una losa delgada, el mismo centímetro podría debilitarla en forma importante o afectar la resistencia a la corrosión del acero de refuerzo”³⁰. Ahora si dicho centímetro es en exceso y se trata de una losa de piso de gran área, estaríamos añadiendo volumen extra (que se refleja en costo), y por supuesto una carga adicional a la estructura, que tal vez, no pueda ser soportada por la cimbra.

3.1.4.1.2.2 Autoridad del supervisor.

Al inicio de la obra, es recomendable instruir al personal sobre las jerarquías y facultades de los involucrados en el proyecto. Se recomienda además que las responsabilidades y obligaciones se presenten por escrito. El supervisor, siguiendo las funciones que le competen y que fueron tratadas en la página 30, tiene autoridad para:

1. Detener la autorización para un colado hasta que las condiciones previas (como cimbra, preparación de juntas, colocación de varillas) se puedan aprobar y esté disponible el personal para supervisar el colado.
2. Negar la autorización para la utilización de materiales, equipo y mano de obra que no satisfagan los requerimientos de los documentos del diseño o que puedan conducir a un producto terminado que no los cumpla.

Se puede impartir las órdenes a los jefes de cuadrilla directamente cuando su superior no se encuentre; en todo caso debe notificar las razones de las inconformidades y sentarlas en los registros de supervisión.

3.1.4.1.3 Aspecto social

No se puede pasar por alto la parte humana, es importante que el supervisor siembre las buenas relaciones conservando su figura de autoridad. Esto se logra mostrando siempre buenos modales,

³⁰ INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. IMCYC. ACI 311-99. Manual para Supervisar obras de concreto. p. 7.

cordialidad, siendo coherente con sus decisiones, entre otras características que se van aprendiendo en el ejercicio de la profesión. En este tema trataremos las habilidades interpersonales y manejo de conflictos.

3.1.4.2 Habilidades interpersonales

En cada proyecto que se inicia se conoce nuevas personas, y la mayoría de ellas tienen puntos de vista muy diferentes a las nuestras; siendo esto una oportunidad para aprender de ellas, si estamos equivocados, o aprender a convencer o disuadir cuando estamos en la posición correcta sin ofender; visto desde esta perspectiva las diferencias se limitan a las habilidades comunicativas interpersonales. Siendo el supervisor la máxima autoridad, debe ser diestro para *guiar con éxito la conducta de sus subordinados*. Con esta habilidad, el supervisor tendrá menos dificultades en el desempeño de su trabajo.

3.1.4.3 Manejo de conflictos y comunicación.

En Instituciones como la Universidad de Cartagena y el SENA, entre otros, existen cursos creados para solucionar conflictos, pues es muy frecuente e inevitable que se generen discusiones por razones que van desde lo laboral, diferencias en el criterio técnico, hasta motivos personales u otros que terminan en malos entendidos o enfrentamientos que desmejoran el ambiente de trabajo y en ocasiones la persona encargada no posee la facilidad verbal, carácter, o la visión general para aclarar el asunto.

Al Supervisor Técnico le corresponde intervenir los casos que se presentan entre los constructores y el dueño, sin embargo, sabiendo que una de las actividades del supervisor consiste en detectar errores en el trabajo de los demás³¹, es recomendable que se tomen las medidas correspondientes, con toda la responsabilidad del caso, acudiendo a la ética y mesura; por otro lado si los conflictos se dan dentro del personal de construcción, este será asumido por el residente.

Los comunicados (que hacen parte de la comunicación eficaz) también merecen un espacio entre el manejo de la documentación (si esta es por medios físicos y/o electrónicos archivables). Se recomienda que si esta se realiza directamente, o vía celular, quede anotada en la minuta de supervisión y en lo posible firmada por las partes, siempre que se trate de un asunto de importancia. En resumen compartimos la siguiente opinión: “Un ambiente cordial y profesional propicia buenas relaciones humanas dentro de cualquier interacción humana, lo cual hará más fácil la solución de los conflictos. La actitud del supervisor en la obra debe ser agradable, pero impersonal; debe mostrar una actitud de colaboración, pero a su vez evitar la familiaridad”³².

³¹ Ver 1.2 Actividades de supervisión ítem 8, en la página 17

³² UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN; SOLÍS CARCAÑO, Rómel. La supervisión de obra. Ingeniería Revista Académica, enero-abril, año/vol. 8, número 001 Mérida, México 2004. p. 55

3.1.5 CONTROL DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES

En la práctica encontramos que cada diseñador estructural tiene un estilo propio en la forma de presentación de los planos (aunque los rasgos que son comunes de uno a otro son mayoría). En general los planos deben seguir las normas de dibujo que presenta el ICONTEC.

Para efectos de supervisión, debe definirse si los planos se encuentran completos o incompletos, en número y contenido, mediante una revisión completa de cada uno de los tipos de plano (Ver Tabla 2). En número la cantidad de planos del mismo grupo debe aparecer en la parte inferior de cada plancha. Por lo que el número total de planos es la suma de todos ellos. Se recomienda ir actualizando un documento que contenga un índice de planos, que describa las modificaciones concertadas en el campo y aprobada por el diseñador y que sea digitalizada inmediatamente, y de esta manera ir configurando los planos As Built.

Tabla 2. Clasificación de planos.

Tipo de plano	Identificación
Estructural	E
Levantamiento	L
Arquitectónico	A
Hidráulico	IH
Sanitario	IS
Eléctrico y redes de comunicación	IE
Otros	“?” ³³

Fuente: Elaboración propia

Para la revisión del contenido de los planos se recomienda identificar el estado de revisión del plano (Ver Tabla 3) y llenar un documento para el control de cambios realizados en ellos; con esto se previene que se trabaje sobre planchas desactualizadas. El contenido de los planos puede verificarse en el ANEXO 2. CONTROL DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES y ANEXO 3. VERIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE PLANOS. Ver además la

³³ Para otra tipología se recomienda usar una letra que no coincida con las anteriores o con la identificación del estado del plano.

Tabla 4. Revisión de los elementos de los planos más adelante. La NSR-10 habla al respecto en los incisos A.1.5.2, I.2.4.2 y C.1.2 (y subsiguientes). Los errores más comunes encontrados durante la revisión de planos estructurales residen en:

- a. Detalles faltantes o incorrecta ubicación en otras planchas del conjunto de planos (por ahorrar espacio o cuidar la presentación) sobre todo en nodos o conexiones (estructuras metálicas).
- b. Falta de cargas máximas constructivas sobre los elementos.
- c. Consistencia entre las dimensiones, cotas y niveles (en los casos de detalles típicos sin escala, tras copiarlos de planos análogos).
- d. Falta de la definición del grado de desempeño para elementos no estructurales³⁴.

Tabla 3. Estado de los planos.

Estado del plano:	Identificación
Borrador	B
Fotoplano (Copia N°)	F
Propuesta (pre-planos)	P
Corrección N° X	C
Definitivo (Aprobado y debidamente firmado)	D
Record o As Built	R

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra una metodología propuesta y usada por el autor, en general puede adoptarse cualquier simbología, siempre que estos no generen confusiones de interpretación; para esto los planos deben contener igualmente, una casilla en la que se indica el número y fecha de la última revisión realizada por el responsable del mismo. La debida identificación de los planos y copias con una numeración apropiada, permite realizar correctamente el control de este tipo de documentos. Ver ANEXO 4. CONTROL GENERAL DE PLANOS. Los cuadros siguientes muestran la normativa referente a los planos y especificaciones.

³⁴ Para planos arquitectónicos.

Tabla 4. Revisión de los elementos de los planos

C,I,2	Elemento	Cumple	No Cumple	No aplica	Observaciones/ Valor
A	Se indica el Nombre y fecha de publicación del Reglamento NSR y sus suplementos de acuerdo con los cuales está hecho el diseño.	X			Indica Además ASTM A (36, 325, 563, 436) / Europea ST 37 / A 500-46. A418 / AWS A4.18 / ER70S-6. / SMAW E6010 – E7018.
B	Muestra la Carga viva y otras cargas utilizadas en el diseño.	X			50 Kg/m ²
C	La Resistencia especificada a la compresión del concreto a las edades o etapas de construcción establecidas, para las cuales se diseñó cada parte de la estructura está definida.	X			4000 psi (280 Kg/cm ²) – 28 días
D	Indica la Resistencia especificada o tipo de acero del refuerzo.	X			60.000 psi (4200 Kg/cm ²)
E	Dimensiones y localización de todos los elementos estructurales, refuerzo y anclajes.	X			
F	Enumera precauciones por cambios dimensionales producidos por flujo plástico, retracción y variación de temperatura.			X	
G	Se muestran las magnitudes y localización de las fuerzas de preesforzado;			X	
H	Esta identificada la longitud de anclaje del refuerzo y localización y longitud de los empalmes por traslapo.	X			
I	Indica el Tipo y la localización de los empalmes soldados y mecánicos del refuerzo.	X			No existen empalmes soldados
J	Ubica detalladamente todas las juntas de contracción o expansión especificadas para concreto simple.		X		Se realiza la supervisión en campo.
	El nivel de diseño del líquido para cualquier estructura diseñada para contener líquidos;			X	
K	Muestra la Resistencia mínima a compresión del concreto en el momento de postensar.			X	
	Secuencia de tensionamiento de los tendones de postensado;			X	
L	Indica la Secuencia de tensionamiento de los tendones de postensado.			X	
	Presión de gas de diseño para los elementos estructurales que se vean sometidos a gas o líquido a presión;			X	En el presupuesto aparece tanque en concreto, verificar si es prefabricado, pedir especificaciones, o solicitar planos para su construcción.
M	Indica si la(s) losa(s) sobre el terreno se ha(n) diseñado como diafragma estructural.			X	
N	Propiedades del concreto y sus componentes incluyendo el tipo de cemento, la relación agua-material cementante, y si se permiten adiciones, aditivos y puzolanas. Clase de exposición.			X	Concreto Estructural Fabricado en Planta
O	Requisitos adicionales tales como limitaciones a la retracción de fraguado permisible.			X	Se tomarán las medidas de control en Campo
P	Requisitos para ensayar la impermeabilidad y estanqueidad antes de que se realicen los rellenos aledaños			X	

Fuente: (Elaboración Propia)

3.1.6 CONTROL DE MATERIALES

El control de materiales es el componente más básico de la pirámide de supervisión. Trata en su orden: materiales cementantes, agregados, agua, acero de refuerzo y aditivos (y de cualquier otro elemento constituyente del concreto reforzado, requerido en las especificaciones que esté permitido por las normas). Los requisitos de control de materiales se resumen en la Tabla 1, la evaluación y aceptación del concreto se analiza en el Capítulo 4.

Los estándares sobre materiales se han dado hace muchos años atrás, solamente se ha elevado un poco su grado de definición, gracias a la adaptación a las nuevas tecnologías y métodos de construcción y a la importancia que tiene el control de calidad. El supervisor debe entonces, verificar que la calidad de los materiales utilizados sea de la calidad especificada³⁵ y que sean adecuadamente transportados, almacenados, procesados y usados para elaborar concreto de la calidad requerida.

El carácter reglamentario para materiales y ensayos, se muestra en el capítulo C.1.5 de la NSR-10, mientras que en el inciso C.3.8 se enumera las normas promulgadas por el ICONTEC, ASTM entre otros. Se recomienda ver además, la normativa referente a Estructuras de ingeniería ambiental (C.23-C.3.8 de la NSR-10³⁶).

3.1.7 Ensayo de materiales.

Es el conjunto de procedimientos estandarizados, con los cuales se verifica la calidad de los diferentes materiales de construcción. Para asegurarse que los materiales utilizados en la obra sean de la calidad especificada, deben realizarse los ensayos correspondientes sobre muestras representativas de los materiales de la construcción de acuerdo con las normas citadas en el punto anterior (Ver tablas 8, 9 y 10).

En el caso de que hayan sido sometidos a supervisión para aceptación antes de su despacho a la obra, se recomienda realizar una nueva supervisión al llegar a ella, por si han sufrido daño durante el almacenamiento y transporte. Los archivos del contratista referentes a los envíos y a la calidad de los materiales deben estar a disposición del supervisor³⁷.

En el capítulo siguiente, Ensayos para el control de la calidad, amplía este tema. Ver 3.1.15 Principales pruebas en los agregados (Página 50).

³⁵ Para tal efecto el supervisor está facultado para solicitar los certificados de calidad de los materiales.

³⁶ No disponible en este documento.

³⁷ Se recomienda contratar los servicios de una empresa confiable (preferiblemente certificada) para que realice los ensayos a los materiales. El supervisor debe analizar los resultados de las pruebas, para la toma de decisiones.

3.1.8 Materiales Cementantes.

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas. Tiene diversas aplicaciones, como la obtención de hormigón por la unión de arena y grava con cemento Portland. Este último es el Cemento hidráulico que se obtiene al calcinar una mezcla de arcillas y piedra caliza en un horno para pulverizar posteriormente la mezcla obtenida.

3.1.8.1 Cemento

La norma NTC 30 especifica cinco tipos estándar de cemento portland:

Cemento Tipo I - Cemento de uso común, cuando no se necesitan las propiedades especiales de otros cementos.

Cemento Tipo II - Cemento de uso general que tiene resistencia moderada a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Cemento Tipo III - Cemento de alta resistencia a temprana edad.

Cemento Tipo IV - Cemento indicado cuando se necesita bajo calor de hidratación, como es el caso de las construcciones de concreto masivo.

Cemento Tipo V - Cemento útil cuando se requiere resistencia a los sulfatos, un ejemplo, estructuras que están en contacto con suelos o aguas freáticas de alto contenido de sulfatos, y en concretos en contacto con aguas negras domesticas concentradas.

La norma NTC 30 especifica cuatro tipos de cemento inclusor de aire, los tipos I-A, I-M-A, IIA y IIIA³⁸, que corresponden a los Tipos I, II y III enumerados antes. La norma NTC 121 incluye especificaciones para cemento inclusor de aire, es decir, que contiene un agente inclusor de aire. Algunos usuarios prefieren este medio para introducir aire en el concreto; a otros les parece más fácil controlar el contenido de aire del concreto cuando añaden el aditivo inclusor de aire directamente a la mezcladora.

3.1.8.2 Otros cementos

En algunas localidades se encuentran otros cementos, puros o resultantes de combinaciones, que se usan, en general, por razones económicas. Entre ellos se pueden citar: cemento de escorias, cemento portland de escorias de alto horno y cemento portland puzolánico, y otros que se dan en NTC 31.

Las puzolanas, se usan a menudo para remplazar en la mezcla una porción de cemento portland. Estos materiales reaccionan con la cal libre, siempre presente como producto de la hidratación del cemento portland, para formar compuestos cementantes que ganan resistencia lentamente. Se utilizan a frecuentemente por razones económicas en lugares donde el cemento portland es más costoso. La mayoría de ellas, cuando remplazan parcialmente al cemento portland, producen una mezcla de cemento que genera calor más lentamente (preciso para la construcción de estructuras masivas). Su función consiste en impedir o minimizar la reacción entre los álcalis y los agregados; produciendo,

³⁸ La norma dice que para cementos modificados se debe colocar un índice que muestre el tipo de adición al cemento original, para este caso la A indica: con aire incluido. En el I-M-A, la M indica que posee resistencias superiores al Cemento Tipo I.

en un concreto más resistente a los sulfatos, exceptuando la clase C³⁹. Las tres clases generales de puzolanas cubiertas por NTC 3493 de definen a continuación:

Clase N - Puzolanas naturales crudas o calcinadas que cumple con los requisitos aplicables para la clase dada, como algunas tierras del diatomácea; el cuarzo opalino y esquistos; El polvo y cenizas volcánicas o pumicitas, calcinadas o sin calcinar; y varios materiales que requieren calcinación para inducir propiedades satisfactorias, como algunas arcillas y esquistos.

Clase F - Cenizas Volantes normalmente producidas en la quema de antracita o carbón bituminoso que posee los requisitos aplicables para esta clase. Esta clase de Ceniza Volante tiene las propiedades del Puzolanas.

Clase C - Cenizas Volantes normalmente producidas de lignito o carbón subbituminoso que contiene los requisitos aplicables para esta clase. Esta clase de ceniza volante, además de las propiedades del puzolánicas, también tiene algunas propiedades cementantes.

Ver también numeral C.4.5 de la NSR-10 (Materiales cementantes alternativos para exposición a sulfatos).

3.1.9 Agregados.

Son aquellos materiales inertes de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua conforman un todo compacto conocido como hormigón o concreto. Para concretos estructurales comunes, los agregados ocupan aproximadamente entre el 70 y el 75 por ciento del volumen de la masa endurecida. El resto está conformado por la pasta de cemento. Los agregados deben estar limpios, ser resistentes y tener una composición química estable. Las que siguen son algunas características de los agregados:

3.1.9.1 Tamaño

El tamaño de estos agregados varía con la clase o tipo de obra, empleándose desde 30, 50 y 90 mm para concretos simples o ciclópeos y en el concreto armado el tamaño será dado por la separación del refuerzo y se exige un máximo inferior a 1/4" que es la mínima separación entre refuerzos y entre la cimbra o molde y el refuerzo próximo.

3.1.9.2 Forma

Se ha comprobado que la masa de los agregados gruesos que presenta mayor compacidad, resistencia y plasticidad es la constituida por las partículas de forma aproximadamente esférica.

³⁹ Traducido por el autor de: ASTM C618-03 - Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.

3.1.9.3 Preparación de los agregados

Los agregados se preparan para su empleo:

- a) Cribándolos, para obtener sus distintos gruesos de acuerdo con el agregado que se requiera.
- b) Lavándolos, para eliminar sales, arcillas y otras sustancias extrañas.
- c) En caso necesario se secarán.

En la dosificación (proporciones de arena y grava) de los morteros (mezclas y concretos) principalmente de tipo hidráulico, el constructor (ingeniero o arquitecto, residente) deberá asegurarse de las condiciones de los agregados. Aunque de una manera general los agregados deberán prepararse para su empleo y deberán satisfacer las condiciones de dureza, estabilidad y resistencia, pero conviene efectuar pruebas que garanticen los resultados necesarios. Estas pruebas son:

- a) Peso específico
- b) Peso volumétrico
- c) Absorción
- d) Humedad
- e) Prueba de polvo
- f) Prueba de calorimetría
- g) Determinación de sales

El peso específico es un índice (útil y rápido) de la aptitud de un agregado, pues un valor bajo indica que es un material poroso, débil y absorbente

La labor del supervisor, radica en el examen y prueba de los agregados para su aceptación o rechazo, realizar las pruebas de control necesarias, el cuidado de que sean manejados y almacenados en forma correcta, y la verificación de las operaciones de medición. Los ensayos en los agregados pueden verse en la página 50.

3.1.10 Agua.

El agua en la construcción es el elemento en virtud del cual el cemento portland produce una serie de reacciones químicas que le dan la capacidad de fraguar y endurecer para formar el conjunto con los agregados, el sólido único o piedra artificial llamada hormigón. Por lo cual debe tener unas características determinadas para poder ser usada en la mezcla.

El agua potable es, en la mayoría de los casos, satisfactoria como agua para realizar la mezcla y este es el criterio de calidad que se especifica y aplica comúnmente. Por lo general, el control del agua como objeto de supervisión consiste en determinar si existe presencia de impurezas dañinas, como álcalis, ácidos, material vegetal en descomposición, aceite, o cantidades excesivas de limo. El agua de calidad dudosa debería enviarse a un laboratorio para que se efectúen pruebas (lugares donde no se dispone de agua potable); o si no se dispone de tiempo, comparar la resistencia y durabilidad de

especímenes de cemento o mortero hechos con dicha agua con las de especímenes de control hechos con agua que se sabe que es satisfactoria. La norma NTC 3459 (en su numeral 2.1.2) permite usar el agua de lavado que queda dentro de la mezcladora para la mezcla siguiente. La norma vigente ha reducido el grado de exigencias respecto de la calidad del agua para la mezcla de concreto. Los requisitos de la NSR-10 son:

3.1.11 Acero de refuerzo.

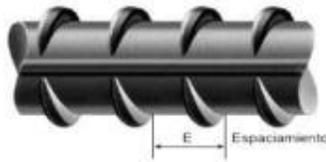
La resistencia útil tanto a tensión como a compresión de los aceros comunes, es decir, la resistencia a la fluencia, es aproximadamente quince veces la resistencia a la compresión del concreto estructural común y más de 100 veces su resistencia a la tensión. Por otro lado, el acero es un material mucho más costoso que el concreto. De esto resulta que los dos materiales se emplean mejor en combinación si el concreto se utiliza para resistir los esfuerzos de compresión y el acero los esfuerzos de tensión.

El acero para reforzar concreto se utiliza en distintas formas; la NSR-10 permite el uso de: 1) barras (y alambre) corrugadas, 2) pernos con cabeza, 3) barras lisas en espirales o en tendones de preesforzado, 4) mallas electrosoldadas, 5) barras corrugadas con cabeza, 6) alambres, torones y barras para refuerzo de preesforzado, 7) acero estructural y tubos de acero y 8) fibras de acero; cada uno de ellos se detallan por separado en orden en el que son citados en la norma, más adelante. Los siguientes son los requerimientos generales para el acero de refuerzo:

- a) Barras corrugadas. La forma más común y usada para el refuerzo del concreto. (Figura 5). Todas las barras, con excepción del alambón de $\frac{1}{4}$ de pulgada, que generalmente es liso, tienen corrugaciones en la superficie para mejorar su adherencia o resistencia al deslizamiento del concreto, la cual tiene su origen en los siguientes fenómenos:
- “Adhesión de naturaleza química entre el acero y el concreto.
 - Fricción entre la barra y el concreto, que se desarrolla al tender a deslizar la primera.
 - Apoyo directo de las corrugaciones de las barras sobre el concreto que las rodea”⁴⁰.

Figura 5. Sección de barra corrugada.

⁴⁰ GONZALES, Oscar; ROBLES, Francisco. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Cuarta Edición. Editorial Limusa. México 2005. p 266.



Fuente: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. Página 23.

Otras presentaciones son: las parrillas de refuerzo y la “chipa”, para este último tipo de acero que viene en rollos, se recomienda verificar el enderezado, sobre todo si este se realiza manualmente⁴¹. Ver C.3.5.3.2, más adelante.

- b) Mallas electro-soldadas. Se identifica como malla electrosoldada al producto formado por dos sistemas de elementos (barras corrugadas o alambres corrugados) que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica por un proceso de producción en serie en instalación fija. El uso de las mallas electrosoldadas se debe básicamente a su facilidad de colocación, lo que significa un importante ahorro de mano de obra.

Figura 6. Mallas electrosoldadas.



Fuente: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE CATALUÑA. MARÍ BERNAT, Antonio. ORTEGA, Honorio. PÉREZ, Gustavo Ariel. SÁIZ García, Sergio. Recomendaciones para el proyecto y construcción de placas Macizas de hormigón in situ para forjados. Barcelona, Septiembre 2002. p 81.

- c) Barras lisas en espirales o en tendones de pre-esforzado. Son barras de sección transversal circular sin resaltes o nervios especiales. Las barras lisas tienen la desventaja frente a las barras corrugadas, que no poseen apoyo directo de las corrugaciones de las barras sobre el

⁴¹ La colocación del acero es un factor primordial a la hora de verificar la calidad. Se recomienda hacer hincapié en la supervisión de los nudos, ya que en ellos donde se concentra la mayor cantidad de acero y por ende aumenta la posibilidad de errores.

concreto que las rodea, razón por la cual están limitadas a ser usadas en espirales (Ver Figura 7) o en tendones de pre-esforzado, en conjunto con elementos de anclaje en los extremos. Se especifican en C.3.5.4.2 de la NSR-10, NTC 161 (ASTM A615).

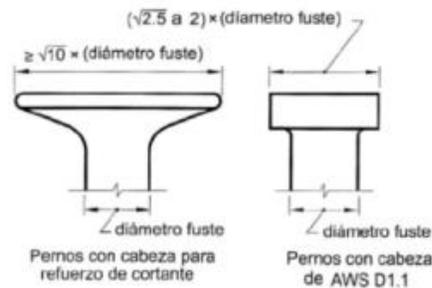
Figura 7. Barras lisas en espiral para un pilote o columna de sección circular.



Fuente: NILSON, Arthur H. Ed. 12. Diseño de Estructuras de concreto. Editorial McGraw Hill. Colombia 2001. p 21.

- d) Pernos con cabeza: Son anclaje de acero que cumple con los requisitos de la AWS D1.1, fijado a una platina o aditamento de acero similar, mediante el proceso de soldadura de arco, antes de colocar el concreto. Especificada en C.3.5.5 (Ver Figura 8).

Figura 8. Configuración de los pernos con cabeza



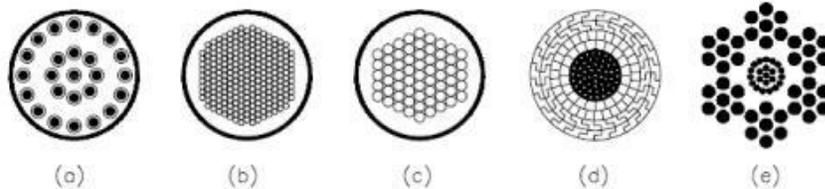
Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p. 54.

- e) Alambres, torones y barras para refuerzo de preesforzado.

El refuerzo de pre-esforzado se utiliza en tres formas diferentes: alambres de sección circular, torones y barras de acero aleado, se especifican en C.3.5.6 (más adelante). Las recomendaciones para supervisión técnica de materiales y ejecución de obra para preesforzado, no se tratan en este documento. Dentro de las principales características de este tipo de refuerzo encontramos que: “los alambres para preesfuerzo varían en diámetros desde 0.192 hasta 0.276 pulgadas; se fabrican mediante extrusión en frío de aceros con alto

contenido de carbón, después de lo cual el alambroón se somete a un proceso de revenido en caliente para producir las propiedades mecánicas prescritas. Los alambrones se entrelazan en grupos de hasta aproximadamente 50 alambrones individuales para producir los tendones de preesfuerzo con la resistencia exigida. El torón de siete alambrones, ampliamente utilizado para preesfuerzo, está disponible en dos grados: grado 250 ($f_{pu} = 250 \text{ klb/pulg}^2$) y grado 270. El torón de alta resistencia, grado 270, está desplazando gradualmente al torón de resistencia ligeramente menor. Para barras de acero aleado se utilizan dos grados: el grado regular 145 que es el más común, pero también pueden ordenarse barras con grado especial 160. Los alambrones de sección circular pueden obtenerse en grados 235,240 y 250 dependiendo del diámetro⁴².

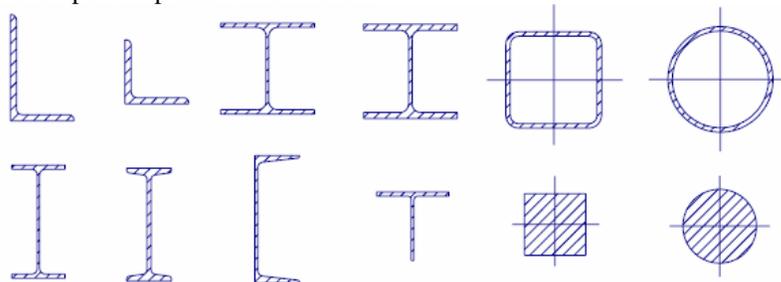
Figura 9. Tipos de cables. (a) barras paralelas, (b) alambres paralelos, (c) torones paralelos, (d) torones enrollados con trabas, helicoidalmente, (e) cordeles.



Fuente: TECNAR. FUNDACION TECNOLÓGICA ANTONIO DE AREVALO. Manual de estructuras Metálicas. p 35.

- f) Acero estructural y tubos de acero: El acero estructural y perfilaría de acero, hace parte del diseño y construcción de estructuras metálicas, que se especifica en el Título F de la NSR-10. Este tipo de estructura no se amplía en este documento. La NSR-10 se refiere al respecto en C.3.5.7, más adelante. La Figura 10. Sección típica de perfiles estructurales.

Figura 10. Sección típica de perfiles estructurales.



Fuente: Elaboración propia.

⁴² NILSON, Arthur H. Ed 12. Diseño de Estructuras de concreto. Editorial McGraw Hill. Colombia 2001, 722 p 58.

g) Fibras de acero: Un concreto fibro-reforzado es aquel que se obtiene agregando diferentes tipos de fibra a la mezcla, ya sea metálicas (esencialmente acero), naturales y sintéticas de diversos tipos cuyas finalidades principales son las siguientes:

- Aumento de la ductilidad.
- Aumento de la resistencia a la fatiga.
- Mejora la resistencia al impacto y a la abrasión.
- Reducción de la micro-fisuración y de los efectos del retiro plástico.
- Mejora la resistencia al fuego.

Figura 11. Diferentes fibras de acero para refuerzo del concreto.



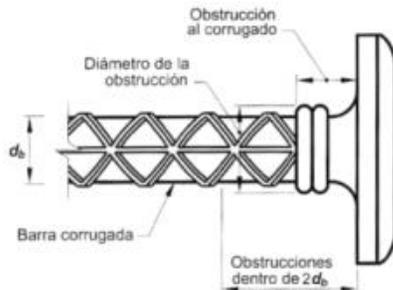
Fuente: MACCAFERRI. Fibra para Refuerzo del Concreto. Ficha técnica de producto. Disponible en: http://www.maccaferri.com.br/download/encarte_wirand_e.pdf?PHPSESSID=78ra4ivfck5vt17h2dq0h0urj2.

El Comité ACI 544 establece que el concreto reforzado con fibras de acero se especifica usualmente por su resistencia y su contenido de fibras. Normalmente en las obras de pavimentación se especifica la resistencia a la flexión, y en aplicaciones estructurales se especifica la resistencia a la compresión⁴³. En la NSR-10 se verifica que para ensayar este tipo de concreto debe seguirse la ASTM 1609 (Ver numeral C.5.6.6 de).

h) Barras corrugadas con cabeza (Ver Figura 12). Son barras con las características mencionadas en el literal (a), y que además cuentan con un elemento que le ayuda en el anclaje. Estos elementos (cabezas) pueden estar unidas por uno o ambos extremos. La cabeza debe quedar unida al extremo de la barra usando soldadura o forjado, roscado con filamentos compatibles internos en la cabeza y en el extremo de la barra, o mediante una tuerca separada atornillada que asegure la cabeza a la barra. El área neta de apoyo de una barra corrugada con cabeza es igual al área bruta de la cabeza menos la mayor entre el área de la barra y el área de cualquiera obstrucción.

⁴³ El uso de este producto está en constante aumento, tanto en términos cuantitativos como aplicativos; en Colombia su uso es bajo, pero la inserción de este requisito abre las puertas para su implementación.

Figura 12. Barra de refuerzo corrugada con cabeza



Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p 53.

Los siguientes son requisitos adicionales del acero de refuerzo:

3.1.12 Aditivos.

Un aditivo es un material diferente de agua, agregados y cemento hidráulico que se utiliza como ingrediente del concreto o del mortero y se añade a la mezcla inmediatamente antes, o durante el mezclado. En las especificaciones se puede requerir o permitir el uso de aditivos en el concreto con una o más de los siguientes propósitos⁴⁴:

1. Aumentar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua o disminuir el contenido de agua conservando la misma fluidez.
2. Acelerar el desarrollo de la resistencia a edades tempranas.
3. Aumentar la resistencia.
4. Retardar o acelerar el fraguado inicial.
5. Retardar o reducir el desarrollo de calor.
6. Modificar la rapidez o la cantidad de sangrado, o ambas.
7. Aumentar la durabilidad o la resistencia, en condiciones severas de exposición, incluyendo la aplicación de sales removedoras de hielo.
8. Controlar la expansión causada por la reacción de álcalis con ciertos constituyentes del agregado.
9. Disminuir el flujo capilar de agua.
10. Disminuir la permeabilidad al paso de líquidos.
11. Producir concreto celular.

⁴⁴ La ASTM C 494 los clasifica en 7 grupos identificados. desde la A hasta la G, así: A – Reductores de agua, B - Retardantes, C - Acelerantes, D – Reductores de agua y retardantes, E - Reductores de agua y acelerantes, F - Reductores de agua de alto rango y G - Reductores de agua de alto rango y retardantes.

12. Mejorar la penetración y facilidad de bombeo de lechadas y el bombeo de concreto.
13. Reducir o prevenir asentamientos, o crear expansión ligera en concreto o mortero utilizados para rellenar espacios en columnas y vigas o en la fijación de maquinaria, llenar los ductos de cables postensado o los vacíos en agregado precolado.
14. Aumentar la adherencia del concreto al acero.
15. Aumentar la adherencia entre concreto viejo y nuevo.
16. Obtener concreto o mortero de colores.
17. Desarrollar propiedades fungicidas, germicidas e insecticidas en concretos o morteros.
18. Inhibir la corrosión de metales corroibles ahogados.
19. Disminuir el costo unitario del concreto.

Por lo general, para la aceptación de los aditivos, se efectúa el análisis de laboratorio, o se confía en lo que dicen los fabricantes⁴⁵. La supervisión de los aditivos incluye: ver que cumplan con las especificaciones adecuadas; que sean almacenados sin contaminación o deterioro; que sean medidos con precisión e introducidos en la mezcla según las indicaciones; y que se comporten como se esperaba al hacer la mezcla y por los resultados de las pruebas que se hagan. Por ejemplo las especificaciones requerirán que el cloruro de calcio (si se usa) sea disuelto antes de añadirlo a la mezcla, para asegurar su buena distribución y una aceleración uniforme de la hidratación en toda la mezcla.

De ser posible, deberán practicarse pruebas de rutina de control de calidad para determinar la masa específica, sólidos (residuo por secado).

3.1.13 Otros materiales.

Según la NTC 3318, en su inciso 5.1.6, se permite el uso de otros materiales (colorantes, pigmentos minerales, fibras, icopor, etc.) siempre y cuando no afecten la durabilidad del concreto y estén certificados en su desempeño.

⁴⁵ Se recomienda que sean manejados en planta. Para manejo en obra, seguir las indicaciones del producto.

3.1.14 ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD

Los ensayos de control de calidad son aquellos procedimientos estandarizados mediante los cuales puede verificarse, que los materiales usados para la elaboración del concreto y el concreto mismo (en estado fresco y endurecido), son los adecuados, se están manejando correctamente y cumplen con las especificaciones establecidas. Se deben seguir los procedimientos según las Normas Técnicas Colombianas⁴⁶, por lo que deben ser ejecutados por personal especializado. Los requisitos de control de calidad pueden verse en la

Tabla 24. Requisitos para ensayos de control de calidad. La obligatoriedad y enumeración de las normas técnicas, el ensayo de materiales y el acero de refuerzo pueden verse en c.1.5 y c.3.8 del ANEXO 10. COMPARACION NORMATIVA ENTRE LA NSR-98 Y LA NSR-10, REFERENTE A LA SUPERVISIÓN TECNICA⁴⁷.

3.1.15 Principales pruebas en los agregados

Las pruebas de los agregados se pueden clasificar en:

- a) Pruebas iniciales de aceptación, efectuados en laboratorio, sobre granulometría, limpieza (limo e impurezas orgánicas), sanidad y durabilidad, resistencia a la abrasión, materiales nocivos, sustancias extrañas y composición mineral;
- b) Pruebas secundarias de laboratorio, de muestras aprobadas, para determinar las propiedades físicas que se usan en la dosificación de la mezcla. Se incluyen las de absorción, peso específico aparente, peso unitario, vacíos y expansión; y
- c) Pruebas de campo para controles de aceptación secundaria, entre ellos los de limpieza, materiales nocivos y contenidos de humedad.

3.1.16 Especificaciones

La norma sobre agregados NTC 174⁴⁸, especifica tamaños recomendados para finos y gruesos. Indica las características, gradación y sugiere, que los agregados sean limpios, duros, sanos y durables, y que los tamaños de las partículas estén comprendidos entre los límites establecidos. Sustancias dañinas se restringen a pequeños porcentajes.

⁴⁶ Ver Tabla 8.

⁴⁷ Los elementos prefabricados y preesforzados no se tratan en esta guía.

⁴⁸ Especificaciones de los agregados para concreto.

La norma NTC 174 enumera las siguientes sustancias nocivas, junto con las razones por las que se limitan las cantidades de ellas que pueden estar presentes en el agregado producido.

Terrones y partículas deleznable de arcilla: Estos materiales proporcionan partículas nocivas en el concreto y también pueden incrementar la demanda de agua si se parten durante el mezclado.

Chert (Peso específico menor que 2.40): Reduce la durabilidad del cemento; y es el causante de ampollas o burbujas.

Material que pasa por la malla No. 200 (75 u.m): Estos materiales también aumentan la demanda de agua de mezclado.

Carbón y lignito: Estos materiales perjudican la apariencia superficial y causan dificultad en la inclusión de aire.

Sulfatos: incrementan el volumen de sólidos, causa de la expansión y descomposición de los concretos expuestos a ellos.⁴⁹

La norma NTC 4045 Agregados livianos⁵⁰ para concreto estructural, cubre dos tipos de agregados livianos: Los *procesados*, obtenidos por expansión, paletización o sintetización de productos como escorias de alto horno, arcillas, diatomita, cenizas finas, esquistos o pizarras; y los *naturales*, que son aquellos utilizados en su estado natural, tales como piedra pómez o escoria. En ambos casos debe tratarse de material celular liviano e inorgánico granular. Los valores de masa unitaria que hacen los materiales mencionados se clasifiquen como livianos puede verse en la Tabla 5.

Tabla 5. Requisitos de masa unitaria de agregados livianos para concreto estructural.

Designación del tamaño	Masa suelta seca máx. (Kg/m ³)
Agregado fino	1120
Agregado grueso	880
Agregados finos y combinados	1040

Fuente: Norma técnica colombiana NTC 4045 pág. 7.

Las siguientes son algunas de las normas que se refieren a los agregados para concreto:

Tabla 6. Normas para agregados

Designación	Nombre
NTC 126	Método de ensayo para determinar la solidez, sanidad de agregados con el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.
NTC 127	Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto.
NTC 129	Práctica para la toma de muestras de agregados.
NTC 130	Método de ensayo para determinación de partículas livianas en los agregados.

⁴⁹ Cabe anotar que los sulfatos y los químicos en general raramente, si acaso lo hacen, atacan el concreto si se encuentran en una forma sólida o seca. Para que resulte un ataque significativo en el concreto, los sulfatos deben estar en solución y por encima de las concentraciones mínimas de la Tabla 83. Requisitos para establecer la conveniencia de las combinaciones de materiales cementantes expuestos a sulfatos solubles en agua (NSR-10).

⁵⁰ Se ha probado gran variedad de materiales livianos y de gran resistencia, un ejemplo con concreto auto-consolidante puede verse en el estudio: Characteristics of self-consolidating concrete using two types of lightweight coarse aggregates. De los autores YONG, Jic Kim. YUN, Wang Choi. LACHEMI, Mohamed. Disponible en: www.elsevier.com/locate/conbuildmat.

NTC 175	Método químico para determinar la reactividad potencial Alkali-Silice de los agregados.
NTC 176	Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso.
NTC 1776	Método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados.
NTC 183	Método para determinar la dureza al rayado de los agregados gruesos.
NTC 2240	Agregados usados en morteros de mampostería.
NTC 237	Método de ensayo para determinar la densidad y la absorción del agregado fino.
NTC 3674	Práctica para la reducción del tamaño de las muestras de agregado, tomadas en campo, para realización de ensayos.
NTC 3773	Guía para la inspección petrográfica de agregados para concreto.
NTC 3828	Método de ensayo para la determinación de la reactividad potencial de los álcalis de mezclas de cemento-agregado – Método de la barra de mortero.
NTC 385	Terminología relativa al concreto y a sus agregados.
NTC 4020	Agregados para mortero de inyección utilizado en mampostería – Grout para mampostería.
NTC 4924	Agregados livianos para unidades de mampostería de concreto.
NTC 579	Método para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en los agregados finos sobre la resistencia del mortero.
NTC 589	Método de ensayo para determinar el porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznable de los agregados.
NTC 77	Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos
NTC 78	Método para determinar por lavado, el material que pasa el tamiz 75 um en agregados minerales.
NTC 92	Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados
NTC 93	Determinación de la resistencia al desgaste de los agregados gruesos mayores de 19 mm, utilizando la máquina de los angeles.
NTC 98	Determinación de la resistencia al desgaste de los agregados gruesos mayores de 37.5 mm, utilizando la máquina de los angeles.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Requisitos de durabilidad⁵¹.

La durabilidad del concreto se define como la capacidad para resistir la acción del clima, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Se consideran dos aspectos: el medio ambiente que rodea la estructura y la calidad del concreto. En el primer caso, se trata de evaluar y clasificar el grado de agresividad del ambiente y por el otro, conocer el concreto estructural, estableciendo entonces la correspondencia entre ambos, o sea, entre agresividad del medio ambiente frente a la durabilidad del concreto y por supuesto de la estructura.

Durante la tarea de análisis y diseño estructural se define la forma de los elementos estructurales, y partiendo de un parámetro de resistencia se obtienen las deformaciones. Luego, durante el proceso

⁵¹ Un aporte para aumentar la durabilidad del concreto puede encontrarse el estudio realizado por (Emmanuel Roziere, 2013) donde se evalúan las propiedades de tracción de la edad temprana de hormigón es esencial para reducir el riesgo de agrietamiento debido a la contracción moderada.

constructivo, la formaletería debe elaborarse lo más ajustado posible a la forma proyectada. Debe mantenerse además la calidad y propiedades del concreto y refuerzo, ya que la resistencia de la estructura, en conjunto, depende de la resistencia de estos dos. Cualquier deterioro de ellos, comprometerá la integridad estructural e incluso acabar su vida útil; aunque según Chandias el concreto lleva la peor parte. “La durabilidad. Se impone a todas las partes de una obra; pero por la particularísima posición del hormigón en todo edificio, las exigencias se hacen más severas. Se trata de un material estructural, cuyas lesiones pueden comprometer la total estabilidad de la construcción y, a veces, no son de fácil o económica corrección”⁵². Agrega además que: la porosidad es el peor enemigo de la durabilidad. Una mala dosificación, un exceso de agua, un vibrado incorrecto, una puesta en obra acelerada y/o un mal curado, son las principales causas de la presencia de oquedades perjudiciales. En condiciones normales, la duración es una función directa de la impermeabilidad y esta se logra con una buena mezcla y una ejecución acorde con las reglas del arte. Se recomiendan, una baja relación a/mc , un apisonado eficaz y un curado adecuado.

La Norma Colombiana NSR-10 en su capítulo C.4 (siguiente) establece requisitos de Durabilidad⁵³ referentes a la relación Agua-Material cementante, exposición a ambiente húmedo o marino, exposición a los sulfatos y corrosión del refuerzo y que siguen a continuación⁵⁴. Ver también C.23-C.4 - Requisitos especiales de durabilidad (NSR-10)⁵⁵, dados para estructuras de ingeniería ambiental.

3.1.3 Dosificación de las mezclas de Concreto.

La dosificación es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí:

- Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- Determinación de sus cantidades relativas (Proporción) para producir una mezcla, tan económica como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

Los pasos anteriores son soportados por la teoría que se pueden encontrar en casi toda la literatura existente. Sin embargo Nilson lo describe más claramente por lo que nos limitamos a transcribir: “Los componentes de una mezcla se dosifican de manera que el concreto resultante tenga una resistencia adecuada, una manejabilidad apropiada para su vaciado y un bajo costo. Este último factor obliga a la utilización de la mínima cantidad de cemento (el más costoso de los componentes) que asegure unas propiedades adecuadas. Mientras mejor sea la gradación de los agregados, es decir, mientras

⁵² CHANDIAS, Mario E. Introducción a la construcción de edificios. Librería y editorial Alsina. Buenos Aires, Argentina 1992. 270 pág.

⁵³ Se han utilizado exitosamente fibras de acero inoxidable, polipropileno, fibra de vidrio y hormigones bajos porcentajes, para el control de grietas, el estudio titulado “Durabilidad, propiedades físicas y mecánicas del concreto fibroreforzado con bajos porcentajes”, así lo demuestra, en este se pusieron a prueba para diferentes propiedades, incluyendo absorción de agua, resistencia eléctrica, capacidad de absorción, la profundidad de penetración de cloruros, perfiles de cloruro, barras de refuerzo potencial de corrosión de células medio, y la corrosión densidad de corriente. Resistencia a la compresión y tracción indirecta.

⁵⁴ Los requisitos de durabilidad han cambiado significativamente en la NSR-10, donde encontramos una clasificación más estricta que cabe analizar en detalle.

⁵⁵ No disponible en esta guía.

menor sea el volumen de vacíos, menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos. Adicionalmente al agua requerida para la hidratación se necesita agua para humedecer la superficie de los agregados. A medida que se adiciona agua, la plasticidad y la fluidez de la mezcla aumentan (es decir, su manejabilidad mejora), pero su resistencia disminuye debido al mayor volumen de vacíos creados por el agua libre. Para reducir el agua libre y mantener la manejabilidad, es necesario agregar cemento; de esta manera, desde el punto de vista de la pasta de cemento, la relación agua-cemento es el factor principal que controla la resistencia del concreto. Para una relación agua-cemento dada se selecciona la mínima cantidad de cemento que asegure la manejabilidad deseada”.

Debemos discriminar el caso más crítico de dosificación de la mezcla, el caso de mezclado en el sitio, cuando la mezcla se realiza en contacto directo con el suelo, los agregados han estado expuestos a la lluvia, etc. Se recomienda controlar la cantidad de agua por agregar a la mezcla, para evitar una mezcla demasiado fluida. Los requisitos de dosificación se tratan en el numeral C.5.2 de la NSR-10 (a continuación). La dosificación también se puede realizar con base en la experiencia en obra o en mezclas de prueba o ambas (se recomienda la lectura de C.5.3).

3.1.4 Evaluación y aceptación del concreto

Para la debida aceptación del concreto, luego de ser seleccionada la dosificación y realizada la mezcla, se requiere que los ensayos al concreto (En estado plástico y endurecido), se realicen de manera completa, correcta y oportuna, por supuesto sus elementos constituyentes deben haber sido aprobados (Ver control de materiales y Ensayos de control de calidad). Con ellos puede determinarse si se cumple con las indicaciones mínimas estipuladas en las especificaciones.

3.1.4.1 Pruebas del concreto recién mezclado

Se deben seguir las indicaciones de la norma NTC 454 (Toma de muestras de concreto) para realizar las pruebas en el concreto recién mezclado, a continuación:

3.1.4.1.1 Temperatura del concreto (NTC 3357)

El control de la temperatura, no solo debe ser tenida en cuenta en lugares donde se experimenten los extremos de frío y calor, recordemos que el viento y las presiones también afectan la humedad del concreto. “La temperatura del concreto se toma cuando esta recién mezclado y también cuando esta colocado para monitorear la elevación de la temperatura⁵⁶. Usualmente la temperatura inicial se toma con un termómetro de inmersión⁵⁷, que esta graduado desde 0°C hasta

⁵⁶ Independientemente del tipo de termómetro a usar, se recomienda que sean introducidos dentro de la muestra representativa por mínimo dos minutos o hasta que la lectura se estabilice.

⁵⁷ De vidrio o con corazas.

66°C⁵⁸. La elevación de la temperatura del concreto se determina mejor usando pares térmicos eléctricos ahogados⁵⁹.

3.1.4.1.2 Trabajabilidad o manejabilidad

La trabajabilidad es la propiedad del concreto que le permite ser colocado y compactado apropiadamente sin que se produzca segregación. Esta representada por el grado de compatibilidad, cohesividad, plasticidad y consistencia⁶⁰.

- **Compactabilidad:** Es la facilidad con la que el concreto es compactado o consolidado para reducir el volumen de vacíos y, por lo tanto, el aire atrapado. De esta característica se desprende la medición del rendimiento volumétrico del concreto (expuesto más adelante).
- **Cohesividad:** Capacidad que tiene el concreto para mantenerse como una masa estable y sin segregación. Otra propiedad homóloga es la *adhesión*, propiedad que le da al concreto la calidad de aglomerante (pegante)⁶¹. Ambas son evaluadas mediante reconocimiento visual y manejo del concreto con herramientas para dar acabados.
- **Plasticidad:** Condición del concreto que le permite deformarse continuamente sin romperse.

Consistencia: Habilidad del concreto fresco para fluir, es decir, la capacidad de adquirir la forma de los encofrados que lo contienen y de llenar espacios vacíos alrededor de elementos embebidos. La consistencia del concreto es una medida de su trabajabilidad, la cual se puede definir por sus características de revenimiento (NTC 396), prueba de penetración de la bola (ASTM C360)⁶², u otros indicadores de revenimiento⁶³. Esta última prueba utiliza una bola de peso estandar (Bola de Kelly) a la cual se le permite penetrar una masa de concreto, y que contiene una escala para medir la penetración.

La Figura 13. Muestra la prueba de asentamiento mediante el cono de Abrahms

⁵⁸ La precisión de estos debe ser de 1°C.

⁵⁹ IMCYC. ACI 311-99. Manual para Supervisar obras de concreto. p. 189.

⁶⁰ Agregar más agua o arena húmeda para aumentar la trabajabilidad, se traduce en menos esfuerzo en el colado y la compactación por parte del personal. Esta es una práctica que el supervisor debe evitar.

⁶¹ Razon por la cual es necesario el uso de desmoldantes, cuando se usa formaleta.

⁶² Este método se debe correlacionar con la prueba de revenimiento, cuando se usa para la prueba de aceptación

⁶³ Para concreto fibroreforzado se usa la norma NTC 3696. Método de ensayo para determinar el tiempo de fluidez del concreto reforzado con fibras a través del cono de asentamiento invertido.

Figura 13. Prueba de asentamiento



(INGESITE. Ingeniería Civil, Construcción y Tecnología. Sitio Web. {En línea} {Abril 10 de 2011} disponible en: <http://ingesite.com/2009/06/slump-test/>).

3.1.4.1.3 Segregación.

Es la tendencia de separación de las partículas gruesas, de la fase mortero del concreto⁶⁴. Las principales causas de segregación en el concreto son la diferencia de densidades entre sus componentes, el tamaño y forma de las partículas y la distribución granulométrica, así mismo pueden influir otros factores como un mal mezclado, un inadecuado sistema de transporte, una colocación deficiente y un exceso de vibración en la compactación. Se presenta en mezclas pobres o demasiado secas, y así las partículas gruesas tienden a separarse bien sea porque se desplazan a lo largo de una pendiente o porque se asientan más que las partículas finas. El segundo tipo se presenta particularmente en mezclas húmedas, y se manifiesta por la separación de una parte de los agregados.

3.1.4.1.4 Exudación o sangrado

Es una forma de segregación en la que parte del agua tiende a subir a la superficie del concreto recién colado. Se presenta por una inadecuada proporción de la mezcla, debido al tipo de agregados utilizados (especialmente la arena), por el uso de aditivos en proporciones inadecuadas. El sangrado genera dificultades para bombear el concreto, ya que este tiende a pegarse en la tubería y en general la parte superior del elemento (fase líquida), quede con baja resistencia, debido a la relación A/C. En obras pequeñas esta inspección es visual⁶⁵. El método de ensayo para determinar la exudación del concreto lo presenta la NTC 1294.

3.1.4.1.5 Masa unitaria y rendimiento volumétrico.

Lo que busca mediante este ensayo (NTC 1926), es conocer el volumen real de cemento utilizado por metro cúbico de concreto producido. Consiste en preparar una barcada de concreto típica para la obra, pesando previamente con precisión, el cemento utilizado. Posteriormente ese concreto

⁶⁴ La NTC 5222 Método de ensayo para medir el flujo libre, flujo restringido y segregación en concretos autocompactantes.

⁶⁵ El elemento de calidad consiste en evitar el sangrado del concreto, especialmente en aquellos que van a ser bombeados, o colocados en losas, parqueaderos y vías.

producido debe ser vaciado en una caneca, y medir el volumen de concreto que se vació en la caneca. La relación del peso de cemento utilizado en la producción de esa barcada sobre el volumen ocupado, es el rendimiento real de cemento por metro cúbico de concreto. Este valor se debe comparar frente al valor del diseño de mezclas. Las diferencias deben ser leves (inferiores a un 3%). Es conveniente hacer este ensayo frecuentemente (una vez cada quince días).

3.1.4.1.6 Tiempo de fraguado del concreto.

La determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración corresponde a la norma NTC 890. En este ensayo se mide indirectamente el tiempo de fraguado, mediante la resistencia a la penetración sobre el mortero tamizado de la mezcla de concreto. El ensayo puede realizarse en cualquier tipo de mortero bajo condiciones de laboratorio o en obra. Se manejan entonces dos conceptos:

- Fraguado inicial: Tiempo que se requiere luego de la adición del agua al cemento, para que el mortero tamizado del concreto alcance una resistencia a la penetración de 3.5 MPa.
- Fraguado final: Tiempo que se requiere luego de la adición del agua al cemento, para que el mortero tamizado del concreto alcance una resistencia a la penetración de 27.6 MPa.

3.1.4.1.7 Contenido de aire⁶⁶.

Todos los tipos de concreto contienen aire presente, este se localiza en los poros no saturables de los agregados y forma burbujas entre los componentes del concreto, ya sea atrapado durante el mezclado o incorporado por medio del uso de aditivos inclusores de aire.

El contenido de aire de un concreto sin agentes inclusores se encuentra normalmente en el rango de 1% a 3% del volumen de la mezcla, mientras que un concreto con inclusores de aire puede obtener contenido de aire entre 4% y el 8%⁶⁷.

Los métodos para la determinación del contenido de aire del concreto recién mezclado, que acepta la NSR-10 son el método de presión NTC 1032⁶⁸, el método volumétrico NTC 1028 y el método gravimétrico NTC 1926. Esta prueba se realiza en el sitio de la obra.

Figura 14. Prueba de contenido de aire.

⁶⁶ Se recomienda realizar coordinación con las plantas concretoras cuando se va a realizar tratamiento de endurecimiento a la superficie del concreto verificando las especificaciones del producto endurecedor, ya que la inclusión de aire y los efectos de la temperatura pueden generar agrietamientos masivos y/o acabados diferentes de los especificados.

⁶⁷ Valores extraídos de la Revista Argos. Control de calidad del concreto en obra. La NSR-10, aumentó el rango permitido de inclusión de aire, respecto de su versión anterior (NSR-10).

⁶⁸ Norma que fue adaptada del ASTM C231 y es el método más utilizado de los tres.



Fuente: Criterios de aceptación ACI 214. www.certificacionaci.edu.ec

3.1.4.1.8 Elaboración y curado de especímenes de concreto.

La forma para la establecer la resistencia del concreto durante la ejecución de la obra, es realizando y curando modelos (cilindros) de prueba (NTC 550 en obra y NTC 1377 en el laboratorio) para ensayarlos a compresión, flexión y a tracción indirecta. Estos ensayos determinan la evaluación y aceptación del concreto (Ver Capítulo 3.1.4 de este documento).

Figura 15. Elaboración y curado de cilindros



Fuente: Revista Argos. Control de calidad del concreto en obra.

3.1.4.1.9 Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

(NTC 673 y NTC 1377), se limita a concretos cuyo peso unitario es 800 kg/m^3 . Consiste en la aplicación de carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad hasta que ocurra la falla. La resistencia del espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por el área transversal del área del espécimen.

Figura 16. Prueba de resistencia a la compresión.



Fuente: Criterios de aceptación ACI 214. www.certificacionaci.edu.ec

El ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto (NTC 722) se usa en la evaluación del concreto ligero estructural y a veces para correlacionarlo con la resistencia a flexión.

Figura 17. Preparación de viguetas para el ensayo a flexión.



Fuente: Criterios de aceptación ACI 214. www.certificacionaci.edu.ec

3.1.4.2 Pruebas en el concreto endurecido

Para el concreto en estado endurecido (o estructuras ya terminadas), se preentan dos tipos de pruebas, destructivas y no destructivas.

3.1.4.2.1 Pruebas no destructivas

Existen varios métodos para realizar pruebas o procedimientos no destructivos del concreto en el sitio. Estos métodos suministran una mayor noción de la calidad del concreto rápidamente y económica⁶⁹. Entre ellos, se tiene:

⁶⁹ Razones por las cuales se realizan primero que las pruebas destructivas. Otros métodos son: la termografía infraroja y la prueba con radar.

- Examen de la velocidad de pulsación.

La norma ASTM C 597 establece los requisitos de este examen que consiste en detectar la velocidad con la cual una onda de sonido provocada por un golpe, se propaga a través del concreto, razón por la que también se le conoce como “Eco de impacto”. Se utiliza en estructuras para detectar el deterioro progresivo, el agrietamiento oculto, el alveolado y otros defectos. También puede usarse para localizar concreto con una calidad inferior que la especificada. La siguiente tabla es el resultado de muchos estudios en una amplia variedad de estructuras, para deducir cualitativamente la resistencia del concreto.

Tabla 7. Determinación cualitativa de la calidad del concreto mediante el uso del método de la velocidad de pulsación.

Velocidad de pulsación	Calidad del concreto
4.575 m/seg	Excelente
3670 a 4575 m/seg	Buena
3.050 a 3.650 m/seg	Considerable
2.1350 a 3.050 m/seg	Pobre
2.135 m/seg	Muy pobre

Fuente: IMCYC. ACI 311-99. Manual para Supervisar obras de concreto Página 195.

En la misma fuente de la tabla: “Si es necesario interpretar las velocidades de las pulsaciones en términos de resistencia a compresión, deben obtenerse seis corazones del concreto en cuestión. Estos corazones deben cubrir el intervalo de velocidades de pulsación encontradas, y deben tomarse en ubicaciones donde la velocidad de la pulsación se haya realmente medido. Después de una preparación apropiada, los corazones se prueban para determinar su resistencia a la compresión y esta resistencia es correlacionada con la velocidad de pulsación. La correlación probablemente no sea lineal; podría ser necesario identificar y rechazar los puntos de datos que queden fuera”.

- Ultrasonido.

Los resultados deben verificarse contra los obtenidos por otros métodos e interpretados por un técnico experimentado, se pueden detectar grietas, desuniformidad del concreto, daños por ataque de sulfatos, por congelamiento o por fuego, existencia de zonas de reparaciones necesarias. El caro de referzo altera los resultados, ya que en la pantalla aparecen los microsegundos entre el momento de emisión por el transductor hasta su llegada al receptor, ya que el acero es el mejor conductor del sonido. La humedad del concreto también influye.

Se ubica la grieta y su profundidad fijando el transmisor en un lugar sobre la superficie del concreto y corriendo el receptor sobre la superficie, la gráfica en la pantalla debe ser recta, se interrumpe y continúa paralela a la primera parte. La magnitud del desplazamiento y el ángulo que

forma la recta con la horizontal, así como la separación entre el receptor y el transmisor se introduce en una fórmula, que da la profundidad de la grieta. Si la grieta tiene agua no se puede detectar, por lo que el mismo aparato sirve para conocer si la inyección para resanar una grieta la llenó completamente. También se puede medir el módulo de elasticidad y el módulo del concreto.

- Rayos X:

Determinan tamaño y cantidad de varillas, se ven los amarres y el recubrimiento de las barras, las burbujas y los huecos, la variación de color indica la calidad de la compactación. Es útil cuando no se tienen planos de una estructura vieja que se requiere revisar para nuevas condiciones de carga.

- Medidores de madurez:

Como la resistencia es función de la temperatura y el tiempo, sirven para saber cuando se puede descimbrar o para predecir la resistencia a 28 días. El dispositivo, mediante una sonda, registra la temperatura cada seis minutos y en su pantalla aparece el “número de madurez” que mediante una gráfica nos da la resistencia.

- Medidor de frecuencia o medidor R:

Localizan con facilidad la posición de las varillas, cuanto más espaciadas más precisa la localización. Se usa para ubicar áreas despejadas para tomar corazones o para localizar lugares adecuados para instalaciones.

- Martillo de impacto.

Método no destructivo (ASTM C 805). También se conoce como la prueba del esclerómetro, martillo suizo o martillo Schmidt, el tipo M es el que más se utiliza, el tipo L es el más pequeño para muros delgados. Con el esclerómetro deberán hacerse comparaciones en la misma obra, sobre otros elementos semejantes en tamaño, forma y calidad del refuerzo que si hayan resultado con resistencia satisfactoria. El sitio en el que se aplique el esclerómetro en el elemento bueno será geométricamente similar al sitio en que se aplica el concreto malo.

- La prueba de penetración.

Los requisitos este método destructivo conocido por el aparato que se usa “Pistola de Windsor” los controla la NTC 3759 (ASTM C 803). Consiste en sondas de acero endurecido para probar la dureza del concreto; no se puede utilizar en elementos delgados o en tuberías. Es necesario calibrar el aparato con un concreto de resistencia conocida.

3.1.4.2.2 Pruebas destructivas

Si con las pruebas anteriores se confirma baja resistencia, se tienen resultados son discutibles, o se desconoce la resistencia de un concreto; sigue entonces a realizar pruebas destructivas mediante núcleos extraídos de una estructura (corazones); o pruebas de carga si es necesario. Se debe especificar el lugar y número de núcleos habrá que obtener, respetando los requisitos de NTC 3658. Para la extracción se usa un taladro para núcleos, cuyas brocas tienen usualmente punta de diamante.

Las pruebas de carga se presentan como última medida. En el capítulo C.20 de la NSR-10 (Evaluación de la resistencia de estructuras existentes) se discuten las pruebas de carga y describen la manera de hacerlas. En caso de necesitarlas (para comprobar la integridad estructural de una viga o losa de concreto reforzado), el elemento que se prueba se aísla de la estructura mientras se toman medidas adecuadas de seguridad

Los requisitos para evaluación y aceptación del concreto incluyen: la frecuencia de los ensayos, curado estándar de probetas, curado de probetas en obra, resultados de ensayos con baja resistencia (en este caso se ha de seguir C.5.6.5, más adelante) y concreto reforzado con fibra de acero y que se muestran a continuación.

Una de las bondades del concreto es que “resiste el uso y el abuso”⁷⁰, siempre que se sigan las mínimas recomendaciones para estructuras, sin embargo cuando se tienen resultados con baja resistencia debe seguirse lo siguiente lo indicado en C.5.6.5

Para la toma de decisiones al final de estas pruebas, si no se cumple con los estándares se recomienda, en lo sucesivo, mejorar la calidad del concreto así:

- Aumentar el contenido de cemento.
- Cambiar las proporciones de la mezcla.
- Controlar (disminuir) el asentamiento.
- Control del contenido de aire.
- Mejorar la calidad de las pruebas⁷¹.

⁷⁰ Conferencias Ing. Modesto Barrios.

⁷¹ El ing. Antonio Marimón, opina que la mayoría de los resultados adversos en las pruebas se han debido en su mayoría a la manipulación incorrecta de las muestras.

3.1.5 Evaluación y aceptación del refuerzo

La evaluación del refuerzo es una actividad continuada con la cual deben evitarse los siguientes usos o prácticas⁷², para su posterior aceptación⁷³.

- Barras sucias con polvo, grasa o aceites, que impiden la adherencia con el hormigón.
- Barras con costras sueltas y óxido excesivo⁷⁴, que disminuye el efecto de adherencia con el hormigón.
- En construcciones con clima muy frío, barras cubiertas con hielo.
- Cortar las barras aplicando algún método térmico.
- Calentar las barras sobre la temperatura máxima permitida y sin un control adecuado, para efectuar sus dobleces.
- Utilización de barras con dobleces que presentan grietas o fisuras, o barras que se quiebran, como consecuencia de no cumplir con los diámetros mínimos de doblado, sus medidas y tolerancias, establecidas por las normas vigentes.
- Fabricación de estribos y barras de armaduras, ejecutadas a partir de rollos estirados en forma inadecuada para obtener barras rectas, y en especial no aptos para zonas sometidas a tracción.
- Longitud insuficiente de empotramiento de las barras ubicadas en las zonas en tracción y comprimidas.
- Escasa longitud de los empalmes por traslape e incorrecto espaciamiento entre ellos.
- Armaduras de columnas, losas y vigas de largo insuficiente, desvirtuándose el enlace natural que debe existir entre estos elementos.
- Desacomodo de las barras de las armaduras en los apoyos de losas y vigas continuas, producto de una mala interpretación de los detalles constructivos, como por ejemplo no respetar las separaciones entre barras.
- No considerar barras que deben tener dobleces o mala ubicación de ellas.
- Eliminación de refuerzos en las zonas de momentos negativos.
- Errores en el lado correcto en que deben ir colocadas las barras de repartición en losas voladas y muros de contención.
- Amarras débiles, insuficientes o inexistentes entre barras y en los estribos de los pilares, lo que permite que estos desciendan durante el vaciado y vibrado del hormigón.
- Separación insuficiente entre las armaduras y el moldaje, lo que impide un espesor de recubrimiento mínimo y adecuado como protección del acero.
- Dejar barras expuestas al medio ambiente y sin ningún tipo de recubrimiento de protección, en el caso que se vaya a efectuar alguna ampliación posterior.

La norma para este tema se documenta en C.3.5.10 (más adelante). Ver además

ANEXO 6. LISTA DE VERIFICACIÓN CIMBRAS/ACERO DE REFUERZO y ANEXO 7. REPORTE DE LA SUPERVISIÓN DEL ACERO DE REFUERZO/CIMBRA.

⁷² Extraídas y editadas de: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN. FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. p 234

⁷³ La investigación realizada por Pradhan muestra el comportamiento de la corrosión de las barras de refuerzo en el hormigón contra diversas soluciones de exposición y con diferentes relaciones de agua cemento.

⁷⁴ Se recomienda el uso de la Tabla 8, que muestra una descripción del estado del acero para evaluación de corrosión, mientras que la Tabla 9. Métodos de Protección de las Armaduras, muestra las ventajas y desventajas de dichos métodos.

Tabla 8. Identificación y recomendaciones para el grado de corrosión en barras oxidadas

Grado	Descripción	Recomendaciones
<p>Grado A₀: Barra recién laminada (1)</p> 	<p>Superficie lisa y uniforme color gris oscuro o gris acero, con firmes y delgadas películas adheridas producto de la laminación (laminillas) y sin nada de óxido aparente. Recomendaciones</p>	<p>Sin restricción de uso</p>
<p>Grado A₁: Barra levemente oxidada</p> 	<p>Superficie lisa y uniforme color gris oscuro o gris acero, con firmes y delgadas películas adheridas producto de la laminación (laminillas), pero con algunas zonas manchadas con un polvillo color pardo amarillento, producto de una oxidación superficial por condensación de la humedad del medio ambiente mezclada con elementos de naturaleza orgánica o química poco agresivos. Este polvillo se pierde generalmente con la manipulación.</p>	<p>Sin restricción de uso</p>
<p>Grado B: Barra poco oxidada</p> 	<p>Superficie con zonas mayoritariamente de color pardo rojizo, donde algunas poquísimas costras y laminillas comienzan a soltarse, pero el núcleo, todos los resaltes y los nervios longitudinales se notan relativamente sanos. Las barras presentan pocas, pequeñas e insignificantes picaduras (puntos de corrosión) y prácticamente no pierde Óxido suelto por manipulación.</p>	<p>Sin restricción de uso, salvo que en algunos casos se podría requerir una leve limpieza superficial con herramienta manual o mecánica.</p>
<p>Grado C: Barra oxidada</p> 	<p>Superficie de color pardo rojizo, donde un porcentaje de los resaltes y nervios longitudinales se notan dañados y casi han perdido su forma original. Tiene varias costras y laminillas sueltas y solo unas pocas aun están adheridas, a simple vista presenta herrumbre y varias picaduras y cráteres (puntos de corrosión), pero pierde un poco de óxido suelto por manipulación.</p>	<p>Estas barras requieren obligatoriamente de limpieza superficial manual o motriz enérgica y profunda, y por ello su uso esta condicionado a una verificación previa de la masa y características dimensionales de sus resaltes y nervios longitudinales.</p>
<p>Grado D: Barra muy oxidada</p> 	<p>Superficie de color rojizo y en ocasiones con zonas manchadas con matices de otros colores, producto del hollín y de otros agresivos del medio ambiente. La laminilla se ha desprendido en su totalidad y presenta muchas costras, muchas de las cuales se desprenden solas o con escobillado manual. El núcleo, los resaltes y los nervios longitudinales con bastantes cráteres o picaduras. Los resaltes y nervios desaparecen en algunas partes confundidos con los elementos de la corrosión. Las barras pierden bastante óxido y herrumbre por manipulación.</p>	<p>No es recomendable el uso de estas barras, ya que al ser manipuladas y tratadas mediante cualquier método de limpieza superficial, es altamente probable una pérdida importante de su masa o de las características dimensionales de los resaltes, no cumpliendo así con los requisitos mínimos exigidos por las normas.</p>

Editada de la Fuente: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN. FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. p 172.

Tabla 9. Métodos de Protección de las Armaduras

	Protección Directa			Protección Indirecta (a través del Hormigón)				
Concepto	Protección Catódica	Galvanizado	Recubrimientos Epóxicos	Revestimientos Recubrimientos	Inhibidores	Realcalinización Electroquímica	Extracción Electroquímica de Cloruros	
Aplicación	Cualquier Estructura	Especial mente a estructuras expuestas a Carbonatación	Cualquier Estructura	Cualquier Estructura	Cualquier Estructura	Estructuras en ambiente húmedo y carbonatados	Estructuras en ambiente húmedo y con cloruros	
Ventajas	Única y eficaz en corrosión ya iniciada	Facilidad de aplicación Costo relativo No requiere mantenimiento	No requiere mantenimiento	Facilidad de aplicación	Facilidad de aplicación	Facilidad de aplicación. No requiere mantenimiento Reparación en zonas con alta contaminación por cloruros	No requiere ninguna remoción del hormigón carbonatado	No requiere ninguna remoción del hormigón contaminado
Desventajas	Personal calificado Mantenimiento para el caso de comente limpieza	Posible deterioro local por manejo y mantenimiento	Costo elevado en la puesta en obra Necesidad de mayor longitud de desarrollo requerida Deterioro local por manejo	Puede acelerar la corrosión si no se elimina el cloruro o el hormigón carbonatado	Garantía de Difusión Garantía de Efectividad	Costo elevado Dificultad de aplicación en terreno	Costo elevado Dificultad de aplicación en terreno	

Editada de la Fuente: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN. FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. p 145.

3.1.6 DIÁMETROS MÍNIMOS DE DOBLADO

Los diámetros mínimos de doblado dependen de los rangos de diámetros de barra estipulados en la norma NSR-10 numeral C.7.2 (más adelante) En la práctica solamente se realiza inspección visual y existe la mayor tolerancia respecto de este tema. Los valores de los diámetros de doblado y extensión para las barras con ganchos normales, estribos normales, estribos y ganchos de estribos y ganchos sísmicos, se muestran en la Tabla 10, para diámetros de barra y ángulo de doblez dado.

Tabla 10. Diámetros mínimos y extensiones para barras y estribos

Elemento	Diámetro Barra d_b (mm)	Doblez Θ	Diámetro Doblado D	Extención K
Barra con gancho estándar	10 a 25	180°	6 d_b	4 $d_b \geq 65$ mm
	30 a 36		8 d_b	4 $d_b \geq 65$ mm
	45 y 55		10 d_b	4 $d_b \geq 65$ mm
Estribos y ganchos de estribos	10 a 25	90°	6 d_b	12 $d_b \geq 65$ mm
	30 a 36	90°	8 d_b	12 $d_b \geq 65$ mm
	45 y 55			12 $d_b \geq 65$ mm
Gancho sísmico	$d_b \leq 16$	90°	6 d_b	6 d_b
	20, 22 y 25	90°		12 d_b
	$d_b \leq 25$	135°		6 d_b
Gancho sísmico		90° y 135°	6 d_b	6 $d_b \geq 75$ mm

Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas que se muestran a continuación (Tabla 11 y Tabla 12) se incluyen las medidas mínimas, expresadas en milímetros, para barras de refuerzo con ganchos estándar de 90° y 180° respectivamente.

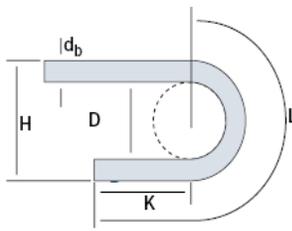
Tabla 11. Dimensiones mínimas para barras con ganchos normales y Dobleza de 90°.

Barras milimétricas					Dobleza 90°	Barras en octavos de pulgada				
d_b	D	K	H	L		d_b	D	K	H	L
10	60	120	160	167		3	57	113	145	158
12	72	144	192	201		4	76	151	193	211
16	96	192	256	267		5	94	189	241	263
18	108	216	288	301		6	113	227	289	316
20	120	240	320	334		7	132	265	338	368
22	132	264	352	368		8	151	302	386	421
25	150	300	400	418		9	227	340	463	518
32	256	384	544	585		10	252	378	514	576
45	450	540	810	893		11	277	416	565	633
55	550	660	990	1.092		14	441	529	764	875
						18	567	680	982	1126

Fuente: Elaboración propia. Medidas en milímetros⁷⁵.

⁷⁵ Imagen: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. Página 81.

Tabla 12. Dimensiones mínimas para barras con ganchos normales y Dobleces de 180°.

Barras milimetricas					Dobleces 90°	Barras en octavos de pulgada				
d_b	D	K	H	L		d_b	D	K	H	L
10	60	40	80	134		3	57	38	63	128
12	72	48	96	161		4	76	51	84	170
16	96	64	128	215		5	95	64	105	213
18	108	72	144	242		6	114	76	126	256
20	120	80	160	268		7	133	89	147	298
22	132	88	176	295		8	152	102	168	341
25	150	100	200	336		9	229	114	247	473
32	256	128	320	530		10	254	127	274	526
45	450	180	540	887		11	279	140	301	579
55	550	220	660	1084		14	445	178	473	876
						18	572	229	608	1126

Fuente: Elaboración propia. Medidas en milímetros⁷⁶.

3.1.6.1 Doblado.

Es la operación (también llamada figurado) en la cual se le da la forma al refuerzo. En este aspecto el ACI Tiene especificaciones mejor definidas. Ver Tabla 11 y Tabla 12.

Según C.7.3.1 de la NSR-10, toda armadura debe doblarse en frío, a menos que el ingeniero estructural permita otra cosa, y ninguna armadura debe doblarse si está parcialmente embebida en el concreto, excepto cuando así se indique en los planos de diseño o lo permita el calculista. Sin embargo, las condiciones de la obra pueden hacer necesario doblar barras que se encuentran embebidas en el hormigón, en cuyo caso el ingeniero deberá determinar si las barras se pueden doblar en frío o si es necesario calentarlas. Los dobleces deben ser graduales y deben enderezarse a medida que se requiera.

Como regla general, se recomienda que los dobleces de las barras con nervios longitudinales sean efectuados con alguno de ellos en contacto normal con los bulones o polines de doblado, es decir no es recomendable realizar el doblado por los resaltes.

En caso que se descubran agrietamientos o roturas, sobre todo cuando se usen barras de grandes diámetros, “resulta aceptable el calentamiento previo de las barras, a una temperatura que no exceda

⁷⁶ Ibid.

los 420° C⁷⁷, siempre y cuando se cuente con la autorización anticipada del ingeniero calculista. Este caso es común en columnas. Las barras que se quiebren durante el doblado o enderezado, pueden ser reutilizadas si son traslapadas fuera de la zona de doblado.

El calentamiento de barras embebidas debe realizarse de tal forma que no produzca deterioro en el hormigón. “Si el área de doblado se encuentra, aproximadamente, a 15 centímetros del hormigón, puede ser necesario utilizar algún sistema de protección”⁷⁸. El incremento de la temperatura de las barras se debe registrar mediante carboncillos o electrodos térmicos, o por cualquier otro sistema apropiado. “Las barras calentadas no deben enfriarse por medios artificiales (con agua o aire frío a presión), sino hasta que su temperatura haya descendido por lo menos a 315°C”⁷⁹.

3.1.7 Tanques y Estructuras de Ingeniería ambiental.

Un compartimiento estanco⁸⁰ es una estructura que tiene la capacidad y función de almacenar cualquier sustancia. En la construcción, los tanques se usan en su mayoría para almacenar líquidos como agua potable, aguas residuales o combustibles, por lo cual esta estructura debe ser diseñada teniendo en cuenta el grado de exposición a la que se verá sometido. En el numeral C.23-C.21.1.1.9 La NSR-10 la define como: estructura ambiental primaria o secundaria⁸¹ que se diseña para contener materiales en estado líquido o gaseoso⁸². La estructura puede tener cualquier forma en planta y puede tener varios pisos y cubiertas.

La protección contra la erosión, revestimientos, juntas, impermeabilizaciones, entre otros, son premisas que se deben seguir en el control de calidad. En el ANEXO 2 se incluyen los ítems para revisión de planos de este tipo de estructuras.

⁷⁷ RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. P. 78.

⁷⁸ *Ibíd.*

⁷⁹ *Ibíd.*

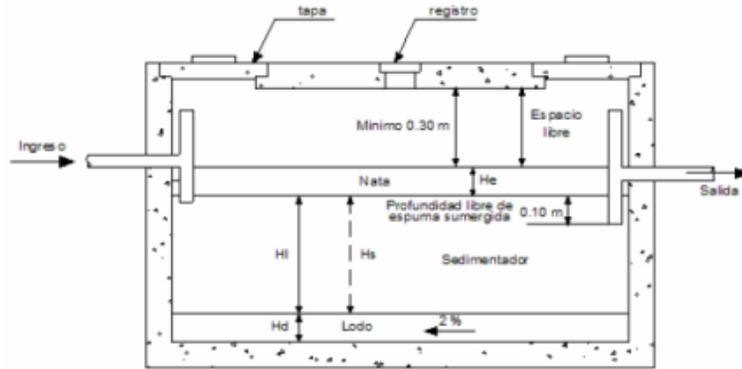
⁸⁰ Como lo identificaba la NSR-98.

⁸¹ Entendida una estructura primaria como aquella que contiene materiales altamente peligrosos.

⁸² Otra definición se muestra en C.23-C.1.1.2 de la NSR-10.

Una estructura de este tipo se observa en la Figura 18. Tanque séptico de concreto. Este tema lo regula la norma en el Capítulo C.23 - Tanques y estructuras de Ingeniería ambiental de concreto⁸³.

Figura 18. Tanque séptico de concreto.



Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. Guía para el diseño de tanques sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. McGraw-Hill Interamericana de España, 1995.

⁸³ Capítulo nuevo que recopila los requerimientos para este tipo de estructuras, no disponible en esta guía.

3.1.8 CONTROL DE EJECUCIÓN

En el capítulo 1 se observó el control de materiales. Sigue otro ingrediente primordial para una construcción de concreto específica, y es la forma como se realiza la obra y que se refleja en la calificación de la *mano de obra* en cada una de sus fases.

Debe hacerse hincapié en conseguir mano de obra calificada, antes que centrar la atención en no exceder el presupuesto, para que prevalezca el criterio de calidad frente al de producción; ya que las habilidades técnicas del personal son clave para la obtención de concretos de excelentes características. Podemos recordar además que la falta de entrenamiento retrasa la obra, lo cual aumenta el costo del proyecto.

Debido a los sismos de los últimos años como el de Chile, Haití y Japón⁸⁴, los países latinoamericanos han elevado el nivel de exigencias en sus normas de construcción, centrándose en mejorar la calidad que se encuentra representada en la Supervisión técnica⁸⁵. Según el Manual para Supervisar obras de concreto: “Por cada colapso estructural importante hay innumerables casos *de fallas menores*, si se definen estas como el incumplimiento de los requisitos del diseño”. Existen además estudios de pocos años atrás, con cifras que soportan esta afirmación. “Una revisión de todas las estructuras que han fallado durante la construcción reportadas en un periodo de diez años, muestra que más de dos terceras partes de estas fallas provienen de problemas de apuntalamiento (cimbras inapropiadas 38%, apoyos débiles 11%, descimbrado temprano, cargas de la construcción), un 16% de debe a la falsa colocación de elementos prefabricados, un 14% a impactos, fuego y otras causas y solo menos del 6% fueron fallas debido a errores de diseño básico o a la calidad de los materiales. Es decir el 80% de las fallas se debieron a procedimientos inadecuados de construcción”⁸⁶. Otro documento muestra valores porcentuales más generales “51% de fallas atribuibles a la ejecución y 37% atribuibles al proyecto”⁸⁷.

Por todo lo anterior se enfatiza la necesidad de la supervisión. "La supervisión competente y estricta, casi inamistosa, parece ser la clave de la respuesta al problema de cómo prevenir fallas..."⁸⁸

Los requisitos de ejecución de la construcción pueden verse en la Tabla 71. La Dosificación de mezclas de concreto, el doblado y el Concreto estructural simple, pueden verse en el capítulo anterior.

⁸⁴ Cabe anotar que los múltiples sismos en Japón en el mes de marzo de 2011 son más recientes que nuestra vigente norma, razón por lo cual se ha intensificado el control de ejecución, representada en la idea de certificación de la Supervisión, como ya lo es hoy en Perú.

⁸⁵ Otros países centran además su atención en el uso de materiales alternativos, sintéticos o no.

⁸⁶ GONZALES SANDOVAL, Federico. Manual de supervisión de obras de concreto. Segunda Edición. Editorial Limusa. México 2004. p. 14.

⁸⁷ CALAVERA J. (1996). Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado. INTEMAC, Madrid.

⁸⁸ FELD, J. Lessons from failures of concrete structures. ACI, Detroit (1964).

3.1.9 Almacenamiento de materiales, preparación del equipo y del lugar de colocación.

Almacenar los materiales no es solamente para protegerlos contra los dueños de lo ajeno, se trata de brindar el medio adecuado para que estos no se deterioren, ya sea por el paso del tiempo o por las condiciones ambientales. La gran mayoría de los productos para la elaboración del concreto que son empacados, envasados o sellados (cementos, arenas especiales, cal, aditivos) traen en su etiqueta, la forma como deben ser manejados; de lo contrario debe pedirse al fabricante la ficha técnica, para poder darles el manejo correcto. Ver C.3.7 más adelante. Una práctica común y correcta en el almacenamiento del cemento es separar los bultos más viejos de los recientes para que sean usados los primeros. El cemento debe ser almacenado sin contacto con el suelo, en un lugar fresco, seco, limpio y con buena ventilación. Al cubrir los sacos con plástico se tiene una protección adicional. Por otra parte, la inadecuada preparación de la superficie de colocación es una de las causas del agrietamiento de la superficie del concreto. “Toda la capa vegetal y zonas blandas deben ser removidas, el suelo debajo de la losa debe ser un suelo compacto o relleno granular bien compactado con rodillo, vibración o apisonado. La losa y por supuesto la subbase deben tener pendientes para el drenaje, en el invierno hay que remover la nieve o el hielo antes de vaciar el concreto y nunca colocarlo sobre una subbase congelada. Las subbases lisas y a nivel ayudan a prevenir el agrietamiento. Toda formaleta debe ser construida y reforzada de manera que resista la presión del concreto para evitar movimiento. Las barreras de vapor que están directamente debajo de una losa de hormigón incrementan la exudación (sangrado) y elevan el agrietamiento potencial, especialmente con un concreto de elevado asentamiento (revenimiento). Cuando se usan las barreras de vapor, cúbrala de 3 a 4 pulgadas con relleno granular compactable, como por ejemplo un material de trituración, para reducir la exudación. Justo antes de la colocación del concreto humedezca ligeramente la subbase, el encofrado y el refuerzo, si existen condiciones severas de secado”⁸⁹. Ver C.5.7 más adelante.

3.1.10 Mezclado del concreto.

El mezclado del concreto es el proceso en el que se vierten, mediante unas especiaciones determinadas, los ingredientes del hormigón como son: agua, cemento, agregados y aditivos. De este proceso hecho con calidad, se obtiene un producto de calidad; en este aspecto es requisito verificar: el equipo de mezclado, tiempo de la operación, correcta dosificación y manejo de los materiales. La

⁸⁹ National Ready Mixed Concrete Association. Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo? CIP-4. Agrietamiento de las superficies del concreto. <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP4es.pdf>.

mezcla del concreto puede ser: manual (Ver Figura 19), mecánico (Ver Figura 20), semi-industrial (plantas pequeñas en obra), e industrial. Para cada uno de estos tipos se usan diferentes herramientas y equipos, y por ende niveles de calidad y resistencia.

Figura 19. Mezclado manual del concreto



Imagen Editada - Fuente: DREAMSTIME. Sitio Web. {En línea} {Enero 20 de 2011} disponible en: <http://es.dreamstime.com/stock-images-mixing-concrete-image17977594>

Figura 20. Mezclado mecánico con trompo.



Fuente: CONSTRUCTRA DURÁN. Sitio Web. {En línea} {Enero 20 de 2011} disponible en: http://www.constructoraduran.com/blog/?page_id=18.

Federico Gonzales, brinda (entre otras recomendaciones) la siguiente secuencia de mezclado: Cargar al menos 10% de agua, luego 10% de la grava, luego el cemento y sigue el resto de los agregados⁹⁰, todos cargados con la mayor rapidez.

La NSR-10 en el inciso C.5.8 (a continuación) muestra los requisitos para mezclado del concreto, los cuales se indican para mezclado mecánico. El mezclado manual se permite siempre que $f'_c < 140 \text{ Kg/cm}^2$ y el volumen de cada revoltura no supere los 3 sacos de cemento (150 Kg), caso en el cual deberá aumentarse el contenido de cemento en 10%.

⁹⁰ Con esto se evita la formación de bolas en la mezcla, que también se producen cuando el cemento o los agregados están calientes, cuando las hélices se encuentran desgastadas o por exceso de tiempo del mezclado.

El mezclado manual deberá realizarse sobre una superficie pavimentada, limpia y a nivel para que no escurra el agua o la lechada para que no se contamine el concreto con el material del suelo o basura o mejor sobre una superficie impermeable.

3.1.11 Transporte del concreto.

Debe tenerse coordinación para realizar el pedido a tiempo y tener los elementos necesarios para transporte interno del concreto, ya que este deberá transportarse de la mezcladora al sitio de destino tan pronto como sea posible y por métodos que eviten segregación de los materiales, pérdida de los ingredientes o pérdidas en él mismo. El concreto endurecido no se usará. El Contratista tendrá en cuenta las condiciones de acceso y de tráfico a la obra para que la mezcla cumpla con las condiciones exigidas.

El Contratista someterá a la aprobación del Interventor, antes de iniciar los montajes de los equipos para la preparación de los concretos, el planeamiento, y características de los elementos para su transporte.

Tanto los vehículos para transporte de concreto desde la mezcladora al lugar de construcción, como el método de manejo cumplirá con los requisitos aplicables de NTC 3318 – Producción de concreto⁹¹. La utilización del equipo de transporte no provisto de elementos para mezclar el concreto sólo se permitirá cuando así lo autorice por escrito el Interventor y cuando cumpla los requisitos establecidos en las antedichas especificaciones de la ICONTEC, ASTM, Código Colombiano para Construcciones Sismo-resistentes u otros decretos vigentes. El concreto se depositará tan cerca como se pueda a su posición final.

Figura 21. Camión mezclador para transporte del concreto.



⁹¹ Los cuales incluyen transporte en vehículos no agitadores, que deben ser aprobados por el cliente.

Imagen Editada - Fuente: Sitio Web. {En línea} {Enero 20 de 2011} disponible en: <http://www.clasimotors.com/fotos/anuncio/51771>.

3.1.12 Colocación del concreto.

Al igual que el transporte la colocación del concreto representa un aspecto importante a tener en cuenta. El concreto se puede colocar manualmente con carretilla, transportado por bandas, lanzado por inyectoras o bombas. El grado de exigencias varía de uno a otro, por tanto las especificaciones dependerán de las necesidades del proyecto. Se recomienda realizar una inspección visual antes de la colocación del concreto, en búsqueda de posibles elementos ajenos a la formaletería, refuerzos, anclajes, embebidos y otros, que puedan quedar cubiertos por la masa de concreto generando vacíos perjudiciales en los elementos estructurales. La Figura 22 muestra la colocación directa del concreto, mediante camión mezclador.

La colocación del concreto incluye su compactación, en la NSR-98 (C.20.5.4 - COMPACTACION) se especificaba que: “Inmediatamente se coloque el concreto dentro de las formaletas, se debe proceder a su compactación por medio de vibradores con el fin de asegurar su densificación y evitar hormigueros”.

La compactación del concreto (que de ahora en adelante llamaremos *vibrado*) es de mucha importancia para un colado seguro y su educada ejecución es fundamental en cualquier tipo de proyecto; ahora, el procedimiento correcto para un vibrado eficaz varía con el tipo de trabajo, con el tipo de vibrador utilizado y con la calidad requerida en el concreto. Por tanto este debe estar predefinido.

Como es sabido mediante el uso del vibrador se logra uniformidad (homogeneidad) en la mezcla. Estos “varían entre 3500 rpm a unos 12000 rpm aproximadamente, con un diámetro de $\frac{3}{4}$ ” a 2”, utilizándose generalmente los de 7000 rpm con un diámetro de pulgada y media”⁹².

3.1.13 Recomendaciones para vibrado del concreto.

Para realizar un excelente vibrado, es bueno, seguir las recomendaciones que siguen a continuación⁹³:

- El vibrado se realiza normalmente cuando los concretos son relativamente secos, ya que la proporción de agua-cemento está relacionada directamente con la resistencia del concreto.
- La energía de los vibradores se utiliza para mover el concreto horizontalmente en lugar de consolidarlo verticalmente, siendo probable que la segregación se produzca por un mal vibrado;

⁹² GUTIÉRREZ, Martín L. CONTRERAS, Carlos. Materiales y procedimientos de construcción de la Escuela Mexicana de Arquitectura de la Universidad la Salle, Editorial Diana, 1ª edición, 20 de Enero de 1994. p 94.

⁹³ Adaptadas de: GUTIÉRREZ, Martín. p.97.

- Evitar su uso en exceso en la misma área, ya que pueden estancarse los agregados gruesos en el fondo, mientras que el cemento se queda en la parte superior.
- Será preciso tener cuidado de colocar los vibradores a suficiente profundidad para agitar efectivamente el fondo de cada capa de concreto.
- Los vibradores se introducirán y retirarán lentamente y deberán operarse continuamente mientras se extraen.
- Los vibradores para colados se colocan horizontalmente a distancias no mayores que el radio, a través del cual la vibración es efectiva visiblemente, recomendándose unos 15 segundos de vibrado por cada 10 cm² de la superficie superior en cada capa.

Figura 22. Colocación del concreto.



Fuente: WIKIPEDIA, Artículo Web. {En línea} {Septiembre 27 de 2010} disponible en: (<http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>).

3.1.14 Curado del concreto.

Se llama curado del hormigón al proceso de protección del hormigón que hace posible el endurecimiento de la mezcla en condiciones óptimas. El trabajo del curado del hormigón es fácil de realizar y con un buen curado del hormigón se puede esperar un buen comportamiento físico y mecánico.

Teniendo en cuenta que no toda la masa del cemento se pone en contacto con el agua y que los componentes del cemento reaccionan con el agua, hasta que la mezcla de hormigón se seca, podemos concluir que mientras más tiempo se mantenga húmedo el hormigón, mayor posibilidad de lograr una reacción completa de los componentes y mayor es la resistencia que se puede obtener.

El vaciado de hormigón debe protegerse, el calor generado por la misma mezcla hace que el agua se evapore demasiado rápido, y la velocidad depende del clima dominante. Las elevadas temperaturas y el viento excesivo, aceleran la evaporación. En elevadas temperaturas⁹⁴ el hormigón puede secarse rápidamente, lo que resulta en una masa débil y porosa.

Existen métodos tradicionales para el curado, como por ejemplo rociar directamente agua a determinados intervalos de tiempo, sumersión en tanques con agua (como es el caso del curado de elementos prefabricados), o tender telas de arpillera, sacos de yute u otros, cubrir con arena, aserrín o tierra húmeda, papel grueso, o combinaciones como: tela recubrimiento con la que se pueda mantener húmedo y también se pueden pintar con sustancias impermeables. También hay tecnologías contemporáneas y nuevas como los ventiladores de humectación, pinturas o capas impermeables mejoradas, entre otras⁹⁵.

Un buen curado brinda ganancia predecible de resistencia, durabilidad mejorada o longevidad al hormigón, condiciones mejores de servicio y apariencia. Dejar secar prematuramente, es impedir el crecimiento de la resistencia y es prácticamente imposible conseguir lo esperado. Por tanto siga las siguientes recomendaciones.

3.1.14.1 Recomendaciones para curado del concreto

Adelante se proporcionan sistemas y materiales para mantener húmedo el concreto, con sus características y recomendaciones⁹⁶. La selección de uno u otro dependerá de las condiciones, del tipo de proyecto y del factor económico, entre otros. Emplear el método adecuado y realizarla cabalmente, es el mejor consejo para proteger al concreto contra la pérdida de agua Pueden nombrarse algunos como: “barreras de viento”⁹⁷, aspersores⁹⁸ y otros para evitar la fisuración por retracción plástica. Después del acabado la superficie del concreto debe permanecer continuamente humedecida o sellada para evitar la evaporación por un período mínimo de varios días como se recomienda en la Tabla 13, donde puede verse los tiempos de curado recomendados para los cementos tipo I, II y III, para dos temperaturas diferentes.

⁹⁴ Ver los requisitos y recomendaciones para clima cálido en la página 116. Ver además C.1.3.3 de la NSR-10 en la página 16.

⁹⁵ Nuestra vigente norma no trata este importante tema

⁹⁶ Tomadas de: National Ready Mixed Concrete Association. Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo? CIP-11.

⁹⁷ Recomendación del ACI 308, adoptada por NTC 3318 inciso 19.1.

⁹⁸ En la Figura 23 se muestra el curado de una losa de pavimento por medio de aspersión con producto impermeabilizante

Tabla 13. Ejemplo de período mínimo de curado para alcanzar el 50% de la resistencia especificada

Cemento Tipo I	Cemento Tipo II	Cemento Tipo III
Temperatura - 50° F (10° C)		
6 días	9 días	3 días
Temperatura- 70° F (21 ° C)		
4 días	6 días	3 días
Valores aproximados basados en ensayos de resistencia de cilindros de prueba. Se pueden establecer valores específicos para materiales y mezclas específicas.		

Fuente: National Ready Mixed Concrete Association. Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo? CIP-11. Curado del concreto en el lugar. Artículo En: <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP11es.pdf>.

3.1.14.2 Sistemas para mantener húmedo el concreto:

- a) Mantas o esteras de algodón o fibra humedecidas con una manguera o un aspersor. No se deben dejar secar y que le absorban agua al concreto. Los bordes de las mantas deben traslaparse y con contrapesarse para que no las levante el viento,
- b) Paja rociada periódicamente con agua. La paja puede ser fácilmente levantada por el viento, y si está seca se puede incendiar. Las capas de paja deben ser de 6 pulgadas de espesor (15,2 cm) y deberán estar cubiertas con una lona,
- c) La tierra, la arena o el aserrín húmedos. Se pueden utilizar para curar elementos planos (especialmente pisos). No deberán tener contaminantes orgánicos o con residuos de hierro,
- d) Aspersión con agua. Es adecuada si la temperatura del aire está por encima de la congelación, No se debe permitir que el concreto se seque entre humedecimientos, pues ciclos de humedecimiento y secado no son aceptables para curado,
- e) Estanque de agua sobre una losa es un excelente método de curado, El agua no debe estar 20°F (11°C) más fría que el concreto y el murete de contención alrededor del estanque debe ser asegurado contra escapes o salideros.

Figura 23. Curado del concreto



Fuente: ENCONCRETO. Curado del concreto. Sitio Web. Disponible en: <http://enconcreto-mf.blogspot.com/2009/09/pre-curado-del-concreto.html>.

3.1.14.3 Materiales para retener la humedad:

a) Los compuestos curadores de membrana deben estar conformes con la ASTM C 309⁹⁹, Se aplican a la superficie del concreto alrededor de una hora después del acabado. No se aplica al concreto que aún está exudando o que tiene un brillo visible de agua sobre la superficie. Puede ser adecuada una capa sencilla, pero donde sea posible es deseable para un mejor cubrimiento aplicar una segunda capa en dirección perpendicular a la primera. Si el concreto será pintado o cubierto con enchapado de vinilo o cerámica, entonces deberá ser utilizado un compuesto líquido que no sea reactivo con la pintura o los adhesivos, o utilice un compuesto que se pueda sacar (retirar) con cepillo o lavado. En los pisos la superficie debe ser protegida del tráfico con papel a prueba de rasguños después de la aplicación del compuesto de curado.

b) laminas plásticas, ya sean claras, blancas (reflectivas) o pigmentadas, los plásticos deben estar conformes a la ASTM C 171¹⁰⁰, tener como mínimo 4 milésimas de pulgada (0,1 mm) de espesor y preferiblemente estar reforzadas con fibra de vidrio. Las láminas coloreadas oscuras son recomendables cuando la temperatura ambiente está por debajo de los 60°F (15° C) y las láminas reflectivas deben ser utilizadas cuando las temperaturas exceden de 85°F (30°C), los plásticos deben ser puestos en contacto directo con la superficie de concreto tan pronto como sea posible sin estropear la superficie. Los bordes de las láminas deben solaparse, fijarse con una cinta adhesiva impermeable y tener contrapesos para evitar que el viento se introduzca por debajo del plástico. El plástico puede formar bandas oscuras siempre que una arruga toque el concreto, por

⁹⁹ Componentes Formadores de Membranas Líquidas para el curado del Concreto.

¹⁰⁰ Especificaciones normativas para materiales laminares para el curado del concreto.

lo que el plástico no debe ser utilizado en concretos a la vista. Los plásticos algunas veces se utilizan sobre las mantas húmedas para retener la humedad.

c) El papel impermeable es utilizado como las láminas plásticas, pero no mancha la superficie. Este papel consiste generalmente en dos capas de papel kraft cementadas juntas y reforzadas con fibra. El papel deberá estar conforme a la ASTM C171.

Los productos retardadores de evaporación son usados para reducir la evaporación de las superficies del concreto fresco antes de que fragüe, para prevenir la fisuración por retracción plástica. No deben ser usados para curado final.

Para el control de la temperatura remítase a los requisitos para clima cálido y frío. Los requisitos normativos se en C.5.11 de la NSR-10, Al final del documento.

3.1.15 Clima frío.

El numeral C.1.3.3 de la NSR-10 determina que: *Cuando la temperatura ambiente sea menor que 4°C o mayor que 35°C, debe llevarse un registro de las temperaturas del concreto y de la protección dada al concreto durante su colocación y curado.* Fuera de estos intervalos no es obligatorio. Ahora, según la literatura, se conoce que el concreto se congela si su temperatura está por debajo de 5°C, lo que incurre en un desfase de 1°C; por tanto, se recomienda llevar dichos registros siempre, y seguir las recomendaciones dadas para el tipo de protección empleada. Para el clima frío hay que recordar que:

- La durabilidad del concreto será poca y su resistencia puede reducirse incluso en más del 50%, si este se congela en estado plástico.
- Cuando el concreto alcance una resistencia a compresión mínima de 500 libras por pulgada cuadrada, puede decirse que el concreto esta de la congelación. Esto toma aproximadamente dos días después del vaciado para la mayoría de concretos a 10°C.
- El ritmo con el que el concreto gana resistencia es más lento, ya que este se hidrata más lentamente.
- Una diferencia de temperatura del concreto de 10°C aproximadamente duplica el tiempo de fraguado, lo que puede usarse como regla práctica. Por lo que debe considerarse este tiempo adicional para remover el encofrado.

- Aunque sea solo durante la construcción, el concreto en contacto con agua y expuesto a ciclos de congelación y deshielo, debe tener aire incorporado.
- Cuando se coloca el concreto, este está saturado de agua y debe protegerse de los ciclos de congelación y deshielo hasta que se logre una resistencia a la compresión mínima de 3500 psi.
- La hidratación del cemento genera calor. El concreto recién colocado debe ser aislado para que retenga su calor y de esta forma mantenga una favorable temperatura de curado. Las diferencias grandes de temperatura (20°C) entre la superficie y la masa interior del concreto deben ser evitadas pues se puede producir agrietamiento. El aislamiento o las medidas de protección se deben eliminar paulatinamente, evitando así un desfase térmico.
- El vaciado del concreto en clima frío da la oportunidad para una mayor calidad, pues entre más fría la temperatura inicial del concreto dará como resultado una resistencia última más alta¹⁰¹. Para aprovechar este caso se presentan las recomendaciones siguientes¹⁰²:

3.1.16 Recomendaciones para manejo del concreto en clima frío.

Para el concreto manejado en clima frío se puede aplicar la siguiente tabla de control.

Tabla 14. Temperatura mínima del concreto colocado

Dimensiones de la sección, o dimensión mínima (mm)	Temperatura del Concreto para el vaciado
Menos de 12 (300)	55°F (13°C)
12 a 36 (300-900)	50°F (10°C)
36 a 72 (900 a 1800)	45°F (7°C)

Fuente: ASTM. Especificaciones estándar para mezcla de concreto. ASTM C94/C94M-04. p. 7.

La aceleración del fraguado y la ganancia de resistencia se puede lograr aumentando la cantidad de cemento portland o usando cemento tipo III. El porcentaje relativo de cenizas volantes o escorias molidas adicionadas al cemento puede ser reducido en clima frío, pero esto puede no ser posible si la mezcla ha sido específicamente diseñada para durabilidad. La decisión apropiada debe proporcionar

¹⁰¹ Siempre que se realice adecuadamente la protección del concreto.

¹⁰² Extraídas de: National Ready Mixed Concrete Association. Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo? CIP-27. Vaciados (colados) en clima frío. <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP27es.pdf>.

una solución económicamente viable con el impacto mínimo sobre las propiedades últimas del concreto.

El concreto debe ser colocado con el asentamiento práctico más bajo posible, pues esto reduce la exudación y el tiempo de fraguado. Si se añaden 5 a 10 litros de agua por metro cúbico, se retrasara el tiempo de fraguado en 2 horas. Los tiempos de fraguado retardados prolongarán la duración de la exudación (sangrado) No se deben comenzar las operaciones de acabado mientras el concreto continúe la exudación, pues esto dará como resultado una superficie débil.

Deberán hacerse las preparaciones adecuadas antes del vaciado del concreto. La nieve, el hielo y la congelación deberán evitarse y la temperatura de las superficies y de los metales embebidos en contacto con el hormigón deberá estar por encima del punto de congelación. Esto pudiera requerir aislar o calentar las sub-bases y las superficies de contacto antes del vaciado.

Los materiales y equipos necesarios para proteger el concreto deben estar en el lugar (tanto durante como después la colocación) desde los primeros momentos de la congelación y para retener el calor generado por la hidratación del cemento. Son medidas comúnmente utilizadas tanto las lonas de aislamiento como la paja cubierta con láminas de plástico.

Pueden ser necesarios encofrados aislados y bien cerrados como protección adicional, en dependencia de las condiciones ambientales, Las esquinas y los ejes son más susceptibles a la pérdida de calor requieren de una atención especial. Los calentadores que emplean combustibles fósiles en locales cerrados, deberán ser ventilados por razones de seguridad y para evitar la carbonatación de las superficies de hormigón recientemente colocadas que causa la pulverización.

No se debe permitir que la superficie del concreto se seque mientras esté en estado plástico, pues esto causa fisuración por retracción plástica. Subsecuentemente. El concreto debe ser adecuadamente curado. El curado con agua no es recomendable cuando hay inminencia de temperaturas de congelación. Utilice compuestos curadores de membrana, papel impermeabilizante o láminas plásticas en los casos de losas de concreto.

Los materiales de encofrado, (con excepción del caso de los metales) sirven para mantener y eventualmente distribuir el calor, lo que asegura, por esa razón una protección adecuada en caso de clima moderadamente frío. Con temperaturas extremadamente frías deben ser utilizadas mantas aislantes o encofrados (cimbras) aislantes térmicos, especialmente en el caso de secciones delgadas. Los encofrados no deben ser retirados entre los 1 y 7 días dependiendo las características del fraguado, las condiciones ambientales y la aplicación anticipada sobre la estructura de cargas. Se deberán utilizar probetas (cilindros de ensayo) curadas en el campo o métodos no destructivos para estimar la

resistencia del concreto en el campo antes de desencofrar o aplicar cargas. Las probetas curadas en el campo no deben utilizarse para el aseguramiento de la calidad.

Deberá tenerse especial cuidado con la cilindros de concreto empleados para la aceptación o rechazo del producto, Los cilindros deberán almacenarse en cajas aislantes, que pueden necesitar controles de la temperatura, para asegurar que son curadas entre los 60° y los 80°F (de 16° a 27°C) durante las primeras 24 a 48 horas. Deberá colocarse un termómetro de mínima/máxima en el cuarto de curado para mantener un control estadístico de la temperatura. La norma NSR-10 se refiere al clima frío en C.5.12 a continuación.

3.1.17 Clima cálido.

Los requisitos para clima cálido se encuentran en el numeral C.5.13, el cual no posee un valor exacto de la temperatura para considerar clima cálido¹⁰³. Sin embargo podemos definir un clima cálido como cualquier periodo en el que se experimente una elevada temperatura, independientemente del clima predominante del sitio de la construcción. En la literatura puede encontrarse rangos en la temperatura ideal del concreto alrededor de los 20°C.

Las claves para un vaciado de concreto exitoso en clima cálido son: el reconocimiento de los factores que afectan el concreto, y la planificación para disminuir sus efectos. Por tanto, conozcamos en primera medida los factores. Es sabido que elevadas temperaturas tienden a evaporar el agua, afectando la relación agua-cemento, lo que puede implicar baja resistencia. También tienden a acelerar la pérdida de asentamiento y pueden provocar pérdida de aire incorporado. Otro factor afectado es el tiempo de manejabilidad del concreto, el cual fraguará más rápido y puede requerir un acabado más temprano de lo normal. “Las altas temperaturas, alta velocidad del viento y baja humedad relativa, pueden afectar al concreto fresco de dos formas importantes: elevado ritmo de evaporación puede inducir a una temprana fisuración por retracción plástica o retracción por secado, y el ritmo de evaporación puede también eliminar el agua de la superficie necesaria para la hidratación a menos que se empleen métodos apropiados de curado. El agrietamiento por temperatura puede producirse por una caída rápida de la temperatura del concreto, tal es el caso de las paredes o losas de concreto que son vaciados en un día cálido, seguido de una noche fría. Una alta temperatura acelera también la hidratación del cemento y contribuye a un potencial de agrietamiento térmico en estructuras masivas de concreto”¹⁰⁴.

3.1.17.1 Recomendaciones para colocación del concreto en clima cálido.

¹⁰³ La NSR-98 estipulaba que a partir de los 25°C debería darse una adecuada atención a los materiales.

¹⁰⁴ National Ready Mixed Concrete Association. Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo? CIP-12. Colocación del concreto en clima cálido. <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP12es.pdf>

En resumen siga estas recomendaciones¹⁰⁵ para el vaciado de concreto en clima cálido:

1. Modificar las mezclas de concreto apropiadamente por medio de retardantes, cementos de moderado calor de hidratación, materiales puzolánicos, cenizas y otras soluciones probadas localmente y que sean conformes con la NSR-10. Reducir el contenido de cemento de la mezcla tanto como sea posible, cuando pueda asegurar que la resistencia del concreto será alcanzada.
2. En el caso de condiciones extremas de temperatura o con concreto masivo, la temperatura del concreto puede reducirse utilizando agua previamente enfriada o hielo como parte del agua de la mezcla. El productor de concreto utiliza otras medidas, tales como la aspersión de agua y la colocación a la sombra de los agregados antes del mezclado, para ayudar a bajar la temperatura del concreto.
3. Adelantar el tiempo y la programación para evitar demoras en la entrega, el vaciado y el acabado, evitando que la entrega se realice en las horas con mayor temperatura. Aunque el comprador puede descartar los límites sobre la temperatura máxima del concreto si la consistencia del concreto es adecuada para el vaciado y no se requiere una excesiva adición de agua.
4. Los camiones mezcladores deben poder descargar inmediatamente.
5. Tener disponible una adecuada mano de obra lista para vaciar, darle acabado y curar el concreto.
6. Limitar la adición de agua hecha en la obra directamente. Agregar agua sólo una vez a la llegada del concreto a la obra y únicamente para ajustar el asentamiento. La adición de agua no debe pasar de entre 10 y 12 litros/m³. Evitar la adición de agua al concreto después de 1.5 horas de haberse producido.
7. Si se predicen fuertes vientos y baja humedad relativa, pueden ser necesarias barreras contra el viento, pantallas contra el sol, aspersión fina de agua (niebla), o retardantes de evaporación, para evitar la fisuración por retracción plástica en las losas. Las losas de concreto no deben vaciarse directamente sobre láminas de polietileno u otras barreras de vapor. Cubra la barrera con un mínimo de 100 mm (4 pulgadas) de una capa de material granular compactable de base.

¹⁰⁵ Adaptadas y ampliadas de: National Ready Mixed Concrete Association. Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo? CIP-12. Colocación del concreto en clima cálido. <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP12es.pdf>

8. En días secos y/o cálidos, cuando las condiciones sean propicias para un agrietamiento por retracción plástica, humedezca la base, moldajes (formaletas) y el refuerzo pero no agregue demasiada agua para que no se inunde.
9. Empiece las operaciones de acabado final tan pronto como el brillo del agua halla dejado la superficie del concreto. Empiece el curado tan pronto la operación de acabado concluya. Continúe el curado por lo menos por tres días, cubra el concreto con una manta húmeda o una lámina de plástico para prevenir la evaporación; o utilice un compuesto curador de membrana, o realice el curado con agua. Utilizar un compuesto curador de membrana pigmentado de color blanco ayudará a verificar el cubrimiento que se está dando con el mismo y reflejará el calor de la superficie de concreto.
10. Proteja los cilindros de prueba en el sitio de trabajo bajo sombra previniendo la evaporación. Los sitios de curado en obra con hielo o refrigeración deben ser utilizados para mantener la temperatura requerida entre 17 a 25°C de curado inicial de los cilindros.
11. No utilice aditivos acelerantes a menos que en la práctica común se pueda evitar el agrietamiento por retracción.
12. Escuche las recomendaciones locales o regionales del sitio de la obra.

3.1.18 Formaletas.

Se llama formaleta a la armazón que sirve de molde al hormigón hasta que endurezca. El diseño¹⁰⁶ y construcción de los moldes, encofrados, cimbras, formaletas y cualquier otra estructura provisional se realizarse bajo la responsabilidad del contratista, pero, deberán ser aprobados por la supervisión. Las formaletas se clasifican según el material usado en: formaletas de madera o metálicos u otros materiales, cualquiera que sea este debe soportar las cargas impuestas brindando seguridad en la construcción; según su capacidad de rescatarse se clasifica como: recuperables¹⁰⁷ y no recuperables; según el lugar y forma en que se construyen, se clasifican en: caseras, prefabricadas y mixtas. La función de la formaleta tiene gran importancia ya que de esta estructura depende la forma que tendrán los elementos estructurales, que se eviten pérdidas de material, y que esta no dañe la estructura

¹⁰⁶ Los requisitos para diseño de formaletas pueden verse en el numeral C.6.1 de la NSR-10, más adelante.

¹⁰⁷ Dentro de estas se encuentra un grupo especial, que son las auto-portantes y/o auto-deslizables, que cuentan con sistema de rieles, para desplazarse hacia otro lugar donde será usada nuevamente.

previamente hecha y sobre la que se apoya. El supervisor tendrá la responsabilidad de verificar la ejecución de la misma, siguiendo las recomendaciones de la sección siguiente Ver Figura 24.

Figura 24. Ejemplos de Formaleta.



Fuente: AGLOMERADOS DE COLOMBIA LTDA, Formaletas, Página Web. {En línea} {Septiembre 27 de 2010} disponible en: (<http://www.aglomeradosdecolombia.com/formaletas.html>).

3.1.18.1 Recomendaciones para cimbrado.

Las siguientes son recomendaciones adoptadas del Manual para Supervisar obras de concreto del IMCYC. Basado en el ACI 311-99: Antes de que empiece el colado del concreto, supervise las cimbras y los apuntalamientos que soportaran el concreto. La ubicación y dimensión de las cimbras después de que se llenan con concreto podrían no ser las mismas que cuando fueron construidas y colocadas, debido a que el peso del concreto, los trabajadores y el equipo empleado en la colocación del concreto pueden causar que las cimbras se asienten, se pandeen o que se abulten. Generalmente es una buena recomendación asignar un carpintero en cada colocación, de modo que puedan hacerse los ajustes a los moldes y puntales cuando sea necesario, al momento de que el concreto sea colocado.

- Verifique las cimbras tan pronto como sea posible después de su montaje, de manera que los errores puedan corregirse con el mínimo de retraso, y se pueda corregir cualquier falta de hermeticidad.

- Verifique el número, tipo y localización de puntales.
- Si los moldes de la parte inferior se pandean aun cuando se apuntalen como se especifica, notifíquelo al contratista, de modo que pueda apuntalar los moldes a intervalos más cerrados.
- Un área de apoyo adecuada en el terreno puede evitar el asentamiento de los puntales.
- En algunos trabajos durante las operaciones de colado del concreto, puede ser necesario ajustar el apuntalamiento por medio de gatos de tornillo para mantener las elevaciones apropiadas.
- Coloque los puntales que soportan pisos sucesivos directamente sobre los que están abajo, y puntale el número de pisos requeridos para soportar las cargas totales.
- Construya y coloque las cimbras tan exactamente como sea posible, al alineamiento, niveles y dimensiones indicadas, excepto lo que considere necesario para construir a contra flecha, tal como se discute más abajo. Las tolerancias en ACI 301¹⁰⁸ y ACI 117¹⁰⁹ se aplican al concreto endurecido, no a las cimbras.
- Asegúrese de que las cimbras den como resultado concreto endurecido de las dimensiones, alineación, y acabado superficial requeridos. Los puntos que rigen la alineación y pendiente son establecidos por el grupo de ingeniería, pero pueden ser necesarias medidas adicionales desde, y entre estos puntos. En muchos casos, un templete casero servirá como medio conveniente y exacto para verificar las dimensiones y la alineación. Debe tenerse siempre a la mano una regla precisa de dimensión apropiada. Las irregularidades se pueden detectar mediante una inspección visual cuidadosa, pero en algunos lugares, puede ser necesario usar plomadas y alambres o cordeles estirados.
- Use apuntalamiento apropiado, separadores, y elementos de cimbra suficientemente rígidos para evitar abultamiento. El concreto fresco, cuando es vibrado, ejerce presiones máximas de la magnitud indicada en la Tabla 15 y Tabla 16.
- El apuntalamiento y amarre de las cimbras (Figura 24) deben ser adecuados, ya que generalmente es imposible forzar las cimbras a su posición original después de que se han abultado o se han deslizado mientras están siendo llenadas.

¹⁰⁸ Especificaciones para el Concreto Estructural.

¹⁰⁹ Comentarios en las especificaciones normativas para tolerancias para materiales y construcción con concreto.

- Para colados de concreto grandes o importantes, instale dispositivos indicadores (cordeles y líneas a plomo dejadas en su lugar durante las operaciones de colocación) en varias ubicaciones de las cimbras, particularmente donde es de esperarse asentamiento o flexión. Estos dispositivos le darán una señal oportuna sobre cualquier movimiento o deflexión de las mismas. Entonces pueden tomarse las acciones inmediatas para detener estos movimientos o deflexiones, o al menos para controlarlos dentro de los límites prescritos.

Tabla 15. Presión lateral máxima para el diseño de cimbras para muros.

Velocidad de colocación R, 30.5 cm/hr.	P, presión lateral máxima, pfs, para la temperatura indicada.							
	32° C	27°C	21°C	15°C	10°C	4°C		
1	Rige mínimo 600/lb/ft ²							
2								
3							690	825
4							664	750
5	650	712	793	900	1050	1275		
6	750	825	921	1050	1230	1500		
7	850	938	1050	1200	1410	1725		
8	881	973	1090	1246	1466	1795		
9	912	1008	1130	1293	1522	1865		
10	943	1043	1170	1340	1578	1935		

NOTA: No use presiones de diseño (pulg. Lb/pies²) mayores de 150 x altura (pulg.) de concreto fresco en las cimbras. Esta tabla se aplica únicamente para concreto de peso normal hecho con cemento Tipo I, sin aditivos ni puzolanas, con revenimiento no mayor de 10 cm y profundidad de vibración de 1.20 m o menos.

Fuente: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. IMCYC. ACI 311-99. Manual para Supervisar obras de concreto Página 75.

Tabla 16. Presión lateral máxima para el diseño de cimbras para columnas.

Velocidad de Colocación R, 30.5 cm/hr.	P, presión lateral máxima, psf. Para la temperatura indicada.									
	32°C	27°C	21°C	15°C	10°C	4°C				
1	Rige mínimo 600/lb/ft ²									
2										
3									690	825
4							664	750	870	1050
5	650	712	793	900	1050	1275				
6	750	825	921	1050	1230	1500				
7	850	938	1050	1200	1410	1725				
8	950	1050	1178	1350	1590	1950				
9	1050	1163	1307	1500	1770	2175				
10	1150	1275	1436	1650	1950	2400				
11	1250	1388	1564	1800	2130	2625				
12	1350	1500	1693	1950	2310	2850				
13	1450	1613	1822	2100	2490	3000				
14	1550	1725	1950	2250	2670	Rige máximo 3000/lb/ft ²				
16	1750	1950	2207	2550	3000					
18	1950	2175	2264	2850						
20	2150	2400	2721	3000						
22	2350	2625	2979							
24	2550	2850	3000							
26	2750	3000								
28	2950									
30	3000									
NOTA: No use presiones de diseño (pulg. Lb/pies ²) mayores de 150x altura (pies) de concreto fresco en las cimbras. Esta tabla se aplica únicamente para concreto de peso normal hecho con cemento Tipo 1, sin aditivos ni puzolanas, con revenimiento no mayor de 10 cm y profundidad de vibración de 122 cm o menos.										

Fuente: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. IMCYC. ACI 311-99. Manual para Supervisar obras de concreto Página 75.

- El asentamiento y el pandeo pueden controlarse construyendo una contraflecha en la cimbra. Una regla que se usa ampliamente para contraflechar las cimbras para pisos y vigas es 1/4 de pulgada por cada 10 pies (2 mm/m) de espacia-miento. El contraflechado de las cimbras es responsabilidad del contratista.

- Durante la colocación del concreto, mantenga un trabajador todo el tiempo monitoreando los dispositivos de señales, verificando y deteniendo las fugas, verificando la hermeticidad de las cimbras, los accesorios y el apuntalamiento, según se requiera.
- En las cimbras que van subiendo o que se "elevan" jálelas después de ser elevadas, de modo que queden pegadas contra el concreto ya colado. Trate de hacer las juntas en las cimbras especialmente seguras, parejas e impermeables.
- Para evitar salientes de aspecto desagradable y derrames de concreto en las juntas de construcción horizontales, vuelva a colocar la cimbras de modo que se traslapen con el concreto solo en aproximadamente una pulgada (25 mm). Utilice pernos de sujeción amplios pegados a las juntas para asegurar que la cimbra se mantenga junto, o pegada al concreto endurecido durante la vibración y el colado.
- Los puntales para voladizos frecuentemente son críticos y deben ser adecuados para soportar todas las cargas. Las juntas de construcción pueden crear voladizos temporales hasta que se ha completado el elemento. Apoye el concreto a ambos lados de tales juntas hasta que todo el haya desarrollado una resistencia que permita al elemento carga su propio peso.
- Si el supervisor tiene duda sobre la seguridad o rigidez de los moldes, debe de notificarlo al contratista. Si el contratista no corrige la situación, el supervisor debe dar al contratista, al propietario y al ingeniero una documentación escrita del problema y una descripción de las consecuencias posiblemente satisfactorias.
- Se usan varios materiales en las caras de las cimbras que se pretenden usar nuevamente. Los selladores sellan eficientemente la madera permitiendo que se use repetidamente. Se utilizan ampliamente las cimbras de acero; estas no deben contener rajaduras, mellas, muescas, pandeos, juntas flojas, o deformaciones que imposibiliten un acomodo apropiado. El triplay con una capa de plástico proporciona un acabado liso y suave muy adecuado para las cimbras; puede usarse varias veces si no está dañado. Para el concreto arquitectónico expuesto, las cimbras de plástico reforzadas con fibra de vidrio son populares, ya que se les puede dar forma a cualquier contorno deseado. La construcción de cimbras para concreto estructural y arquitectónico y superficies especialmente formadas se describe en la ACI S-P4.
- Procure superficies lisas en las cimbras, con juntas apretadas y libres de agujeros, para evitar que el concreto se escape durante la vibración.

- Cuando la apariencia de la estructura sea importante, arregle los forros y los separadores de las cimbras para lograr patrones nítidos. La disposición general debe ser aprobada por el diseñador antes de empezar el trabajo.
- Los sujetadores y espaciadores de las cimbras no deben dejar metal cerca de la superficie expuesta, ni doblarse si los trabajadores se suben en ellas.
- Use amarres de alambre solo en trabajos ligeros, haciendo agujeros para esos alambres tan pequeños como sea posible.
- Limpie, y si es necesario, reacondicione las cimbras para volver a usarse. Llene las vetas abiertas, aplane los tabloncillos, enderece las caras metálicas y vuelva a unir las juntas. No sopletee con arena ni desgaste las cimbras metálicas hasta obtener una superficie brillante.
- Evite dañar las superficies de las cimbras durante su construcción y en cualquier otro trabajo preliminar al colado del concreto.
- Antes de colar el concreto, moje las superficies de las cimbras o aplíqueles una capa con aceite o algún otro material satisfactorio para cimbras que no cause manchas o corrosión. Use únicamente la cantidad apropiada de revestimiento de las cimbras para evitar la decoloración del concreto. No aplique capas tan gruesas que puedan surgir manchas o ablandamiento de la superficie de concreto; se puede evitar que se pegue por medio de una capa que se sienta aceitosa. Aplique el agente para descimbrado en todas las superficies y bordes de contacto. Existe una tendencia a que se formen burbujas de aire o que se acumule agua en la superficie de cimbras perfectamente apretadas con superficies densas e impermeables. El defecto reside principalmente en la apariencia, y no es demasiado serio, a menos que esté involucrado concreto arquitectónico expuesto.
- Aplique un recubrimiento a las cimbras antes de colocar el refuerzo para evitar cubrir con una capa el refuerzo y evitar la adherencia al concreto. Si a un molde se le da capa del agente desmoldante antes de la instalación del refuerzo, este problema serio puede ser completamente evitado.
- Quite los espaciadores de madera a medida que progresa el colado del concreto, por medio de alambres previamente atados a ellos.

- Quite el material extraño del interior de las cimbras. Dicho material extraño incluye cascajo, bloques, aserrín, mortero seco, hielo y nieve. Use preferentemente aire y agua o vapor, complementado por una limpieza manual. El material extraño tiende a acumularse en las esquinas y en lugares de difícil acceso. En las cimbras estrechas y profundas, procure ventanas para la limpieza y supervisión en los puntos más efectivos, generalmente en la parte inferior y a los niveles de las juntas de las cimbras. Cierre estas ventanas antes de que comience la colocación del concreto o justo antes de que alcance su nivel.

3.1.19 Descimbrado, puntales y reapuntalamiento.

El retiro de la formaleta debe ser progresivo cuidando no producir grandes vibraciones ni romper los bordes de los elementos. El supervisor es quien da la orden para desencofrar¹¹⁰. Se recomienda tener presente las fechas y secuencia de vaciado de los elementos. “Se comienza con las columnas y costados de vigas, lo que puede hacerse a los tres días de edad; se sigue con el fondo de la losa a los ocho días y a los veintiuno se completa con el fondo de las vigas. Con cementos rápidos los plazos se reducen a 2, 4 y 8 días respectivamente y hasta 1,3 y 6. En vigas muy cargadas, pórticos y otros elementos, se toma un plazo adicional para el desencofrado total. Inmediatamente retirada la cimbra se procede a retocar las superficies dañadas”¹¹¹. El supervisor debe estar presente al momento de desencofrar para observar e indicar las medidas a tomar.

El Apuntalamiento consiste en las estructuras temporales usadas adentro construcción, para apoyar o atravesar las estructuras arqueadas para llevar a cabo el sostenimiento en el sitio, hasta que su construcción se avance suficientemente y pueda auto-soportarse.

El apuntalamiento también incluye las estructuras temporales de apoyo para encofrados los paneles y los accesorios que sirven de molde al concreto, y andamios para que los trabajadores tengan acceso a la estructura que se construye. De la misma manera como la construcción y uso de estos elementos se debe realizar con cuidado, retirarlos debe ser un proceso que no afecte la seguridad y funcionalidad de la estructura. Frecuentemente se utilizan agentes desmoldantes para facilitar esta operación. Existe una amplia gama de estos productos en el mercado, por lo cual se recomienda seguir las indicaciones para su uso.

¹¹⁰ En este punto se recomienda el uso de los Anexos 5 y 6, para la verificación y el reporte de la cimbra (y el refuerzo) respectivamente.

¹¹¹ CHANDIAS, Mario E. Introducción a la construcción de edificios. Librería y editorial Alsina. Buenos Aires, Argentina 1992. p 50.

3.1.20 Embebidos en el concreto

Los elementos embebidos son aquellos que no siendo acero estructural, se encuentra incrustado en el concreto, tales elementos no deben restar resistencia a la estructura directa o indirectamente; directamente desplazando la masa de concreto o indirectamente cuando no posee el recubrimiento adecuado.

Las tuberías y ductos se encuentran embebidos en hormigón cuando se colocan completamente dentro del elemento, un ejemplo es el caso de un tubo dentro de una columna, de una losa o un muro.

La introducción de tuberías y ductos dentro del concreto debe estar aprobada por el Ingeniero Estructural y cuando se haya previsto la necesidad de insertar algún tubo, el diseñador estructural debe proveer los detalles correspondientes. El ingeniero estructural debe permitir la introducción de tubería siempre y cuando esta no sea perjudicial para el concreto.

Los requisitos normativos para estos elementos se encuentran en C.6.3 de la NSR-10 que son equivalentes al Reglamento del ACI-318-05 (Reglamento del 2005). En la Tabla 17 puede verse un ejemplo para tubería embebida en una columna.

Tabla 17. Diámetros máximos de tubería para ser embebida en una columna de concreto

Dimensiones (m)	Diámetro (cm)
0.20x0.20	1.57
0.25x0.25	1.97
0.30x0.30	2.36
0.40x0.40	3.15
0.50x0.50	3.94
0.60x0.60	4.72
0.70x0.70	5.51
0.80x0.80	6.30
0.90x0.90	7.09
1.00x1.00	7.87

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior ilustra (considerando los requisitos de C.6.3 NSR-10) que a una columna de 0.30mx0.30m solo podríamos introducir un tubo de 2.36 cm (aproximadamente una pulgada) y a una columna de 1.00m x 1.00m una tubería con un diámetro no mayor de 3” (tres pulgadas). Todas las anteriores corresponden a valores que se encuentran entre el 2% y el 4% del área de la sección transversal.

3.1.21 Juntas de construcción.

Por lo general, los materiales de construcción, se ven sometidos a expansiones, contracciones o alabeos ocasionados por cambios de humedad y la temperatura del medio. Dichos esfuerzos no deben ser superiores a la resistencia interna del material para que este no llegue a fisurarse. Algunas estructuras pueden autoportar las tensiones; otras necesitan del refuerzo para absorberlas.

Se acude entonces a las Juntas para controlar los movimientos ocasionados por las tensiones que se producen en el interior de los elementos estructurales. Una *junta de dilatación* es un espacio o fase que admite movimientos relativos entre dos partes de una estructura o entre la estructura y otros elementos adyacentes con las cuales trabaja. Se conocen varios tipos de juntas:

- Junta por discontinuidad de Diseño
Los movimientos de estas juntas son comúnmente insignificantes. Por ejemplo: juntas entre marcos de puertas y ventanas, etc.

- Junta de construcción
Son las que se originan por interrupciones previstas o no en la puesta en obra.
De acuerdo al diseño estructural, estas juntas pueden ser:
 - Juntas monolíticas: de íntima unión entre los dos bloques.
 - Juntas de contracción o expansión (Ver C.22.3).

Las juntas de contracción evitan el agrietamiento de los elementos de la junta. Las juntas de expansión son aquellas que se forman en obra dejando una luz en toda la sección de la estructura entre elementos contiguos; para ello se emplean rellenos que permiten la expansión de esos elementos.

Las juntas deben llenarse o sellarse para evitar la entrada de polvo, agua u otras substancias perjudiciales. Desde hace muchos años se emplean masillas con bases olefinosas o bituminosas, y metálicos. Los rellenos disponibles son materiales elásticos tales como fibra, madera, caucho o corcho.

Para superar las desventajas e inconvenientes de los selladores de juntas tradicionales, se han desarrollado en años recientes muchos nuevos materiales de tipo elastoméricos y polímeros. Por ejemplo icopor y neopreno, entre otros. Estos materiales se comportan en su mayor parte como elásticos en vez de plásticos, y son flexibles en lugar de rígidos a temperaturas normales de servicio. Los materiales elastoméricos pueden moldearse en el campo o preformarse¹¹².

Los materiales para juntas se ensayan y aprueban, por lo general, antes de su remisión a la obra, y el supervisor ha de encargarse, principalmente, de verificar, al llegar que no hayan sido dañados o

¹¹² Ver ACI 504R-90 Guía para el sellado de juntas en Estructuras de Concreto.

contaminados, que estén identificados en forma apropiada, y que se almacenen, preparen e instalen adecuadamente, puede requerirse el envío de algunas muestras a un laboratorio, para pruebas, en cuyo caso el muestreo deberá ser representativo.

El comportamiento exitoso de cualquier sellador de juntas dependerá fundamentalmente de una correcta instalación. Cada paso en la construcción y preparación de la junta que va a recibir el sellador, requiere mano de obra cuidadosa y supervisión concienzuda. La especificación para la obra debe establecer el tipo de sellador escogido, el método de instalación y las características especiales requeridas en la preparación y construcción de la junta para su aplicación. Es esencial la verificación de la limpieza y secado de cada junta, antes de colocar materiales imprimadores o selladores. Los anchos de la junta y las temperaturas del concreto deberán ser los supuestos en el diseño, si así se establece en las especificaciones. Se recomienda seguir las especificaciones dadas para clima cálido y frío.

Los requisitos para juntas se verifican a continuación (Inciso C.6.4 NSR-10, a continuación). Ver además C.23-C.4.10 de la NSR-10, para los requisitos de juntas en estructuras de ingeniería ambiental¹¹³.

3.1.22 Ganchos estándar

Un gancho estándar es el doblez en el extremo de una barra de refuerzo que cumple los requisitos de C.7.1 (a continuación) y C.7.2 (Diámetros mínimos de doblado) Ver Tabla 10. Diámetros mínimos y extensiones para barras y estribos. La supervisión de los ganchos consiste básicamente en una inspección visual.

Dentro de las suposiciones básicas para el diseño de estructuras de concreto reforzado se tiene la premisa de la correcta adherencia entre el acero del refuerzo y el concreto, en la práctica se verifica que existan condiciones óptimas para permitir dicha adherencia, por ejemplo: la superficie debe estar libre de sustancias extrañas y cumplir con los requisitos exigidos en la norma en C.7.4. Ver además Tabla 8. Identificación y recomendaciones para el grado de corrosión en barras oxidadas.

3.1.23 Colocación del refuerzo.

Luego del figurado de las barras de acero de refuerzo, este debe colocarse cumpliendo con los planos de diseño y las especificaciones dadas, entre los elementos de control de calidad a supervisar se tienen: posición exacta del acero de refuerzo y la firme sujeción de las barras mediante alambre, o en casos

¹¹³ No disponible en este documento.

especiales de soldadura. Para la verificación de la correcta colocación del refuerzo (y la cimbra) se propone el ANEXO 6, y, para el reporte de supervisión de los mismos, puede usarse el formato propuesto en el ANEXO 7¹¹⁴.

Tabla 18. Tolerancias para d y recubrimiento del concreto.

Rango	Tolerancia en d	Tolerancia en el recubrimiento especificado del concreto
$d \leq 200 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$	-10 mm
$d > 200 \text{ mm}$	$\pm 13 \text{ mm}$	-13 mm ¹¹⁵

Fuente: Inciso C.7.5.2.1 NSR-10, Tabla C.7-2 NSR-98. Editada por el autor.

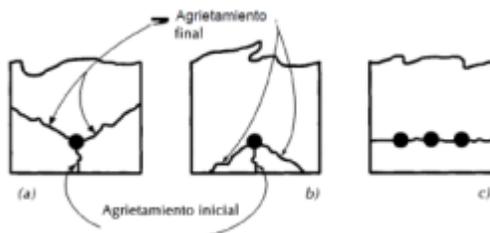
3.1.23.1 Límites de espaciamiento del refuerzo.

Cada barra de acero de refuerzo necesita un bloque que le permita adherirse correctamente al concreto, para ello es necesario que exista una distancia entre barras tal que dichos bloques no se traslapen ya que generarían agrietamiento del concreto y por ende fallas en la estructura (Ver Figura 25. Diferentes configuraciones de agrietamiento longitudinal.).

Los primeros estudios que dieron origen a los requerimientos de dimensionamiento para espaciamiento y recubrimiento fueron realizados por Orangun y Kemp¹¹⁶ creadores de la teoría del cilindro de falla (Ver Figura 26. Hipótesis del cilindro de concreto para falla por agrietamiento longitudinal.).

Los límites requeridos se enumeran en C.7.6 (más adelante).

Figura 25. Diferentes configuraciones de agrietamiento longitudinal.



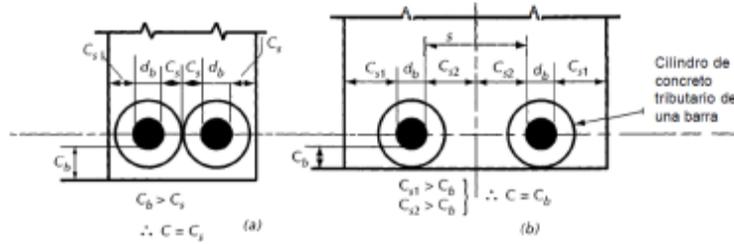
¹¹⁴ Ambos adaptados y editados de: INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO. IMCYC. ACI 311-99. Manual para Supervisar obras de concreto Páginas 209 y 210.

¹¹⁵ Aumento de la tolerancia en 1 mm para la altura útil y recubrimiento.

¹¹⁶ GONZALES, Oscar; ROBLES, Francisco. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Cuarta Edición. Editorial Limusa. México 2005. p. 267.

Fuente: GONZALES, Oscar; ROBLES, Francisco. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Cuarta Edición. Editorial Limusa. México 2005. Pág. 267.

Figura 26. Hipótesis del cilindro de concreto para falla por agrietamiento longitudinal.



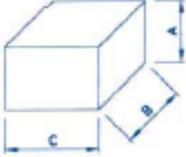
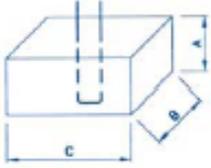
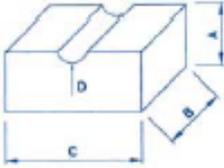
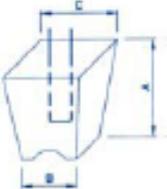
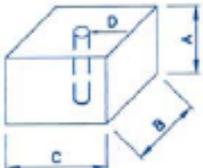
Fuente: GONZALES, Oscar; ROBLES, Francisco. Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Cuarta Edición. Editorial Limusa. México 2005. Pág. 268.

3.1.23.2 Protección de concreto para el refuerzo

El responsable de la protección del refuerzo para el concreto es el recubrimiento, el cual varía dependiendo del elemento, lugar de fabricación del concreto, del tipo y sistema de refuerzo a emplear y de las condiciones de exposición. Respetando los espesores mínimos se brinda resguardo contra el fuego y la corrosión al concreto (Los requisitos pueden verse en C.7.7 más adelante). Para garantizar el recubrimiento se usan separadores y soportes de concreto (como se muestra en la Figura 27), plásticos, o metálicos. La Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21 muestran las características de estos soportes. La protección del refuerzo también incluye los elementos que quedarán expuestos a la intemperie (para ser empalmados en futuras ampliaciones) y protección contra el fuego¹¹⁷.

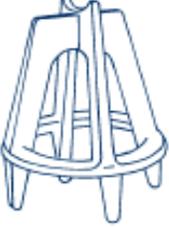
¹¹⁷ Se deben ampliar valores de recubrimiento conocidos, para brindar protección contra el fuego, ya que no se disponen de valores definidos.

Tabla 19. Soportes y separadores de concreto.

Ilustración	Dimensiones	Descripción
	<p>Alto: 1,8 a 15cm Largo: 2,5 a 15 cm Ancho: 2,5 a 122 cm</p>	<p>Bloque sencillo usado cuando la barra de refuerzo tiene una posición pendiente. Si la dimensión "C" excede 40 cm, una pieza de barra de refuerzo debe ser montada dentro del bloque.</p>
	<p>Alto: 1,8 a 10cm Largo: 2,5 a 7,5 cm Ancho: 2,5 a 7,5 cm</p>	<p>Bloque alambrado con un trozo de alambre N° 16 montado dentro de el. Usado en moldajes verticales, o en posición para asegurar la barra de refuerzo mediante la amarra con el alambre</p>
	<p>Alto: 1,8 a 7,5cm Largo: 2,5 a 6,5 cm Ancho: 3,2 a 7,5 cm</p>	<p>Bloque aguzado y alambrado con un trozo de alambre N° 16, montado dentro de el. Usado en donde se requiere de un mínimo de contacto con el moldaje.</p>
	<p>Alto: 5 a 10cm Largo: 5 a 10 cm Ancho: 5 a 10 cm</p>	<p>Bloque combinado, generalmente usado en armaduras horizontales.</p>
	<p>Alto: 7.5 cm Largo: 7,5 a 12,5 cm Ancho: 7,5 a 12,5 cm</p>	<p>Bloque con chaveta, generalmente para ser usado en trabajos horizontales como soporte de parrillas de fundación o mallas superiores a través de una barra inserta en la perforación.</p>

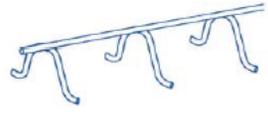
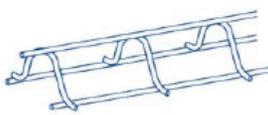
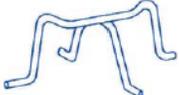
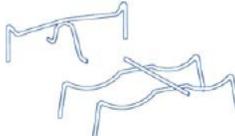
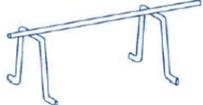
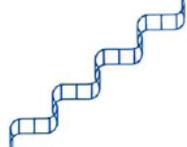
Fuente: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. p 133.

Tabla 20. Soportes y separadores plásticos.

Ilustración	Dimensiones	Descripción
	<p>Alto: 1,8 a 15 cm.</p>	<p>Espaciador de barras superiores para ser usado en armaduras horizontales. No es recomendable su uso en losas o pavimentos expuestos a la intemperie.</p>
	<p>Alto: 1,8 a 5 cm.</p>	<p>Espaciador de barras superiores con sujetador de abrazadera para ser usado en trabajos horizontales. No es recomendable su uso en losas o pavimentos expuestos a la intemperie.</p>
	<p>Alto: 1,8 a 12,5 cm.</p>	<p>Silla alta para ser usada en losas y paneles de muro.</p>
	<p>Alto: 6,5 a 16 cm.</p>	<p>Silla alta variable para trabajos verticales y horizontales.</p>
	<p>Para recubrimientos de hormigón de 2 a 8 cm con incremento cada 1 cm</p>	<p>Rueda espaciadora, generalmente para ser usada en trabajos verticales. La abrazadera del espaciador permite un mínimo contacto con los moldajes. Aplicable para barras de refuerzo de muros, pilares y columnas.</p>

Fuente: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. p 134.

Tabla 21. Soportes y separadores metálicos.

Ilustración	Dimensiones	Descripción
	Alto : 1,8 - 2,5 - 4 y 5 cm Largo : 1,5 y 3 m	Soporte de barras con un travesaño corrugado superior y piernas para ser usado en barras superiores de losas.
	Alto : 2,5 - 4 y 5 cm De 5 a 14 cm con incrementado cada 1 cm Largo : 1,5 m	Soporte de barras con un travesaño superior y piernas para ser usado en barras superiores de vigas.
	Alto : 2,5 - 4 y 5 cm De 5 a 14 cm con incrementado cada 1 cm Largo : 1,5 m	Equivalente al ejemplo anterior.
	Alto : 1,8 + 2,5 - 4 y 4,5 cm	Silla para barra individual, para ser usada e barras superiores de losas, viguetas o vigas.
	Alto : 1,8 - 2,5 - 4 y 5 cm Largo : 10 - 12,5 y 15 cm	Silla para soportar y espaciar dos barras superiores en viguetas.
	Alto : 2,5 a 40 cm con incremento cada 1 cm	Silla alta para barra individual, para ser usada en barras superiores de losas, viguetas o vigas.
	Alto : 2,5 a 40 cm con incremento cada 1 cm Largo : 1,5 y 3 m	Silla alta continua similar al ejemplo anterior.
	Alto : 2,5 a 40 cm con incremento cada 1 cm Largo : 1,5 y 3 m	Silla alta continúa para soportar barras o mallas de retracción en placas metálicas colaborantes de losas.
	Alto : de 4 a 30 cm con incremento cada 1 cm Largo : 2 m	Soporte continuo de barras para usos diversos.

Fuente: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. p 134.

Figura 27. Colocación de soporte para el recubrimiento.



Fuente: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE CATALUÑA. MARÍ BERNAT, Antonio. ORTEGA, Honorio. Et al. Recomendaciones para el proyecto y construcción de placas Macizas de hormigón in situ para forjados. Barcelona, Septiembre 2002. p 24.

3.1.23.3 Refuerzo de retracción y temperatura.

Para explicar por medio de la tecnología del concreto, la razón de ser del refuerzo de retracción y temperatura acudimos nuevamente a los conceptos de Nilson: En la medida que la pasta de cemento se endurece, el concreto se retrae. Se recomienda (como se ha dicho anteriormente), minimizar este encogimiento usando concretos con las mínimas cantidades posibles de agua y de cemento compatible con los otros requerimientos, tales como la resistencia y la trabajabilidad, y mediante un curado húmedo cuidadoso y de duración suficiente. Sin embargo, a menudo es inevitable cierta cantidad de retracción de fraguado.

Si una losa con dimensiones moderadas descansa libremente sobre sus apoyos, puede contraerse para acomodar el acortamiento en su longitud producido por la retracción de fraguado. Sin embargo, las losas y otros elementos están por lo general rígidamente unidos a otras partes de la estructura y no pueden contraerse libremente; estos son los conocidos esfuerzos de retracción de fraguado. Una disminución en la temperatura con respecto a la existente cuando la losa se funde, particularmente en estructuras sometidas a la intemperie como en los puentes, puede tener un efecto similar al de la retracción de fraguado. Es decir, la losa tiende a contraerse y, si está restringida para hacerlo, se generan esfuerzos internos de tensión.

Puesto que el concreto es débil a tensión, es muy probable que estos esfuerzos de temperatura y de retracción de fraguado produzcan agrietamiento. Las grietas de esta naturaleza no son perjudiciales, siempre y cuando su tamaño se limite a lo que se conoce como grietas capilares; esto puede lograrse colocando refuerzo en la losa para contrarrestar la contracción y para distribuir uniformemente las grietas. A medida que el concreto tiende a contraerse, este refuerzo resiste la contracción y, en

consecuencia, queda sometido a compresión. La retracción total en una losa reforzada de esta manera es menor que la de una losa sin refuerzo; además, cualesquiera que sean las grietas que se formen, éstas serán de menor ancho y estarán más uniformemente distribuidas gracias a la presencia del refuerzo.

Para losas en una dirección, el refuerzo suministrado para resistir los momentos flectores tiene el efecto conveniente de reducir la retracción de fraguado y de distribuir las grietas. Sin embargo, debido a que la contracción ocurre igualmente en todas las direcciones, es necesario proporcionar refuerzo especial para limitar la contracción por retracción de fraguado y temperatura en dirección perpendicular a la del refuerzo principal. Este acero adicional se conoce como refuerzo para temperatura o retracción de fraguado, o acero de repartición¹¹⁸.

El error más común en este aspecto, es confundir la dirección de colocación con el acero principal. Por este motivo el supervisor debe estar atento a este detalle. Veamos los requisitos a continuación.

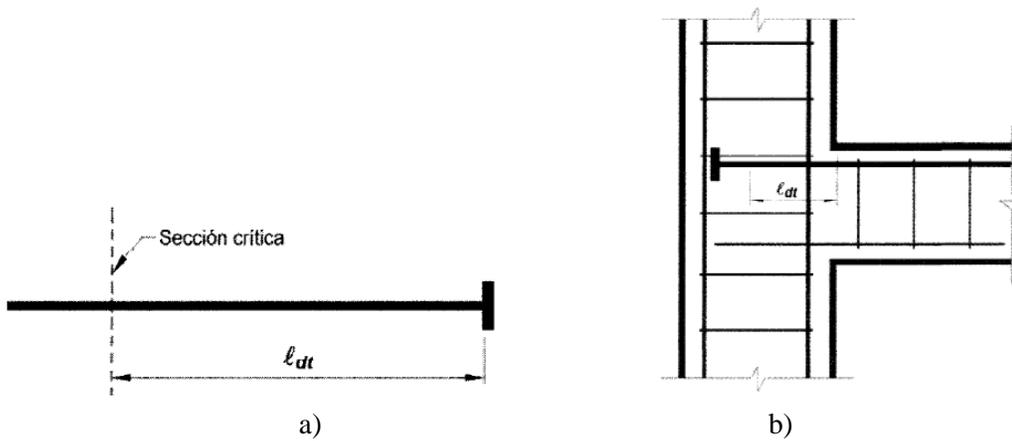
3.1.23.4 Longitud de desarrollo y empalmes del refuerzo.

El concepto de longitud de desarrollo está basado en el esfuerzo de adherencia que puede obtenerse sobre la longitud del refuerzo que se encuentra embebida en el concreto. Los empalmes dados por requerimientos dependen de: la ubicación respecto del eje neutro, del tipo de refuerzo a utilizar, del diámetro de la barra, de si se trata de barras individuales o en grupo, si el empalme es soldado, entre otras variables.

Longitud de desarrollo es la Longitud embebida del refuerzo, incluyendo torones de preesforzado, en el concreto que se requiere para poder desarrollar la resistencia de diseño del refuerzo en una sección crítica. Ver C.9.3.3 de la NSR-10, más adelante. Dicha longitud también puede incluir gancho estándar, que es la distancia más corta entre la sección crítica donde la barra debe desarrollar su resistencia total, y una tangente a la cara exterior del gancho de 90° o de 180°. Los requisitos normativos pueden verse en C.12. La Figura 28, Figura 29, Figura 30 y Figura 31 ilustran cada caso.

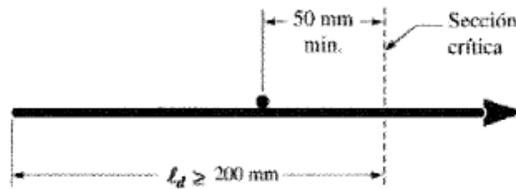
¹¹⁸ Resumido de: NILSON, Arthur H. Ed 12. Diseño de Estructuras de concreto. Editorial McGraw Hill. Colombia 2001, p 370.

Figura 28. Desarrollo de barras corrugadas con cabeza. a) Sección crítica, b) barra corrugada con cabeza que se extiende hasta la cara lejana del núcleo de la columna con una longitud de anclaje que excede l_{dt} .



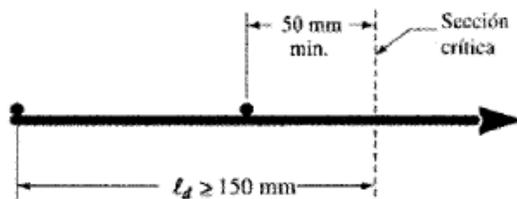
Editado de la Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p. 221 y 222.

Figura 29. Desarrollo de refuerzo electrosoldado de alambre corrugado.



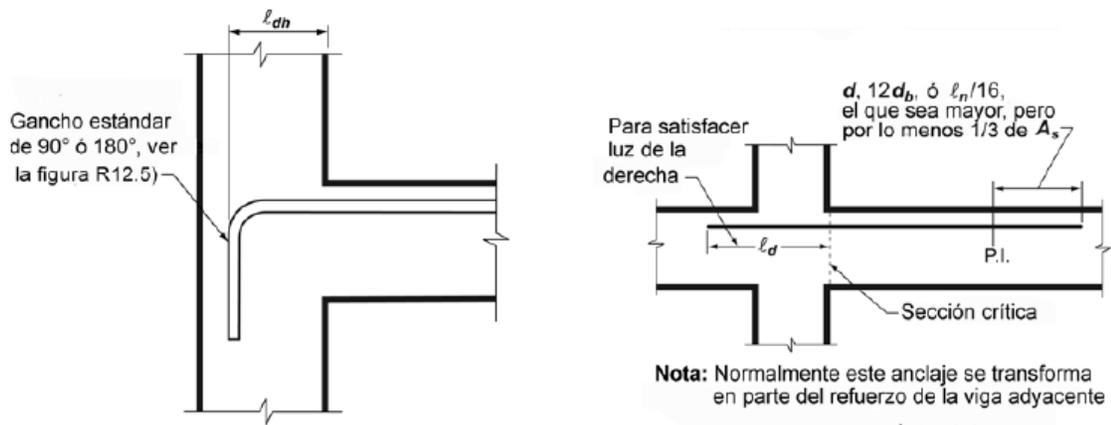
Editado de la Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p. 223.

Figura 30. Desarrollo de refuerzo electrosoldado de alambre liso



Editado de la Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p. 224.

Figura 31. Desarrollo del refuerzo para momento negativo



a) Anclaje en una columna exterior

b) Anclaje en la viga adyacente.

Editado de la Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p. 231.

3.1.23.5 Empalmes soldados y mecánicos

Las barras de refuerzo corrugadas se comercializan en longitudes 6 metros. Por esta razón, y porque resulta más conveniente trabajar con barras de longitudes más pequeñas, con frecuencia es necesario empalmar las barras en el campo. Deben evitarse los empalmes del refuerzo en los puntos de máximo esfuerzo, y cuando se utilicen deben escalonarse, aunque ninguna de estas condiciones sea práctica, por ejemplo, para el caso de empalmes a compresión en columnas. Los empalmes para las barras No.11 y menores se realizan simplemente mediante traslapo de las barras a lo largo de una distancia suficiente para transmitir el esfuerzo por adherencia desde una barra hasta la otra. Las barras traslapadas se colocan, a menudo, en contacto y se amarran ligeramente con alambre, de modo que permanezcan en su posición a medida que se vacía el concreto¹¹⁹.

Como alternativa, los empalmes pueden realizarse con soldadura o mediante camisas o dispositivos mecánicos (como es el caso del numeral C.12.14.3.5 de la NSR-10 que es análogo al mismo inciso del ACI 318-2002, aunque bajo otras condiciones) que suministran una *conexión efectiva y completa* entre las barras. Ver Figura 32. Para estos casos el supervisor debe verificar que se cumplan los procedimientos para la instalación de este tipo de productos y los requisitos preestablecidos.

¹¹⁹ NILSON, Arthur H. Ed 12. Editorial Mc Graw Hill. Colombia 2001. P. 187.

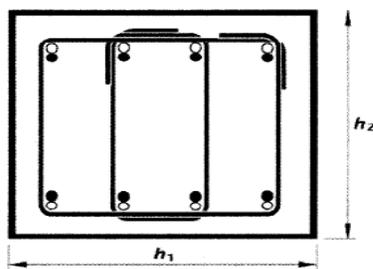
Figura 32. Ejemplos de conectores o empalmes mecánicos.



Editada de la Fuente: RONDON S.M., Carlos. MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN. FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN. M y M Servicios Gráficos S.A. Julio de 2005. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile. p 131.

Los empalmes dados por requerimientos dependen de: la ubicación respecto del eje neutro, del tipo de refuerzo a utilizar, del diámetro de la barra, de si se trata de barras individuales o en grupo, si el empalme es soldado, entre otras variables que se tratarán en el proyecto. La Figura 34 y Figura 35, ilustran dos casos de empalmes. Ver también C.12.17.3 Empalmes soldados o mecánicos en columnas.

Figura 33. Ejemplo de aplicación para C.12.17.2.4 de la NSR-10



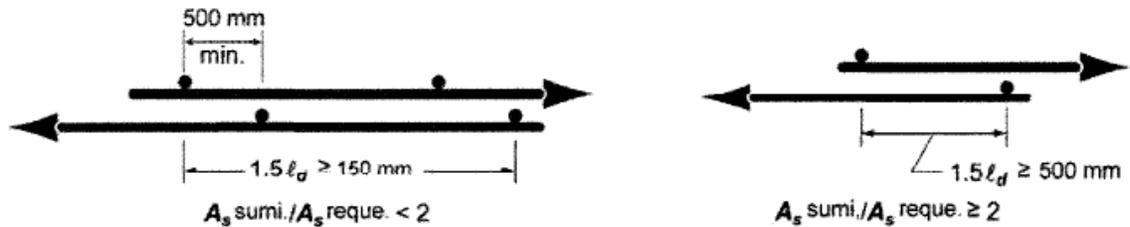
Editado de la Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p. 221 y 222.

Figura 34. Empalmes de refuerzo electrosoldado de alambre corrugado a tracción



Editado de la Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p. 242.

Figura 35. Empalmes de refuerzo electrosoldado de alambre liso



a) C.12.19.1

b) C.12.19.2

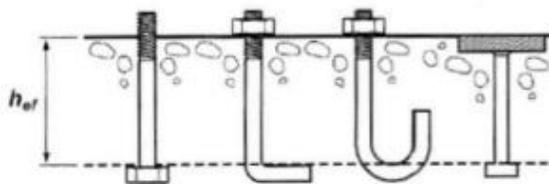
Editado de la Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario p. 243.

3.1.23.6 Anclajes al concreto

Existen dos formas de realizar el anclaje de elementos al concreto, antes (*preinstalado*) y después (*postinstalado*) de colocar el concreto.

3.1.24 Anclaje preinstalado: Son tornillos con cabeza, perno con cabeza, o tornillo con gancho, instalado antes de colocar el concreto. La tarea del supervisor consiste en verificar que estos elementos se encuentren colocados antes de vaciar, de lo contrario estaríamos cambiando la definición del anclaje y restando soporte a los objetos que van a ser anclados. Ver Figura 36. Anclajes preinstalados

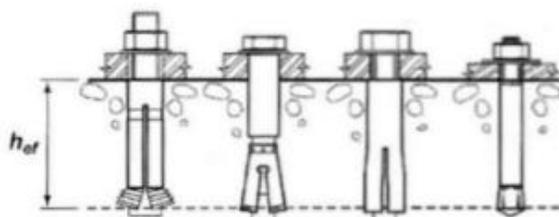
Figura 36. Anclajes preinstalados



Editado de la Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario. Anclaje al concreto. p 423.

3.1.25 Anclaje postinstalado: Un anclaje instalado en el concreto endurecido. Los anclajes de expansión y los anclajes con sobreperforación en su base son ejemplos de anclajes postinstalados. Estos elementos (en la mayoría de los casos) requieren de aditivos epóxicos para mejorar la adherencia con el concreto. Aunque es una tarea del diseñador, se recomienda colocar estos elementos de tal forma que no interfieran con el acero principal, ya que puede ocurrir que al momento de sellar queden capilares que permitan el paso de la humedad y por consiguiente la oxidación del refuerzo. Ver Figura 37. Anclaje instalados después de vaciado y fraguado el concreto.

Figura 37. Anclaje instalados después de vaciado y fraguado el concreto.



Fuente: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI-318-08 y comentario. Apéndice D – Anclaje al concreto. p 423¹²⁰.

¹²⁰ En la misma bibliografía (p 430), puede verse un conjunto de modalidades de falla en estos elementos de anclaje bajo dos tipos de cargas: tracción y cortante.

4. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para el desarrollo del proyecto muestra los componentes y características siguientes:

El Objeto: Guía ilustrativa de Supervisión Técnica para Estructuras de Concreto, que consiste en una revisión y adaptación bibliográfica al espacio y tiempo siguientes:

Marco legal: Nivel nacional.

Marco espacial: Nivel nacional (Ciudad de Cartagena para efectos de la encuesta)

Marco temporal: A partir de su aprobación y/o publicación, hasta la vigencia de la Norma NSR-10, teorías y tecnologías actuales¹²¹.

Tipo de metodología: Descriptiva.

Tipo de investigación aplicada en el proyecto: documental y de campo, y consta de las siguientes etapas:

1. Recopilación y clasificación de la información.
2. Selección de parámetros.
3. Organización de la información según la secuencia de construcción.
4. Desarrollo del documento y anexos.
5. Diseño de la encuesta y conclusiones.

El procedimiento aplicado se detalla a continuación:

4.1.1 RECOPIACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se visitaron diferentes instituciones como: Biblioteca Bartolomé Calvo, Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena, Bibliotecas de otras Universidades privadas y Bibliotecas

¹²¹ Gran parte de la teoría, recomendaciones prácticas y otros elementos de la Guía, pueden seguir vigentes, independientes de las normas.

Virtuales para la búsqueda de material base. Los tipos de información que fueron objeto de búsqueda son los siguientes:

- Imágenes, tablas, gráficos y otros, con los cuales se ilustró la teoría.
- Formatos de gestión e implementación de la calidad, para ser aplicados en los diferentes controles.
- Norma de diseño y construcción sismo-resistente NSR-98 y NSR-10, Normas NTC, ASTM, Código ACI, entre otros.
- Manuales y libros de diseño y construcción, textos universitarios y tesis de grado, con información complementaria.
- Catálogos, artículos de publicaciones, páginas especializadas, diccionarios y enciclopedias, entre otros, pertinentes al tema.
- Comentarios y recomendaciones y criterios de profesionales de la ingeniería civil y arquitectura con experiencia en el diseño, la construcción e intervención¹²² de edificaciones de concreto, respecto de los requisitos de control, los errores comunes, atípicos o graves que han encontrado en el ejercicio de sus actividades¹²³, mediante una encuesta/entrevista personal. Ver numeral 5.6 Diseño de la encuesta y elaboración del documento final.

En esta etapa se recogió la información básica y luego se clasificó en primaria, secundaria y terciaria (esta última fue desechada para efectos del proyecto), las fuentes de información primaria y secundaria aparece en la bibliografía, mientras que algunas de las fuentes de información terciaria aparecen en la guía como lectura recomendada.

4.1.2 SELECCIÓN DE REQUERIMIENTOS.

Partiendo de la norma NSR-10, se extrajeron los requisitos de control de planos y especificaciones¹²⁴, control de materiales, ensayos de calidad y ejecución de obra que son exigidos para realizar la supervisión técnica. Tablas a continuación:

¹²² Específicamente supervisión técnica.

¹²³ Incluyendo las observaciones y criterios del autor.

¹²⁴ Estos requisitos se obtuvieron de A.1.5.2, C1.2, I.2.4, I.4.3, entre otros.

Tabla 22. Requisitos de control de planos y especificaciones.

Ítem	Tema	Referencia
1	Grado de definición,	A.1.5.2, C1.2, I.2.4, I.4.3
2	Definición de dimensiones, cotas y niveles,	
3	Consistencia entre las dimensiones, cotas y niveles,	
4	Consistencia entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas,	
5	Adecuada definición de las calidades de los materiales,	
6	Cargas de diseño debidamente estipuladas,	
7	Casos Especiales: obras falsas, procedimientos, aditivos, tolerancias u otros.	
8	Coordinación de los planos arquitectónicos con los demás planos técnicos,	
9	Definición en los planos arquitectónicos del grado de desempeño de los elementos no estructurales.	
10	Indicaciones generales.	

(Fuente: elaboración propia. Datos seleccionados de la NSR-10).

Tabla 23. Requisitos de control de materiales.

Ítem	Tema	Referencia
1	Normas técnicas (Obligatoriedad y enumeración).	C.1.5 y C.3.8
2	Ensayo de materiales.	C.3.1
3	Materiales Cementantes.	C.3.2
4	Agregados.	C.3.3
5	Agua.	C.3.4
6	Acero de refuerzo.	C.3.5 y C.21.1.5 y Apéndice C-E
7	Aditivos.	C.3.6
8	Evaluación y aceptación del concreto.	C.5.6

(Fuente: Tabla I.2.4-1 NSR-10).

Tabla 24. Requisitos para ensayos de control de calidad.

Ítem	Tema	Referencia
1	Normas técnicas (Obligatoriedad y enumeración)	C.1.5 y C.3.8
2	Definiciones	C.2.2
3	Ensayo de materiales	C.3.1
4	Acero de refuerzo	C.3.5 y C.21.1.5 y Apéndice C-E
5	Requisitos de durabilidad	Capítulo C.4
6	Dosificación de las mezclas de concreto	C.5.2
7	Evaluación y aceptación del concreto	C.5.6 y C.21.1.4
8	Evaluación y aceptación del refuerzo	C.3.5.10 y Apéndice C-E
9	Diámetros mínimos de doblado	C.7.2
10	Doblado	C.7.3
11	Tanques y compartimientos estancos+	Capítulo C.23
12	Concreto estructural simple*	Capítulo C.22
+ Este tema no incluye los requerimientos normativos. * Este tema no se trata en la guía		

(Fuente: Tabla I.2.4-2 NSR-10. Editado por el autor).

Tabla 25. Requisitos de ejecución de la construcción.

Ítem	Tema	Referencia
1	Almacenamiento de materiales.	C.3.7
2	Dosificación de las mezclas de concreto.	C.5.2
3	Preparación del equipo y del lugar de colocación del concreto.	C.5.7
4	Mezclado del concreto.	C.5.8
5	Transporte del concreto.	C.5.9
6	Colocación del concreto.	C.5.10
7	Curado del concreto.	C.5.11
8	Requisitos para clima frío y cálido.	C.5.12 y C.5.13
9	Diseño de cimbras y encofrados.	C.6.1
10	Descimbrado, puntales y reapuntalamiento.	C.6.2
11	Embebidos en el concreto.	C.6.3
12	Juntas de construcción.	C.6.4
13	Ganchos estándar.	C.7.1 y C.7.2
14	Doblado.	C.7.3
15	Condiciones de la superficie del refuerzo.	C.7.4
16	Colocación del refuerzo	C.7.5
17	Límites de espaciamiento del refuerzo.	C.7.6
18	Protección de concreto para el refuerzo	C.7.7
19	Refuerzo de retracción y temperatura	C.7.12
20	Longitudes de desarrollo y empalmes del refuerzo.	C.12
21	Empalmes soldados y mecánicos	C.12.14.3 y C.21.1.7
22	Cáscaras y losas plegadas.*	Capítulo C.19
23	Concreto estructural simple.*	Capítulo C.22
24	Tanques y compartimientos estancos.+	Capítulo C.23
25	Anclajes al concreto	Apéndice C-D

+ Este tema no incluye los requerimientos normativos. * Este tema no se trata en la guía

(Fuente: Tabla I.2.4-3NSR-10. Editado por el autor).

Se procedió a crear la base del proceso de control de información, que consiste en la lista de elementos a investigar y que constituyen el contenido de la guía. Los ítems que no pertenecían al alcance fueron eliminados. Posteriormente se amplió dicha información con la(s) referencia(s) a la(s) que hace llamado. En otras palabras (para la elaboración de la Guía), los títulos de estas tablas corresponden a los capítulos y los ítems corresponden a los subtítulos. Los ítems repetidos solo fueron tratados en un capítulo, aquel en el cual se mencionó primero o donde se consideró más apropiado.

4.1.3 COMPARACIÓN DE NORMATIVA ENTRANTE Y SALIENTE.

Se realizó una revisión comparativa de los cambios de requerimiento del Título I de la NSR-10, Respecto de la NSR-98 y sus referencias (para estructuras de concreto Títulos A y C, Normas NTC,

ASTM y otras)¹²⁵, la cual sirvió como base para hacer comentarios, notas aclaratorias, direccionamientos hacia otras referencias donde se puede hallar más (o mejor) información; obteniendo así, un documento que contiene ambas normas, y que muestra solamente los incisos referentes a la Supervisión técnica, que entran en el alcance trazado (Esta comparación puede verse en el Anexo 1). La mayoría de estos elementos fueron incluidos en la Guía propuesta (Introducción a La Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto Reforzado), previendo su pertinencia e importancia.

4.1.4 AMPLIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Se alimentaron los requisitos listados en la etapa 2 con una breve teoría de la tecnología del concreto reforzado, prácticas de construcción, la normativa citada, comentarios, y recomendaciones de construcción recolectadas en la primera etapa. Se incluyó bibliografía recomendada para incentivar la investigación del lector y se determinaron los ítems en que el Supervisor debe hacer hincapié.

4.1.5 DESARROLLO DEL DOCUMENTO Y ANEXOS.

Esta etapa del proyecto se fundamentó en editar y complementar la información con soportes válidos y anexos (resultado de la información secundaria del primer paso) justificando la propuesta de la Guía, mediante el uso de diagramas, formatos, listas de verificación (lista de chequeo), datos de errores típicos y/o recomendaciones de los peritos en el área, comentarios sobre la implementación de Gestión de la Calidad aplicado a la construcción, u otros elementos apropiados al tema en cuestión.

4.1.6 DISEÑO DE LA ENCUESTA Y ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO FINAL

Se compone de los siguientes elementos:

4.1.7 Diseño de la encuesta.

La primera parte de este ítem corresponde al diseño de la encuesta, la cual se trata de una encuesta parcial, realizada directamente a profesionales de la construcción¹²⁶ con relativa experiencia en

¹²⁵ Más exactamente los requisitos de las tablas 2, 3, 4 y 5 de este documento.

¹²⁶ Ingenieros y Arquitectos de la ciudad de Cartagena.

Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto. Para su diseño se elaboró un cuestionario tipo individual, cuyas etapas y características son las siguientes:

4.1.7.1 Ficha Técnica.

Se muestran los datos técnicos preliminares de la encuesta.

- Nombre: Encuesta para determinar tendencias en la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto.
- Propósito: Obtener información de una selección de Ingenieros civiles, Arquitectos y Constructores de la ciudad de Cartagena.
- Objetivo: Recolectar recomendaciones y datos analizables referentes a la Supervisión Técnica de Estructuras de concreto de profesionales que han ejercido tal actividad.
- Población: Personas (naturales o jurídicas) que presten el servicio de Supervisión técnica, en la ciudad de Cartagena¹²⁷.
- Muestra: 40.
- Porcentaje de error: Ninguno: 0%.
- Tiempo estimado por encuesta: 15 minutos.
- Fecha de aplicación del instrumento: Octubre de 2014.
- Lugar de aplicación del instrumento: Cartagena de Indias D.T.y C.

4.1.7.2 Elaboración del cuestionario.

El cuestionario¹²⁸ recopila los datos necesarios para responder los interrogantes del proyecto, dados en la formulación del problema. Este contiene 5 secciones distribuidas así:

- *Sección 1: Datos del entrevistado.* Posee 10 preguntas. El objetivo de este bloque es identificar a la persona y su trayectoria. Ver figura y tabla siguiente.

Figura 38. Preguntas de la sección 1.

¹²⁷ Esta encuesta no atiende a la probabilidad, la encuesta está dirigida a un número pequeño de personas (naturales y jurídicas) por tanto no es necesario el cálculo de la muestra.

¹²⁸ Se refiere a las preguntas del formulario definitivo. Ver anexo 2.

1

<p>1- Tipo de Persona</p> <p>a. Natural _____ <input type="checkbox"/></p> <p>b. Jurídica _____ <input type="checkbox"/></p> <p>2- Tipo de empresa</p> <p>a. Mediana _____ <input type="checkbox"/></p> <p>b. Pequeña _____ <input type="checkbox"/></p> <p>3- Edad (En años) _____ <input type="checkbox"/></p> <p>4- Tiempo de la empresa (En años) _____ <input type="checkbox"/></p> <p>5- Número de trabajadores a cargo _____ <input type="checkbox"/></p> <p>6- Contratante frecuente</p> <p>a. Público _____ <input type="checkbox"/></p> <p>b. Privado _____ <input type="checkbox"/></p> <p>7- Experiencia Gral. (En años) _____ <input type="checkbox"/></p>	<p>8- Profesión</p> <p>a. Arquitecto _____ <input type="checkbox"/></p> <p>b. Ingeniero Civil _____ <input type="checkbox"/></p> <p>c. Constructor _____ <input type="checkbox"/></p> <p>9- Actividad actual</p> <p>a. Asesoría _____ <input type="checkbox"/></p> <p>b. Diseño _____ <input type="checkbox"/></p> <p>c. Construcción _____ <input type="checkbox"/></p> <p>d. Interventoría _____ <input type="checkbox"/></p> <p>10- Área que maneja</p> <p>a. Hidráulica/Sanitaria _____ <input type="checkbox"/></p> <p>b. Estructuras o edificaciones _____ <input type="checkbox"/></p> <p>c. Puentes _____ <input type="checkbox"/></p> <p>d. Suelos _____ <input type="checkbox"/></p> <p>e. Vías _____ <input type="checkbox"/></p>
---	--

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Características de las preguntas de la sección 1.

N°	Preguntas		Respuestas					
	Clasificación ¹²⁹		Tipo	Opciones	Variables			
	Forma	Tipo			Categóricas		Numerales	
					Nominales	Ordinales	Discretas	Continuas
1	Cerrada	S. Múltiple	Única	2	1	0	0	0
2 ¹³⁰	Cerrada	S. Múltiple	Única	2	1	0	0	0
3	Cerrada	Información	Simple	1	0	0	1	0
4 ¹³¹	Cerrada	Información	Simple	1	0	0	1	0
5	Cerrada	Información	Simple	1	0	0	1	0
6	Cerrada	S. Múltiple	Única	2	1	0	0	0
7	Cerrada	Información	Simple	1	0	0	1	0
8	Cerrada	S. Múltiple	Única	3	1	0	0	0
9	Cerrada	S. Múltiple	Múltiple	4	1	0	0	0
10	Cerrada	S. Múltiple	Múltiple	5	1	0	0	0
Total					6	0	3	0

Fuente: elaboración propia.

¹²⁹ Existen dos clasificaciones adicionales, según función y según su contenido, las cuales no se tuvieron en cuenta en este documento.

¹³⁰ Se desprende de la opción (b) de la primera pregunta.

¹³¹ Ídem.

- *Sección 2: Material bibliográfico.* Contiene 5 preguntas centradas en la documentación bibliográfica usada por el entrevistado y su conocimiento de la NSR-10. Ver Figura 39 y Tabla 27 a seguir.

Figura 39. Preguntas de la sección 2.

2

11- ¿Posee usted una biblioteca de consulta?
a. Si _____
b. No _____

12- ¿Qué tipo de material bibliográfico posee?
a. La NSR-10 _____
b. Normas NTC _____
c. Revistas técnicas _____
d. Catálogos de productos _____
e. Teoría del concreto _____
f. Normas extranjeras _____
g. Manuales _____
h. Otro ¿Cuál? _____

13- ¿Conoce y consulta la NSR-10?
a. Si _____
b. No _____

14- La consulta de la Norma NSR-10 la realiza
a. Siempre _____
b. A veces _____
c. Casi nunca _____
d. Nunca _____

15- ¿Identifica los cambios relacionados con la Supervisión Técnica entre NSR-10 y NSR-98?
a. Si _____
b. No _____

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. Características de las preguntas de la sección 2

N°	Preguntas		Respuestas (Variables)				
	Clasificación		Tipo	Categóricas		Numerales	
	Forma	Tipo		Nominales	Ordinales	Discretas	Continuas
11	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
12	Cerrada	S. Múltiple	Múltiple	1	0	0	0
13	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
14	Cerrada	S. Múltiple	Única	0	1	0	0
15	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
			Total	4	1	0	0

Fuente: elaboración propia.

- *Sección 3: Uso de formatos.* Tiene 3 preguntas cuyo objetivo es conocer sobre el uso de formatos durante la supervisión técnica. Ver figura y tabla siguiente:

Figura 40. Preguntas de la sección 3.

3

16- ¿Utiliza formatos para agilizar el proceso de Supervisión Técnica?

a. Si _____

b. No _____

17- ¿Estos formatos fueron diseñados por usted?

a. Si _____

b. No _____

18- ¿Qué formatos utiliza?

a. Listas de chequeo _____

b. Diagramas de flujo _____

c. Organigramas _____

d. Tablas _____

e. Bitácora de Supervisión _____

f. Control de documentación _____

g. Otro ¿Cuál? _____

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Características de las preguntas de la sección 3.

N°	Preguntas		Respuestas (Variables)				
	Clasificación		Tipo	Categorías		Numerales	
	Forma	Tipo		Nominales	Ordinales	Discretas	Continuas
16	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
17	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
18	Cerrada	S. Múltiple	Múltiple	1	0	0	0
			Total	3	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

- *Sección 4:* Evaluación de Supervisión. 8 preguntas con las cuales puede saber la experiencia de la persona, los requisitos en los que es más exigente, entre otros datos importantes. Ver figura y tabla siguiente:

Figura 41. Preguntas de la sección 4.

19- Presta usted los servicios de		20- ¿Cuáles de ellos los realiza personalmente?	
a. Residencia de obra	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
b. Supervisión Técnica	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
21- Subcontrata servicios para realizar ensayos y pruebas		22- ¿Qué metodología emplea?	
a. Sí	<input type="checkbox"/>	a. Programa de Control de Calidad	<input type="checkbox"/>
b. No	<input type="checkbox"/>	b. Control de Calidad Certificada	<input type="checkbox"/>
23- Las veces en las que ha delegado su función. En escala de 1-100 y en términos generales ¿Cómo califica el desempeño de esta(s) persona(s)?			<input type="checkbox"/>
24- En escala de 1-100. Califique el desempeño de esta persona en las siguientes áreas específicas.			
a. Aspecto social	<input type="checkbox"/>	b. Aspecto profesional	<input type="checkbox"/>
		c. Aspecto ético	<input type="checkbox"/>
25- Como supervisor ¿Sobre cual requisito hace usted mayor énfasis? (Puede marcar más de uno)			
a. Planos y especificaciones	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
b. Control de materiales	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
c. Ensayos	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
d. Sistemas, procesos constructivos y mano de obra	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
26- Años de experiencia específica (aproximados) en Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto			<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 29. Características de las preguntas de la sección 4.

N°	Preguntas		Respuestas (Variables)				
	Clasificación		Tipo	Categorías		Numerales	
	Forma	Tipo		Nominales	Ordinales	Discretas	Continuas
19 ¹³²	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
20 ¹³³	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
21 ¹³⁴	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
22 ¹³⁵	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
23	Cerrada	Información	Simple	0	0	0	1
24	Cerrada	Información	Simple	0	0	0	1
25	Cerrada	S. Múltiple	Múltiple	1	0	0	0
26	Cerrada	Información	Simple	0	0	1	0
			Total	5	0	1	2

Fuente: elaboración propia.

- *Sección 5*: Falencias y recomendaciones. Compuesto por 4 preguntas, tres de las cuales puede obtenerse: los elementos, ámbitos y actividades en los que se concentran mayormente los errores en los planos, ensayos y ejecución de obra respectivamente. Una pregunta final diseñada para obtener

¹³² Puede aplicarse igualmente a personas jurídicas, con ciertas reglas. Ver trabajo de campo

¹³³ Se desprende de la pregunta número 19.

¹³⁴ Puede aplicarse igualmente a personas jurídicas, con ciertas reglas. Ver trabajo de campo

¹³⁵ Ídem.

una respuesta abierta¹³⁶, para soportar el cuarto objetivo específico del proyecto. Ver figura y tabla siguiente:

Figura 42. Preguntas de la sección 5.

5

27- En cuales de los siguientes elementos ha encontrado más errores u omisiones en los planos estructurales (Seleccione máximo 3)

a. Grado de definición (completos en número y contenido) _____	□
b. Definición y consistencia de dimensiones, cotas y niveles, _____	□
c. Consistencia entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas, _____	□
d. Definición de las calidades de los materiales, _____	□
e. Indicación de Cargas de diseño _____	□
f. Casos Especiales: obras falsas, procedimientos, aditivos, tolerancias u otros. _____	□
g. Coordinación de los planos arquitectónicos con los demás planos técnicos, _____	□
h. Indicaciones generales. _____	□
i. Otro ¿Cuál? _____	□

28- Los resultados inesperados en los ensayos de control de calidad, se han debido en su mayoría debido a:

a. Mano de obra _____	□
b. Materiales _____	□
c. Manipulación de las muestras _____	□
d. Otro ¿Cuál? _____	□

29- ¿En cuales de los siguientes factores de la ejecución, ha encontrado usted más errores? (Seleccione máximo 5)

a. Almacenamiento de materiales. _____	□
b. Dosificación de las mezclas de concreto y aplicación de aditivos. _____	□
c. Preparación del equipo y del lugar de colocación del concreto. _____	□
d. Montaje de cimbras y encofrados. _____	□
e. Figurado del acero _____	□
f. Colocación del refuerzo _____	□
g. Mezclado y transporte del concreto. _____	□
h. Colocación y vibrado y curado del concreto. _____	□
i. Cuidados para clima frío y cálido. _____	□
j. Descimbrado, puntales y reapuntalamiento. _____	□
k. Colocación de embebidos y anclajes al concreto. _____	□
l. Trazado de juntas de construcción. _____	□

30- De manera personal y profesional emita (brevemente) recomendaciones que según su criterio se deben tener en cuenta a la hora de ejercer la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto.

Fuente: elaboración propia.

¹³⁶ Ver pregunta número 30 de la Figura 42 o del Anexo 2 (Formulario).

Tabla 30. Características de las preguntas de la sección 5.

N°	Preguntas		Respuestas (Variables)				
	Clasificación		Tipo	Categorías		Numerales	
	Forma	Tipo		Nominales	Ordinales	Discreta	Continuas
27	Cerrada	S. Múltiple	Múltiple	1	0	0	0
28	Cerrada	S. Múltiple	Única	1	0	0	0
29	Cerrada	S. Múltiple	Múltiple	1	0	0	0
			Total	3	0	0	0
30	Abierta	Información	Compleja	No analizable estadísticamente			

Fuente: elaboración propia.

Las secciones 4 y 5 determinan el objeto de la encuesta. En general se tiene, en la clasificación de las preguntas según formato, 29 preguntas cerradas y 1 abierta. Clasificación de las preguntas según tipología de las preguntas y respuestas: 7 preguntas de información simple (3, 4, 5, 7, 23, 24 y 26), 14 preguntas de selección múltiple con única respuesta (1, 2, 6, 8, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22), 7 preguntas de selección múltiple con múltiple respuesta (9, 10, 12, 18, 25, 27 y 29).

En total 30 preguntas ordenadas de menor a mayor complejidad y con un tiempo total estimado de 15 minutos para no fastidiar al interrogado.

4.1.7.3 Elaboración del formulario.

Se diseña un formato para el cuestionario, con una base de hoja de cálculo (Excel). El formulario puede verse en el Anexo 2 y en las figuras desde la 10 hasta la 14.

4.1.8 Trabajo de campo.

Se realizó una encuesta piloto, tomando como base 3 personas interrogadas, quienes además de llenar el formulario preliminar, sirvieron de base para configurar el cuestionario definitivo. Definido el instrumento de recolección final, se preestablecen tres modalidades de asistencia: entrevista presencial¹³⁷, entrevista telefónica¹³⁸, y asistencia remota (correo electrónico). También se determinaron las siguientes reglas de juego:

- Realizar la respectiva presentación e introducción.
- Antes de la entrevista, preguntar a cada persona, sobre su experiencia en Interventoría (Supervisión) Técnica, ya sea realizada o recibida, como filtro para restringir la población encuestada.

¹³⁷ Que indica seguimiento personal del autor. La entrevista piloto y la entrevista a empresas, se realizaron aplicando este tipo de asistencia. Cabe anotar que debido al grado de conocimiento de los encuestados no era obligatoria este tipo de asistencia.

¹³⁸ Esta modalidad solo se empleó para verificar datos.

- Todas las preguntas deben responderse como persona natural, incluso si se posee empresa, a excepción de las preguntas 2 y 4.
- En caso de empresas, debe llenarse (además de las preguntas 2 y 4), las preguntas 19, 21¹³⁹ y 22.
- Antes de la despedida, observar el formato, para verificar el diligenciamiento completo y correcto, evitando así datos inválidos u omitidos.

Terminada la recolección¹⁴⁰, los datos fueron revisados y tabulados para su posterior análisis.

4.1.9 Análisis de la información.

Luego de realizar la totalidad de las encuestas, se inicia el análisis de los datos. Habiendo determinado el tipo de variables contenidas en las respuestas (Ver diseño del cuestionario), se procedió de la siguiente manera: a las variables de tipo nominal se aplicó la escala de medición nominal, a las variables de tipo ordinal se aplicó la escala de medición ordinal y a las variables de tipo numérica, se aplicó la escala de medición por intervalos¹⁴¹; además se realizó un análisis para datos agrupados. Solamente a estas últimas se les realiza el cálculo de las siguientes medidas estadísticas de tendencia central¹⁴²: mediana, moda, media aritmética, media geométrica y media armónica.

- *La media aritmética* es el valor más representativo dentro de una muestra. Significa el promedio de los datos analizados, los cuales tienen igual peso o valor de relevancia, se calcula mediante la suma de los datos entre el número de datos analizados y se determina por la siguiente expresión:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}$$

- *La media geométrica* es la raíz enésima del producto de los números del conjunto. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$G = \sqrt[n]{X_1 X_2 X_3 \dots X_n}$$

- *La media armónica* de un conjunto de números es el recíproco de la media aritmética de los recíprocos de dichos números, se determina por la siguiente expresión:

$$H = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{1}{X_j}}$$

¹³⁹ En este caso, las preguntas 19 y 21, podrían ser contestadas como preguntas selección múltiple con múltiple respuesta.

¹⁴⁰ Las encuestas pueden verse en el Anexo 3.

¹⁴¹ Para el análisis de este tipo de variables se optó por con los datos individuales, sin embargo también se muestra gráficamente datos agrupados.

¹⁴² Otros elementos anotados son los datos extremos.

- *La moda* en un conjunto de números es el valor que ocurre con mayor frecuencia, es decir el valor que más se repite. Puede existir más de una moda o puede que no exista.

- *La mediana* dentro de un conjunto de números ordenados en cualquier sentido (menor a mayor o de mayor a menor) es aquel que ocupa la posición central, o el promedio de los dos valores centrales.

4.1.9.1 Análisis de los resultados.

A continuación se muestran los datos tabulados y graficados¹⁴³ valores totales, porcentajes, medidas de tendencia central¹⁴⁴ y resultados de cada una de las preguntas por separado:

- Pregunta N° 1: Tipo de persona. Diferencia las empresas de las personas naturales. Se visitaron 5 empresas y 15 personas naturales (25% y 75% respectivamente). Ver Tabla 31. Análisis de la pregunta número 1 y Gráfico 1. Distribución porcentual de los tipos de persona de los encuestados., a continuación.

Tabla 31. Análisis de la pregunta número 1. Tipo de persona.

1	Tipo de Persona		TOTAL
	Natural	Jurídica	
Frecuencia	15	5	20
Porcentaje	75%	25%	100%

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 1. Distribución porcentual de los tipos de persona de los encuestados.



Fuente: elaboración propia.

¹⁴³ Sólo se muestran gráficos para las preguntas de mayor relevancia.

¹⁴⁴ Donde aplique.

- Pregunta N° 2: Tipo de empresa. Clasifica la persona jurídica en mediana o pequeña según sea. De las 5, 4 pequeñas y una mediana (80% y 20% respectivamente). Ver

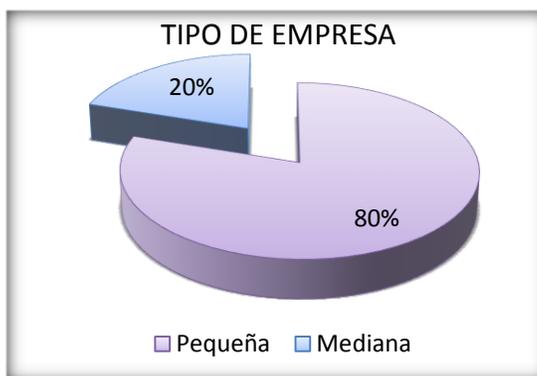
Tabla 32. Análisis de la pregunta número 2. Tipo de empresa., y el Gráfico 2. Porcentajes de los tipos de empresa., siguientes.

Tabla 32. Análisis de la pregunta número 2. Tipo de empresa.

2	Tipo de empresa		Total
	Mediana	Pequeña	
Frecuencia	1	4	5
Porcentaje	20%	80%	100%

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 2. Porcentajes de los tipos de empresa.



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 3: Edad. Da una primera visión de la experiencia o conocimiento de la persona. Las respuestas pueden verse en Tabla 33, la Tabla 34 muestra los datos ordenados en intervalos de 5 años, y siguen a continuación.

Tabla 33. Respuestas a la pregunta N° 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
56	49	43	38	54	27	49	32	47	30	33	34	34	53	26	29	60	26	65

Fuente: elaboración propia.

Tabla 34. Análisis de la pregunta número 3. Edad.

3	Edad (años)				Total
	26 – 30	31 - 40	41 - 50	> 50	
Frecuencia	5	5	4	5	19
Porcentaje	26.3%	26.3%	21%	26.3%	100%

Fuente: elaboración propia.

Valores extremos: 26 y 65 años (Diferencia = 39 años). Las medidas de tendencia central, muestran el rango en el que se ubica la edad más representativa de la muestra, así: Media aritmética: $41.3 \approx 41$ años. Media geométrica: $39.57 \approx 40$ años. Media armónica: $37.9 \approx 38$ años. Moda: 26, 34 y 49 años con dos frecuencias cada una, siendo 34 la moda central. Mediana: 38 años. Por lo que la edad más representativa circula en el rango de 34 a 41 años (Diferencia = 7 años), siendo 38 el valor más probable.

- Pregunta N° 4: Tiempo de la empresa. Pretende mostrar la “trascendencia” de la empresa. En la Tabla 36 pueden verse los tiempos; en la Tabla 36 se muestran los rangos de tiempo de 5 años, abajo.

Tabla 35. Respuestas a la pregunta N° 4.

1	2	3	4	5
18	8	13	35	31

Fuente: elaboración propia.

Tabla 36. Análisis de la pregunta número 4. Tiempo de la empresa.

4	Tiempo de la empresa (años)						Total
	6 – 10	11 – 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	> 30	
Frecuencia	1	1	1	0	0	2	5
Porcentaje	20%	20%	20%	0%	0%	40%	100%

Fuente: elaboración propia.

En esta última tabla puede verse que el 40% de las empresas encuestadas posee más de 30 años de existencia. Valores extremos 8 y 31 años (23 años de diferencia). Media aritmética: 21 años. Media geométrica: $18.26 \approx 18$ años. Media armónica: $= 15.71 \approx 16$ años. Moda: No existe. Mediana: 18 años. Valores oscilantes entre 16 y 21 años (5 años de diferencia). Valor más representativo 18 años.

- Pregunta N° 5: Número de personas a cargo. Pretende observar la capacidad de empleo, y la posibilidad de delegar funciones. Las respuestas (Ver Tabla 38. Análisis de la pregunta número 5. Número de trabajadores a cargo.) se trataron independientemente del tipo de persona. En la Tabla 38 se distribuye el número de trabajadores a cargo en intervalos de 5 personas (Ver adelante).

Tabla 37. Respuestas a la pregunta N° 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	20	3	10	12	12	12	8	2	4	2	4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 38. Análisis de la pregunta número 5. Número de trabajadores a cargo.

5	Número de trabajadores					Total
	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	> 20	
Frecuencia	5	3	3	1	0	12
Porcentaje	42%	25%	25%	8%	0%	100%

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra (entre otros datos), que el 42% de los encuestados tiene entre 1 y 5 trabajadores a cargo. Valores extremo 2 y 20 personas (18 personas de diferencia). Media aritmética: $7.92 \approx 8$ personas. Media geométrica: $6.19 \approx 6$ personas. Media armónica: $4.75 \approx 5$ personas. Moda: 12 personas con tres frecuencias. Mediana: 6 y 8 personas; Mediana promedio 7 personas. Los valores oscilan entre 5 y 8 personas (3 personas de diferencia). Valor más representativo 6 personas.

- Pregunta N° 6: Contratante frecuente. Muestra la tendencia o preferencia por uno o ambos tipos de contratante. Las preferencias por uno u otro de los proveedores son cercanas, mientras que el porcentaje (15%) de los que tienen igual frecuencia de contratación es bajo. Ver Tabla 39 y Gráfico 3, a continuación.

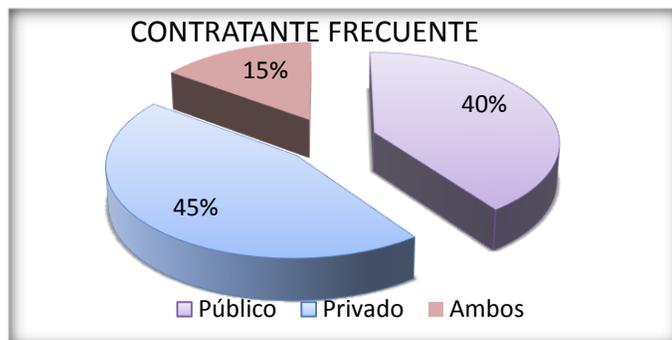
Tabla 39. Análisis de la pregunta número 6. Contratante frecuente.

6		Tipo de contratante	Total
---	--	---------------------	-------

	Público	Privado	Ambos	
Frecuencia	8	9	3	20
Porcentaje	40%	45%	15%	100%

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3. Porcentajes de los tipos de contratante frecuente.



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 7: Experiencia general. Verifica la primera aproximación de la edad y da peso a los datos suministrados¹⁴⁵. La Tabla 40 muestra los datos obtenidos, la Tabla 41 ordena los datos en intervalos de 5 años y muestra los porcentajes correspondientes a sus frecuencias, tales porcentajes también se ilustran en el Gráfico 4.

Tabla 40. Respuestas a la pregunta N° 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
25	18	30	10	10	31	4	21	3	22	5	4	6	12	31	4	7	30	3	37

Fuente: elaboración propia.

Tabla 41. Análisis de la pregunta número 7. Experiencia general.

7	Experiencia general (años)							Total
	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	>31	
Frecuencia	6	4	1	1	3	2	3	20
Porcentaje	30%	20%	5%	5%	15%	10%	15%	100%

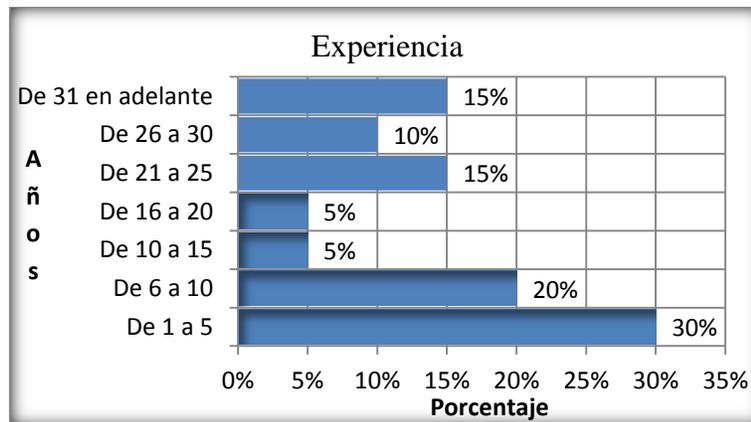
Fuente: elaboración propia.

¹⁴⁵ Entendiendo experiencia general, el tiempo desde el cual la persona posee matrícula profesional.

La anterior tabulación muestra (entre otros datos) que el 15% de los encuestados posee una experiencia general mayor de 31 años. Valores extremos: 3 y 37 años (34 años de diferencia). Veamos las tendencias centrales: Media aritmética: $15.65 \approx 16$ años. Media geométrica: $11.2 \approx 11$ años. Media armónica: $= 7.82 \approx 8$ personas. Moda: 4 años, con tres frecuencias. Mediana: 10 y 12 años; Mediana promedio: 11 años.

El rango de valores característicos es 4 y 16 (12 años de diferencia). El valor más central es 12 años de experiencia.

Gráfico 4. Años de experiencia general.



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 8: Profesión. Identifica a la persona por su profesión, se tienen 3 opciones: ingeniero civil, arquitecto y constructor¹⁴⁶. En la tabla siguiente se muestran los valores y porcentajes (Ver Tabla 42), ilustrados en el Gráfico 5. Siguen a continuación.

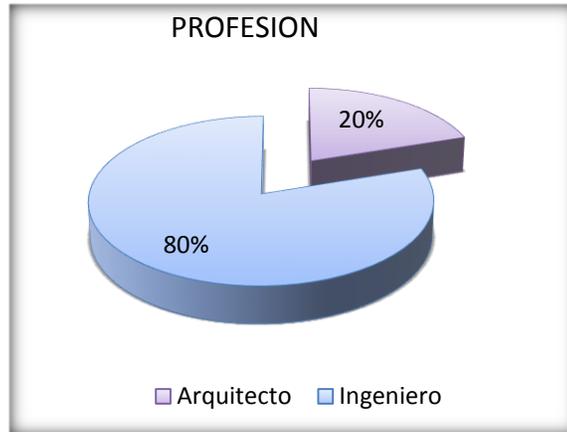
Tabla 42. Análisis de la pregunta número 8. Profesión.

8	Profesión			Total
	Arquitecto	Ingeniero civil	Constructor	
Frecuencia	4	16	0	20
Porcentaje	20%	80%	0%	100%

Fuente: elaboración propia.

¹⁴⁶ Profesiones requeridas para el ejercicio de la supervisión técnica por la NSR-10.

Gráfico 5. Distribución porcentual de las profesiones



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 9: Actividad actual. Muestra la actividad que realiza la persona, Ver

Tabla 43, y, abajo.

Tabla 43. Análisis de la pregunta número 9. Actividad actual.

9	Actividades				Total
	Asesoría	Diseño	Construcción	Interventoría	
Frecuencia	2 – 8	1 - 9	3 – 12	3 - 7	9 – 36
Porcentaje Absoluto	22.2%	25%	33.3%	19.4%	100%
Porcentaje Relativo ¹⁴⁷	10% - 40%	5% - 45%	15% - 60%	15 - 35%	45% - 180%

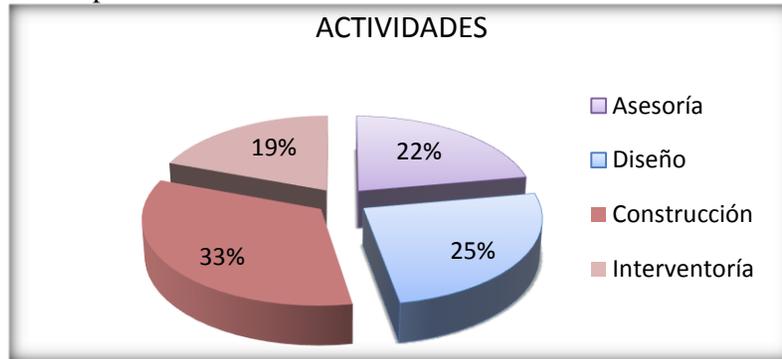
Fuente: elaboración propia.

La anterior tabla muestra la los resultados de la actividad de los encuestados. Los datos señalan (para la columna Construcción): 3 personas se dedican únicamente a esta actividad (15% de los 20 encuestados), 12 personas realizan esta actividad y además realizan otras actividades (60%). El porcentaje representativo de esta actividad es 33.3% del total de respuestas (36). Ver Gráfico 6. Distribución porcentual de las actividades. Los valores de la columna totales representan: 9 personas que se dedican solamente a una de las actividades listadas 45%, 36 personas¹⁴⁸ equivalente al 180% de 20.

¹⁴⁷ Se toma como base a los 20 encuestados.

¹⁴⁸ Asumiendo las respuestas de cada persona como independiente.

Gráfico 6. Distribución porcentual de las actividades.



Fuente: elaboración propia.

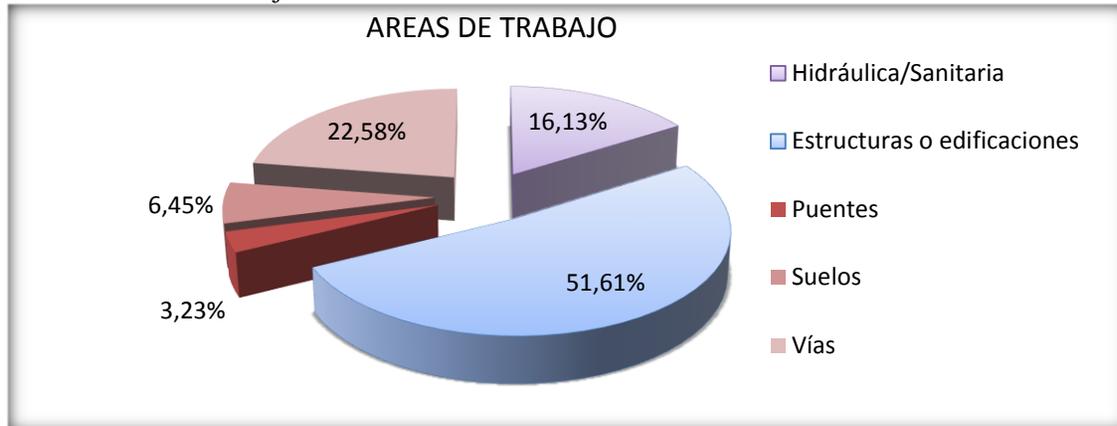
- Pregunta N° 10: Área que maneja. Muestra el área de especialidad o de mejor desempeño de los encuestados. La Tabla 44 muestra en la columna de las frecuencias, dos valores, el primero indica la cantidad de personas que solamente se desenvuelven en el área seleccionada; el segundo, dice la cantidad de personas que trabajan en esa área además de otra(s).

Tabla 44. Análisis de la pregunta número 10. Área que maneja.

10	Área	Frecuencia	Porcentaje Absoluto	Porcentaje Relativo
a.	Hidráulica/Sanitaria	2 - 5	16.13%	10% - 25%
b.	Estructuras o edificaciones	9 - 16	51.61%	45% - 85%
c.	Puentes	0 - 1	3.23%	0% - 5%
d.	Suelos	0 - 2	6.45%	0% - 10%
e.	Vías	2 - 7	22.58%	10% - 35%
Total		13 - 31	100%	65% - 160%

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 7. Áreas de trabajo.



Fuente: elaboración propia.

De la tabla y el gráfico anteriores, puede observarse que las áreas más laboradas son: Estructuras o edificaciones¹⁴⁹ (51.61%) y vías. Homólogamente a los datos de la pregunta anterior (para la fila de Estructuras o edificaciones), 9 personas laboran únicamente en esta área (45%), 16 personas se desempeñan en esta área y otra(s) adicional(es) (85%). El porcentaje representativo de esta actividad es 51.61% del total de respuestas (31).

- Pregunta N° 11: Biblioteca de consulta. Averigua quienes poseen material de consulta relacionados con los temas estudiados. Ver Tabla 45, y, a continuación.

Tabla 45. Análisis de la pregunta número 11. Biblioteca de consulta.

11	¿Posee biblioteca?		Total
	Si	No	
Frecuencia	14	6	20
Porcentaje	70%	30%	100%

Fuente: elaboración propia.

¹⁴⁹ Es lógico sabiendo que la encuesta fue dirigida a esta área.

- Pregunta N° 12: Material bibliográfico. Muestra los tipos de material más usados por el encuestado. Sirve para verificar la respuesta de la pregunta anterior. La Tabla 46 (adelante) muestra las ocurrencias y porcentajes resultantes de este interrogante.

Tabla 46. Análisis de la pregunta número 12. Material bibliográfico.

12	Tipo de material	Frecuencia	Porcentaje
a.	La NSR-10	16	20,25%
b.	Normas NTC	10	12,66%
c.	Revistas técnicas	13	16,46%
d.	Catálogos de productos	14	17,72%
e.	Teoría del concreto	11	13,92%
f.	Normas extranjeras	4	5,06%
g.	Manuales	10	12,66%
h.	Otro	1	1,27%
Total		68	100%

Fuente: elaboración propia.

De esta manera puede decirse que el 20.25% posee la NSR-10, el 17.72% posee catálogos de productos, 16.46% posee revistas técnicas y así sucesivamente siendo estos los tres más usados.

- Pregunta N° 13: Conocimiento y consulta de la NSR-10. Busca conocer si la persona usa este material normativo, siendo 90% positivo. Ver Tabla 47 que sigue a continuación.

Tabla 47. Análisis de la pregunta número 13. Conocimiento y consulta de la NSR

13	¿Conoce y consulta la NSR-10?		Total
	Si	No	
Frecuencia	18	2	20
Porcentaje	90%	10%	100%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 14: Frecuencia de consulta de la NSR-10. Está directamente relacionada con la anterior, brinda una apreciación del conocimiento de los requerimientos, así el 75% de los encuestados consulta la norma frecuencia (Siempre y a veces), lo que es un estimativo cualitativo de la fidelidad de los datos. Ver Tabla 48 abajo.

Tabla 48. Análisis de la pregunta número 14. Frecuencia de consulta de la NSR-10

14	Frecuencia de consulta	Frecuencia	Porcentaje
a.	Siempre	5	25%
b.	A veces	10	50%
c.	Casi nunca	3	15%
d.	Nunca	2	10%
Total		20	% 100

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 15: Cambios en la NSR. Al igual que la pregunta anterior, esta da una visión del nivel de profundidad del conocimiento de la norma. Los resultados reflejan un balance 50-50. Ver Tabla 49 adelante.

Tabla 49. Análisis de la pregunta número 15. Cambios en la NSR-10

15	¿Identifica cambios en la NSR-10?		Total
	Si	No	
Frecuencia	10	10	20
Porcentaje	50%	50%	100%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 16: Uso de formatos en la supervisión. Refleja la tendencia a usar formatos los cuales son un inicio para la programación del control de calidad y una vía para la certificación. La Tabla 50 entrega los resultados con un 90% para la respuesta positiva.

Tabla 50. Análisis de la pregunta número 16. Uso de formatos en la supervisión.

16	¿Usa formatos en la supervisión?		Total
	Si	No	
Frecuencia	18	2	20
Porcentaje	90%	10%	100%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 17: Diseño de formatos. Una persona que diseña sus propios insumos para control de un proceso, muestra el conocimiento que posee de las actividades, sus requerimientos y prevé los errores que pueden presentarse; razón por la cual se realizó esta pregunta. La Tabla 51 refleja que las dos terceras partes de las personas que manejan formatos para agilizar u organizar la labor de supervisión técnica, diseñaron sus propios formatos, Ver siguiente.

Tabla 51. Análisis de la pregunta número 17. Diseño de formatos.

17	¿Diseñó usted estos formatos?		Total
	Si	No	
Frecuencia	12	6	18
Porcentaje	66.66%	33.33%	100%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 18: Formatos más usados. Los resultados de esta pregunta muestran los tipos de formatos más usados, así, después de la bitácora de supervisión (30.36%), le siguen en su orden, las listas de chequeo (Check list) con 21.43% y las tablas con 14.29%. para los otros resultados ver Tabla 52, que muestra los datos ordenados y sigue a continuación.

Tabla 52. Análisis de la pregunta número 18. Formatos más usados.

	Formatos	Frecuencia	Porcentaje
e.	Bitácora de Supervisión	17	30,36%
a.	Listas de chequeo	12	21,43%
d.	Tablas	8	14,29%
f.	Control de documentación	7	12,50%
c.	Organigramas	6	10,71%
b.	Diagramas de flujo	5	8,93%
g.	Otro. (Cronograma y control de costos)	1	1,79%
Total		56	100%

Fuente: elaboración propia.

Cabe anotar que la bitácora de supervisión no es un formato, es un documento requerido por la NSR-10, en el cual se deja constancia de los eventos registrados a diario en la obra, sin embargo puede verse que de las 18 personas que manifestaron usar formatos, solo una no utiliza este documento.

- Pregunta N° 19: Servicio de supervisión. Permite ver si la experiencia en supervisión técnica es directa o indirecta. Los resultados exponen un 80% de personas que han realizado y/o se dedican a esta función, el 20% (excedente) de los encuestados presta (O ha prestado) ambos servicios. Ver Tabla 53 debajo.

Tabla 53. Análisis de la pregunta número 19. Servicios de supervisión.

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Residencia de obra	8	40%
Supervisión técnica	16	80%
Total	24	120%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 20: Presencia en obra. Se desprende de la pregunta inmediatamente anterior. Determina si la persona realiza esta labor personalmente o si la delega en un subalterno (Esta pregunta además sirve como enlace introductorio para la pregunta N°23). La Tabla 54 muestra que un 75% de las personas que ejecutan supervisión técnica, la realizan personalmente; por ende puede inferirse que: el 25% restante la delega.

Tabla 54. Análisis de la pregunta número 20. Presencia en obra.

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Residencia de obra	7	35%
Supervisión técnica	15	75%
Total	22	110%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 21: Servicios de ensayos de laboratorio. Mediante este interrogante se pretendía conocer si la persona (natural o jurídica), presta los servicios para ensayos o si los subcontrata. El 90% de las encuestas dieron una respuesta positiva para la subcontratación. Ver Tabla 55 a continuación.

Tabla 55. Análisis de la pregunta número 21. Servicios de ensayos de laboratorio.

21	¿Subcontrata servicios de laboratorio?		Total
	Si	No	
Frecuencia	18	2	20
Porcentaje	90%	10%	100%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 22: Metodología de supervisión. Se tienen dos opciones programa de control o calidad certificada. Los resultados son 60% y 40% respectivamente. Ver Tabla 56, y, siguiente.

Tabla 56. Análisis de la pregunta número 22. Metodología de supervisión.

22	Metodología	Frecuencia	Porcentaje
a.	Programa de Control de Calidad	9	60%
b.	Control de Calidad Certificada	6	40%
Total		15	100%

Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 23: Calificación general de personas delegadas. Mediante esta pregunta se intenta dar una valoración cuantitativa, al desempeño (en términos generales) de las personas a quienes los encuestados les delegaron la función de supervisión técnica. La Tabla 57 tiene las respuestas a esta pregunta, La Tabla 58 y distribuye las frecuencias en intervalos de 2 puntos, ambas siguen adelante.

Tabla 57. Respuestas a la pregunta N° 23

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	8	10	7	9	8	4	8.5	7	8	8	9	6	8	8	8

Fuente: elaboración propia.

Tabla 58. Análisis de la pregunta número 23. Calificación general de personas delegadas.

23	Calificación general					Total
	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	
Frecuencia	0	1	1	10	4	16
Porcentaje	0%	6.25%	6.25%	62.5%	25%	100%

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior podemos ver que el 87.5% de los encuestados parece estar satisfecho con sus auxiliares y/o subalternos (calificación por encima de 6, equivalente a la suma de las dos últimas columnas). Veamos las variables estadísticas: Valores extremos = 4 y 10 (Diferencia: 6 puntos). Media aritmética: 7,73. Media geométrica: 7.59. Media armónica: = 7,41. Moda: 8, con ocho ocurrencias. Mediana: 8. Valores que fluctúan de 7.41 a 8 puntos (Diferencia: 0.59 puntos). Valor más representativo = 8

- Pregunta N° 24-a: Calificación del ámbito social, profesional y ético, de las personas delegadas. Al igual que la pregunta anterior, se intenta dar una valoración cuantitativa, al desempeño de personas a quienes se les delegó la función de supervisión técnica, pero en los aspectos mencionados. La Tabla 59, tiene las respuestas del aspecto social, la Tabla 60 tiene las respuestas del aspecto profesional y la Tabla 61 tiene las respuestas del aspecto ético. La Tabla 62. Análisis de la pregunta número 24. Calificación de ámbitos de personas delegadas. (Ver al final) distribuye las frecuencias en intervalos de 2 puntos, al tiempo que hace un paralelo con los otros dos ámbitos.

Tabla 59. Respuestas a la pregunta 24-a. Aspecto social.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10	8	8	5	9	5	9	6	9	9	8	9	4	8	9	8	7

Fuente: elaboración propia.

Valores extremo: 4 y 10 puntos (Diferencia: 6 puntos). Media aritmética: 7,71. Media geométrica: 7.49. Media armónica: = 7,23. Moda: 9, con seis ocurrencias. Mediana: 8. Las medidas de tendencia giran alrededor de 7.23 y 9 (1.77 puntos). Valor más representativo 8.

Tabla 60. Respuestas a la pregunta 24-b. Aspecto profesional.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
8	8.5	10	9	8	9	9	8	8	10	8	9	4	8	9	8	9

Fuente: elaboración propia.

Valores extremo: 4 y 10 puntos (Diferencia: 6 puntos). Media aritmética: 8.34. Media geométrica: 8.23. Media armónica: = 8.03. Moda: 8, con siete frecuencias. Mediana: 8.5. Las medidas de tendencia giran alrededor de 8.03 y 8.5 (0.47 puntos). Valor más representativo 8.23.

Tabla 61. Respuestas a la pregunta 24-c. Aspecto ético.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10	10	10	8	9	6	10	5	6	10	7	9	10	8	9	10	8

Fuente: elaboración propia.

Valores extremo: 5 y 10 puntos (Diferencia: 5 puntos). Media aritmética: 8.53. Media geométrica: 8.35. Media armónica: = 8.15. Moda: 10, con siete ocurrencias. Mediana: 9. Las medidas de tendencia giran alrededor de 8.15 y 10 (1.85 puntos). Valor más representativo 9.

Si hallamos el promedio de calificación de los aspectos anteriores (8.41) y lo comparamos con el valor más representativo de la pregunta 23, obtenemos la conclusión que¹⁵⁰ los encuestados tienden a calificar mejor a sus subalternos o delegados cuando se separan los aspectos a evaluar (pregunta 24).

Tabla 62. Análisis de la pregunta número 24. Calificación de ámbitos de personas delegadas.

24	a. Calificación aspecto social					Totales
	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	
Frecuencia	0	1	3	6	7	17
Porcentaje	0%	5.88%	17.65%	35.29%	41.18%	100%
	b. Calificación aspecto Profesional					
Frecuencia	0	1	0	7	9	17
Porcentaje	0%	5.88%	0%	41.88%	52.94%	100%
	c. Calificación aspecto ético					
Frecuencia	0	0	3	4	10	17
Porcentaje	0%	0%	17.65%	23.53%	58.82%	100%

Fuente: elaboración propia.

Otra conclusión puede notarse es que el promedio del aspecto ético, es mayor que el promedio del aspecto profesional y este a su vez mayor que el promedio del aspecto social. Valores que no están muy lejanos entre si y que representan la formación inculcada en nuestra alma mater y otras universidades. En la tabla anterior se ratifica la última conclusión, por ejemplo la columna de puntajes de 8 a 10 lleva este orden; para las otras columnas no puede verse tan fácilmente, sin embargo hay

¹⁵⁰ Puede apreciarse evaluando las respuestas de estas dos preguntas (23 y el promedio de la 24) en cada encuestado.

que tener en cuenta que los porcentajes resultantes del aspecto ético están sobre los intervalos de calificación superior.

- Pregunta N° 25: Requisito de mayor énfasis. Este interrogante comprende un elemento de los objetivos del proyecto; con él, se pretende conocer el requisito de control sobre la cual los supervisores hacen mayor énfasis. Ver Tabla 63 adelante.

Tabla 63. Análisis de la pregunta número 25. Requisito de mayor énfasis.

25	¿Sobre cuál de los siguientes requisitos ejerce usted mayor énfasis?	Frecuencia.	% Individual	% General
a.	Planos y especificaciones	2 - 17	10% - 85%	30.9%
b.	Control de materiales	1 - 13	5.0% - 65%	23.63%
c.	Ensayos	0 - 9	0% - 45%	16.36%
d.	Sistemas, procesos constructivos y mano de obra	0 - 16	0% - 80%	29.09%
Total		3 - 55	15% - 295%	100%
e.	Todas las anteriores ¹⁵¹	6	30%	10.9%

Fuente: Los autores.

Los datos anteriores revelan que 2 de los encuestados (10%), hacen mayor énfasis¹⁵² sobre los planos y especificaciones, 17 de los encuestados (85%) realiza tal énfasis sobre este y otro(s), requisito El requisito al cual se le da mayor énfasis por parte de los encuestados es el de planos y especificaciones, y le sigue la mano de obra, sistemas y procesos constructivos (ejecución) con la mínima diferencia.

Los valores (bajos) de frecuencia a la izquierda (2, 1, 0 y 0), en contraste con los valores mayores (17, 13, 9 y 16) dan muestra de la tendencia de ejercer hincapié sobre el mayor número de controles posible (los más críticos).

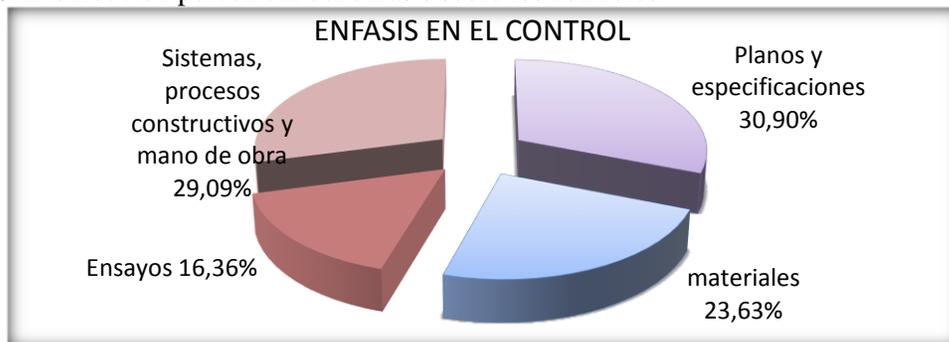
¹⁵¹ Esta opción se dedujo del conteo de las respuestas. No se encuentra en el formulario.

¹⁵² Sin que esto quiera decir que se dejan los otros sin control.

El 30% de los encuestados (6 personas) ejerce un control parejo (casi la tercera parte). Análogamente 10.9% del total de respuestas.

De la tabla puede observarse los porcentajes representativos (porcentaje general) que se ilustran en el Gráfico 8 (siguiente).

Gráfico 8. Distribución porcentual del énfasis sobre los controles.



Fuente: Elaboración propia.

- Pregunta N° 26: Experiencia específica. Como se mencionó anteriormente. Esta pregunta da mayor peso a las recomendaciones ofrecidas en la entrevista y un mayor grado de validez de las respuestas a la encuesta. La Tabla 65 muestra las respuestas a esta pregunta, la Tabla 65 los agrupa en intervalos de 5 años.

Tabla 64. Respuestas a la pregunta 26.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	26	4	5	3	10	2	8	5	1	5	1	2	10	29	1	1	20	1	16

Fuente: elaboración propia.

Tabla 65. Análisis de la pregunta número 26. Experiencia específica.

26	Experiencia específica (años)						Total
	1 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	
Frecuencia	13	3	0	2	0	2	20
Porcentaje	30%	20%	5%	5%	15%	10%	100%

Fuente: elaboración propia.

Valores extremo: 1 y 29 puntos (Diferencia: 28 años). Media aritmética: 8. Media geométrica: 4. Media armónica: = 2. Moda: 1, con cinco frecuencias. Mediana: 5. Las medidas de tendencia giran alrededor de 1 y 8 (7 años de diferencia). Valor más representativo (según los datos): 5 años. Los datos son se encuentran muy dispersos, por lo que el “valor más representativo” no ofrece mayores puntos de comparación.

- Pregunta N° 27: Errores en los planos estructurales. Permite ver cuáles de los elementos de los planos debe mejorarse o verificarse con mayor detenimiento. Ver Tabla 66.

Tabla 66. Análisis de la pregunta número 27. Errores en los planos estructurales.

27	Errores en los planos estructurales	Frecuencia.	Porcentaje
a.	Grado de definición (completos en número y contenido)	10	50%
b.	Definición y consistencia de dimensiones, cotas y niveles,	8	40%
c.	Consistencia entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas,	9	45%
d.	Definición de las calidades de los materiales,	4	20%
e.	Indicación de Cargas de diseño	6	30%
f.	Casos Especiales: obras falsas, procedimientos, aditivos, tolerancias u otros.	5	25%
g.	Coordinación de los planos arquitectónicos con los demás planos técnicos,	15	75%
h.	Indicaciones generales.	2	10%
i.	Otro	0	0%

Fuente: elaboración propia.

Los errores más comunes en los planos estructurales, se centran en la coordinación de estos con los planos arquitectónicos (75%). Le sigue en su orden, el grado de definición de los (50%) y la consistencia entre plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas (45%).

- Pregunta N° 28: Fuentes de resultados adversos en los ensayos. Los resultados muestran una paridad entre la mano de obra y la manipulación de las muestras¹⁵³ (38.1% para cada uno). Ver Tabla 67 y Gráfico 9, que sigue.

Tabla 67. Análisis de la pregunta número 28. Fuente de resultados adversos en los ensayos.

28	Errores en los ensayos	Frecuencia	Porcentaje
a.	Mano de obra	8	38.1%
b.	Materiales	5	23.8%
c.	Manipulación de las muestras	8	38.1%
d.	Otro	0	0%
	Total	21	%

Fuente: elaboración propia.

Gráfico 9. Distribución porcentual de las fuentes de error en los ensayos.



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta N° 29: Errores en la ejecución. Ver Tabla 68, y, abajo.

¹⁵³ Diferenciamos mano de obra como aquella que realiza el mezclado del concreto.

Tabla 68. Análisis de la pregunta número 29. Errores en la ejecución.

29	¿En cuáles de los siguientes elementos ha encontrado usted más errores en la ejecución?	Frecuencia	Porcentaje
a.	Almacenamiento de materiales.	5	6.25%
b.	Dosificación de las mezclas de concreto y aplicación de aditivos.	12	15.0%
c.	Preparación del equipo y del lugar de colocación del concreto.	6	7.5%
d.	Montaje de cimbras y encofrados.	8	10.0%
e.	Figurado del acero	2	2.5%
f.	Colocación del refuerzo	10	12.5%
g.	Mezclado y transporte del concreto.	4	5.0%
h.	Colocación, vibrado y curado del concreto.	13	16.25%
i.	Cuidados para clima frío y cálido.	6	7.5%
j.	Descimbrado, puntales y reapuntalamiento.	5	6.25%
k.	Colocación de embebidos y anclajes al concreto.	3	3.75%
l.	Trazado de juntas de construcción.	6	7.5%
	Total	80	100%

Fuente: elaboración propia.

Las cuatro actividades en las que se presentan mayores errores son: colocación, vibrado y curado del concreto 16.25%, dosificación de las mezclas y aplicación de aditivos 15%, colocación del refuerzo (12.5%) y por último el montaje de cimbras y encofrados (10%). Estas actividades suman más de la mitad de la labor constructiva 53.75%.

- Pregunta N° 30: Recomendaciones. El tratamiento que se le dio a la pregunta número 30 fue el siguiente: se seleccionaron las recomendaciones más pertinentes y se insertaron en el capítulo que le corresponde en la guía. Las recomendación que se dan con mayor frecuencia es la presencia una persona capacitada durante el mezclado del concreto (in situ).

4.1.10 Elaboración del documento final.

Luego, se agruparon los diferentes componentes del documento para cumplir con los requisitos de elaboración de trabajos escritos y condensar el cuerpo del documento. De igual manera se introdujeron los diferentes elementos a la guía propuesta.

5. RESULTADOS

A continuación se mostraremos los resultados más relevantes resultado de esta investigación:

5.1.1 GENERALES

- El ejercicio de la supervisión técnica de estructuras de concreto reforzado se puede optimizar mediante: la coordinación de todos los recursos que la componen, el correcto seguimiento de cada uno de los ítems de control requeridos en la NSR-10; aplicando los principios de los sistemas integrados de calidad, adecuando las teorías del concreto a la práctica constructiva, para lo cual se hace necesaria una amplia fuente documental en su biblioteca de soporte¹⁵⁴; llevando estricto orden en la documentación y previniendo los errores que se puedan cometer o realizando los correctivos apropiados.
- Los condicionamientos que se deben mejorar con la implementación de la nueva normativa son: Claridad en los registros de Interventoría, los controles en clima frío y cálido, y especial atención en los requisitos de durabilidad del concreto, entre otros.

5.1.2 CONCEPTOS DE LA SUPERVISIÓN TÉCNICA

- La supervisión de las obras es un componente de las funciones administrativas de la Dirección y del Control que implica revisar que el trabajo sea ejecutado tal como se establece en los planos y especificaciones constructivas para contribuir a que se cumplan los objetivos del proyecto.
- El perfil del supervisor no se limita competencias técnicas, sino que se complementa con habilidades interpersonales, y con valores y actitudes positivas. El promedio general de la calificación de los encuestados fue 8,0. Mientras que la calificación por áreas resultó en 8,0 para el aspecto social, 8,23 para el aspecto profesional y 9,0 para el aspecto ético; que muestra un orden ascendente.
- El 40% de los supervisores manifiesta que implementa un sistema de calidad certificada.

¹⁵⁴ El 70% de los encuestados posee una biblioteca de consulta y los tres tipos de material bibliográfico más usados son: La NSR-10, catálogos de productos, y revistas técnicas.

5.1.3 ITEMS DE CONTROL

- El requisito de control sobre el que se ejerce mayor énfasis de planos y especificaciones con 30.9%. y le sigue la ejecución con 29.09 (del que se derivan tres aspectos: sistemas, procesos constructivos y manos de obra), y su componente más crítico radica en la mano de obra; los resultados de la encuesta lo ratifican los resultados de la pregunta N°28 y N°30. Estas conclusiones son coincidentes con las que proporcionan los datos extraídos de la literatura (Ver capítulo 5 de la guía).
- Durante el control de los planos se ha encontrado mayores errores en: la coordinación entre los diferentes planos técnicos (75%). Le sigue en su orden, el grado de definición de los (50%) y la consistencia entre plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas (45%).
- El control sobre planos, especificaciones, materiales, ensayos y ejecución de obra, se puede ejercer correctamente mediante el uso de formatos que hacen que estos se conviertan en variables fáciles de controlar. El 90% de los encuestados usa los formatos, de ellos el 66.6% los diseñó. Los tipos más usados: la bitácora de supervisión 30.36%, listas de chequeo 21.43% y tablas 14.29%.
- Los ensayos de control de calidad arrojaron más resultados adversos debido a: la mano de obra y a la manipulación de las muestras con 38.1% cada uno (76.2%, la suma de ellos).
- Los procedimientos que ofrecen más errores en la ejecución son: colocación, vibrado y curado del concreto 16.25%, dosificación de las mezclas y aplicación de aditivos 15%, colocación del refuerzo (12.5%) y por último el montaje de cimbras y encofrados (10%). Estas actividades suman más de la mitad de la labor constructiva 53.75%.
- Las recomendaciones más frecuentes giran alrededor de la mano de obra.

5.1.4 CAMBIOS EN LA NORMATIVA

En general la normativa nacional aun muestra una gran dependencia de normas extranjeras. Los cambios (y comentarios) más significativos en la normativa¹⁵⁵ (correspondientes a los límites y alcance tema de estudio) son los siguientes:

- Todavía se muestra gran influencia del código ACI 318 – 2002.

¹⁵⁵ De la encuesta se tiene que el 50% identifica los cambios de la norma.

- Se muestran cambios en los requisitos para acero de refuerzo, parrillas, acero galvanizado, alambre corrugado, refuerzo electrosoldado, alambres de acero inoxidable (nuevo), refuerzo lisos (Ver la Guía).
- Cambios sustanciales para los requisitos de durabilidad en general.
- Nuevo Capítulo C.23. Tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto, (anteriormente C.20 - tanques y compartimentos estancos) creado con diferentes elementos recopilados alrededor de la norma (elementos de diseño y construcción) y editados específicamente para ser aplicados en este tipo de estructura.
- El grado de supervisión técnica recomendado ya no depende de la capacidad de disipación de energía.
- El programa de aseguramiento de calidad debe hacerse ahora en los dos grados de supervisión.
- Se prohíbe categóricamente la aplicación de otras normas, sin permiso especial, que no estén numeradas en las Tablas 8, 9 y 10 de la guía, para evitar que se ejecuten diseños o sistemas constructivos que no tengan en cuenta muchos de los aspectos regionales y que pongan en riesgo la vida de las personas.
- Se aumenta el tiempo de sumersión en agua (de 40 a 48 horas), para núcleos extraídos para ensayos de resistencia.
- La NSR-10 no se pronuncia sobre el vibrado del concreto.
- Se aumenta el grado de importancia que se le ha dado a los planos en esta norma.
- Reducción el grado de exigencias respecto de la calidad del agua para la mezcla de concreto.
- No se permite el uso de barras de acero al carbón deformadas y llanas para el refuerzo de concreto y que anteriormente, se usaba solamente en zonas de amenaza sísmica baja.
- Se incluye el uso de barras corrugadas con cabeza, pernos con cabeza y fibras dispersas de acero. Esta última no es común en nuestro país, pero esta inserción abre las puertas para su implementación.
- Los cambios realizados en los requisitos del contenido de aire, para cada tamaño máximo nominal del agregado son en promedio en 80%, aumento para la exposición clase F1 (dando mayor margen de seguridad) y disminución para las exposiciones tipo F2 y F3 (lo cual aleja a estos dos últimos niveles de severidad del F1, resultando en criterios conservadores). Lo cual es justificable gracias a los efectos benéficos de la inclusión de aire en el concreto.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Guía de Supervisión Técnica de Estructuras de concreto, que se presenta en este proyecto, es un inicio de lo que podría llegar a ser un manual completo para el control de la calidad. Los temas: Elementos prefabricados, elementos pre-esforzados, no se trataron como capítulos centrales ni secundarios¹⁵⁶, debido al grado de especialidad necesario para su tratamiento y para no saturar el documento. Algunos temas fueron someramente tratados (ex profeso o no, previendo el cumplimiento de los objetivos trazados). Por lo tanto esta investigación merece ser ampliada por un equipo de trabajo, para obtener un documento más elaborado¹⁵⁷, actualizado al contexto práctico, teórico y a las tecnologías existentes.

También se pueden realizar investigaciones de este tipo para los otros tipos de estructuras, o por qué no en otras ramas de la ingeniería. En este caso se recomienda que se realice la recopilación de problemas de ingeniería y sus respectivas soluciones.

Los interrogantes planteados fueron solucionados gracias a la recolección, organización, resumen y adaptación y edición de la información necesaria y suficiente. Las recomendaciones de profesionales se obtuvieron mediante las herramientas e instrumentos previamente establecidos. Se cumplieron cabalmente los objetivos del mismo, sin embargo existen algunos interrogantes que merecen ser estudiados con más detenimiento, como: la elaboración de diagramas de flujo donde se desglosen los diferentes problemas que se pueden presentar, antes, durante o después del vaciado del concreto, analizar sus causas (con fines de prevención) y la forma en que se pueden solventar si se presentan (con fines de corrección); recopilar más ejemplos de aplicación, formatos de supervisión, entre otros.

El documento presentado como objetivo principal del proyecto, puede confrontarse con los insumos que lo soportan, con esto puede determinarse que: Se encuentra basado en la Norma NSR-10, resume las teorías relacionadas con construcción, control de obras, administración de proyectos, aplicación de sistemas de gestión de calidad, la Tecnología del Concreto y las generalidades de la Supervisión Técnica; ilustra mediante gráficos los diferentes temas que trata, entre otros, todos ellos con los cuales se puede asimilar que corresponde a la tendencia de un manual que, se relaciona con otros que existen en el mercado, como los que pueden verse en la Bibliografía; su diferencia e importancia se halla en que recopila los mejores elementos de las fuentes, resaltándolos. Además los elementos adicionales como las aclaraciones, comentarios, criterios y apreciaciones personales, además las

¹⁵⁶ Sin embargo se incluyen en los requerimientos.

¹⁵⁷ Con tendencia Enciclopedista.

recomendaciones¹⁵⁸ y resultados obtenidos mediante la encuesta/entrevista realizada (y que fueron agregadas al documento), no tienen precedentes directos con los que se pueda comparar ya que los encontrados se basan en la interventoría en general. Se tiene entonces un documento que puede servir de referencia para la lectura, aprendizaje o profundización mediante otros proyectos, con lo cual aumenta la importancia de la investigación.

Las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo del proyecto fueron:

- a) El volumen de información manejada, que debía ser recopilada, leída, seleccionada, resumida, adaptada, comparada, editada y referenciada, fue excesiva; además, la mayoría no cumplía con las características para ser incluida en el proyecto; otra, aun siendo importante, se salía del alcance y objetivos por lo cual fue desechada un gran porcentaje de ella.
- b) Gran parte de la bibliografía era extranjera, de poca confiabilidad y que en ocasiones carecía de bibliografía o de confiabilidad, información fuera del alcance del proyecto, elementos desactualizados, segmentados o incompletos, referencias difíciles de verificar, estudios sin confirmar o de uso institucional, en ocasiones de escasa o nula practicidad.
- c) La mayor parte de los encuestados prefirió no adjuntar información de sus diagramas y modelos de gestión.
- d) La disponibilidad y dedicación diaria fue menor que la proyectada, por lo que se extendió el tiempo total de ejecución.

Durante la recolección de los insumos no se encontraron resultados inesperados. Los resultados de la encuesta muestran igualmente la tendencia esperada. Ahora, Es lógico y pertinente recordar que un mayor número de encuestas reflejaría mejor la realidad, por tanto anotamos como resultados inesperados la baja cantidad de encuestas devueltas; la cooperación de los encuestados no fue la deseada. A pesar de contar con una base de datos de 200 posibles encuestados (ingenieros y arquitectos ¹⁵⁹), entre personas jurídicas y naturales, el número se redujo a 108 luego de la pregunta de filtro (Haber tenido experiencia en supervisión técnica de estructuras de concreto ya sea directamente o como auxiliar, incluyendo dirección o residencia de obra). Luego este bajó a 81, por datos de contacto errados (teléfono o correo electrónico), con este número se esperaba mínimo 50 encuestas y máximo 75 en total, de ellos solamente se obtuvieron 40 (hasta la fecha determinada para la recepción) con los cuales se trabajó en el análisis.

¹⁵⁸La mayoría de las recomendaciones recolectadas, concuerdan (en su objetivo) con aquellas que fueron extraídas de libros, revistas técnicas, páginas web especializadas y de otras fuentes documentales.

¹⁵⁹ No se encuestaron constructores, entendiendo constructores como aquellos que no poseen ninguna de estas profesiones, pero cuya experiencia en el área es amplia, según lo define la NSR-10.

7. BIBLIOGRAFÍA

- (ICONTEC), I. C. (s.f.). *NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS (NTC)*. Norma Técnica.
- 301.S-05., A. C. (Junio de 2008.). *Especificaciones para concreto estructural*. Norma Técnica.
- 318M-08, A. C. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Norma Técnica.
- 355.2-07., A. C. (2007). *Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete*. Norma Técnica.
- 374.1-05., A. C. (2005). *Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing*. Norma Técnica.
- 374.1-05., A. C. (s.f.). *Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing*.
- 5.1-07., A. C. (2007). *Acceptance Criteria for Special Unbonded Post-Tensioned Precast Structural Walls Based on Validation Testing*. Norma Técnica.
- AIS, A. C. (2010). *Normas colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente*. Norma Técnica, Bogotá.
- Ambrose, J., & Parker, H. (2008). *Diseño Simplificado del Concreto Reforzado* (3 ed.). Ciudad de México: Limusa Willey.
- AREVALO., F. T. (2005). *Manual de estructuras Metálicas*. Cartagena: TECNAR.
- ARGOS. (2009). Control de calidad del concreto en obra.
- ASSOCIATION, N. R. (s.f.). *Hormigón. El Concreto en la Práctica. ¿Qué, Por qué y cómo?*. St. Silver Spring.
- Chandias, M. E. (1992). *Introducción a la construcción de edificios*. Buenos Aires, Argentina: Librería y editorial Alsina.
- CONCRETO., I. M. (2000). *Manual para Supervisar obras de concreto*. Ciudad de México: IMCYC. ACI 311-99.
- Emmanuel Roziere, R. C. (2013). *Tensile behaviour of early age concrete: New methods of investigation*. Francia: Elsevier.
- Feld, J. ((1964).). *Lessons from failures of concrete structures*. Detroit: ACI.

- Flores Ortega, M. P., & Fuentes Mejía, R. M. (2008). *IMPORTANCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD EN EMPRESAS DE INGENIERÍA CIVIL DEDICADAS A LA CONSTRUCCIÓN Y LA CONSULTORÍA*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Gonzales Sandoval, F. (2004). *Manual de supervisión de obras de concreto. Segunda Edición*. México: Editorial Limusa.
- Gonzales, O., & Robles, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Cuarta Edición*. México: Cuarta Edición.
- Gutierrez, M. L. (20 de Enero de 1994). *Materiales y procedimientos de construcción de la Escuela Mexicana de Arquitectura de la Universidad la Salle. 1ª edición*. Ciudad de México: Editorial Diana.
- Institute, A. C. (2007). *Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete*. New York: Norma Técnica.
- INTEMAC. (1996). *Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado*. Madrid.
- Jimenez Castro, J. (2007). *Un modelo de gestión basado en la calidad como estrategia de competitividad a partir del análisis de las prácticas de calidad realizadas por las PYMES metalmeccánicas en Cartagena*. Tesis, Cartagena.
- Mari Bermat, A. O. (2002). *Recomendaciones para el proyecto y construcción de placas Macizas de hormigón in situ para forjados*. Barcelona: UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE CATALUÑA.
- MATERIALS, A. S. (s.f.). (ASTM). Norma Técnica.
- Nilson, A. H. (2001). *Diseño de Estructuras de concreto. Ed. 12*. Santa Fe de Bogotá: McGraw Hill.
- Pradhan, B. (2014). *Corrosion behavior of steel reinforcement in concrete exposed to composite chloride-sulfate environment*. India: Elsevier.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (1999). *Diccionario de la Real Academia de la lengua*. Madrid.
- Regino España, L. P. (2010). *Guía de Mejormamiento contínuo para la productividad en la construcción de obras civiles basada en la estrategia de construcción sin pérdidas*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Rondón S.M., C. (2005.). *MANUAL DE ARMADURAS DE REFUERZO PARA HORMIGÓN FABRICACIÓN - INSTALACIÓN – PROTECCIÓN*. La Unión 3070, Renca. Santiago de Chile.: M y M Servicios Gráficos S.A.

- SÍSMICA, A. C. (1998). *Normas colombianas de Diseño y Construcción Sismo-resistente. NSR-98. AIS. Norma Técnica*, Bogotá.
- Solís Carcaño, R. (2004.). *La supervisión de obra. Ingeniería Revista Académica, enero-abril, año/vol. 8, número 001*. Mérida, México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN.
- T.A. Söylev, T. Ö. (2014). *Durability, physical and mechanical properties of fiber-reinforced concretes at low-volume fraction*. Turkia: Elsevier.
- Tchobanoglous, G. (1995). *Guía para el diseño de tanques sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización*. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana.
- Tobón Londoño, F. (2007). *Normas de Calidad: Las normas y el ciudadano contribuyendo con la sociedad. Publicación número 74. Tercera Edición*.
- Urruchurtia, J. V. (s.f.). *Sistemas de Gestión de la Calidad en la Interventoría de Obras civiles, según la norma ISO 9001:2000. Tesis Universidad de Cartagena*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- YONG, J. K., & YUN, W. C. (2010). *Characteristics of self-consolidating concrete using two types of lightweight coarse aggregates*. Publicación: Elsevier.

8. ANEXOS.

ANEXO 1. INFORME FINAL DE SUPERVISIÓN TÉCNICA¹⁶⁰ (NOMBRE DE LA OBRA)

Mediante esta comunicación, se certifica que la obra: _____
_____, ubicada en _____

Etapa _____, con licencia de construcción _____ fue sometida durante la construcción al proceso de supervisión técnica, especificada en el Título I de la NSR-10.

Por tal razón, se manifiesta que la construcción de la estructura y elementos no-estructurales se realizó de acuerdo al nivel de calidad requerido y especificado mediante los siguientes controles:

- *Control de planos:* Se constató la existencia de todos los planos necesarios para la construcción de cada elemento que constituye la estructura.
- *Control de especificaciones:* La construcción se llevo a cabo cumpliendo las especificaciones técnicas contenidas dentro de la Norma para cada uno de los materiales utilizados, además de las especificaciones particulares contenidas en los planos y las emanadas por los diseñadores.
- *Control de materiales:* Se verificó que los materiales utilizados para la construcción cumplieran con los requisitos generales y las normas técnicas de calidad que exigen las NSR-10. Además, se monitoreo constantemente los resultados obtenidos de los mismos.
- *Control de Calidad:* Se realizaron los ensayos a los materiales y productos terminados conforme a lo estipulado en los planos y en la NSR-10.
- *Control de la ejecución:* Se verificó que la obra se ha ejecutado de acuerdo a los planos, especificaciones y requisitos de construcción dados por la NSR-10.
- *Elementos no estructurales:* Se verificó que el grado de desempeño de los elementos no estructurales sea acorde con el grupo de uso que va a tener la edificación y se conservo el criterio de diseño del diseñador de elementos no-estructurales.

Dado en la ciudad de _____, a los _____ (__) días del mes de _____ del año de _____.

Firma y N° Tarjeta Profesional
Supervisor Técnico

Firma y N° Tarjeta Profesional
Director de Obra

¹⁶⁰ Extraído de la NSR-10.

ANEXO 2. CONTROL DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES¹⁶¹

C,1,2	Elemento	Cumple	No Cumple	No aplica	Observaciones/ Valor
a	Se indica el Nombre y fecha de publicación del Reglamento NSR y sus suplementos de acuerdo con los cuales está hecho el diseño.				
b	Muestra la Carga viva y otras cargas utilizadas en el diseño.				
c	La Resistencia especificada a la compresión del concreto a las edades o etapas de construcción establecidas, para las cuales se diseñó cada parte de la estructura está definida.				
d	Indica la Resistencia especificada o tipo de acero del refuerzo.				
e	Dimensiones y localización de todos los elementos estructurales, refuerzo y anclajes.				
f	Enumera precauciones por cambios dimensionales producidos por flujo plástico, retracción y variación de temperatura.				
g	Se muestran las magnitudes y localización de las fuerzas de preesforzado;				
h	Esta identificada la longitud de anclaje del refuerzo y localización y longitud de los empalmes por traslazo.				
i	Indica el Tipo y la localización de los empalmes soldados y mecánicos del refuerzo.				
j	Ubica detalladamente todas las juntas de contracción o expansión especificadas para concreto simple.				
	El nivel de diseño del líquido para cualquier estructura diseñada para contener líquidos;				
k	Muestra la Resistencia mínima a compresión del concreto en el momento de postensar.				
	Secuencia de tensionamiento de los tendones de postensado;				
l	Indica la Secuencia de tensionamiento de los tendones de postensado.				
	Presión de gas de diseño para los elementos estructurales que se vean sometidos a gas o líquido a presión;				
m	Indica si la(s) losa(s) sobre el terreno se ha(n) diseñado como diafragma estructural.				
n	Propiedades del concreto y sus componentes incluyendo el tipo de cemento, la relación agua-material cementante, y si se permiten adiciones, aditivos y puzolanas. Clase de exposición.				
o	Requisitos adicionales tales como limitaciones a la retracción de fraguado permisible.				
p	Requisitos para ensayar la impermeabilidad y estanqueidad antes de que se realicen los rellenos aledaños				

¹⁶¹ Elaboración propia. Datos NSR-10.

ANEXO 3. VERIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE PLANOS¹⁶²

Nº	Ítem	Cumple	No Cumple	NA/Valor
1	Grado de definición (completos o incompletos)			
2	Definición de dimensiones, cotas y niveles,			
3	Consistencia entre las dimensiones, cotas y niveles,			
4	Consistencia entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas,			
5	Adecuada definición de las calidades de los materiales,			
6	Cargas de diseño debidamente estipuladas,			
7	En casos especiales, instrucciones sobre obra falsa, procedimientos de control de la colocación del concreto, procedimientos de descimbrado, colocación del concreto, aditivos, tolerancias dimensionales, niveles de tensionamiento.			
8	Coordinación de los planos arquitectónicos con los demás planos técnicos,			
9	Definición en los planos arquitectónicos del grado de desempeño de los elementos no estructurales, y			
10	En general, la existencia de todas las indicaciones necesarias para poder realizar la construcción de una forma adecuada con los planos del proyecto.			

Ítem	Observaciones/ Valor

¹⁶² Elaboración propia. Datos NSR-10.

ANEXO 5. EJEMPLO DE ELEMENTO DEL PROGRAMA DE CONTROL

Forjado reticular, horizontal; canto 30 cm. Recubrimiento 5 cm; concreto fabricado en planta, volumen 0,151 m³/m²; acero, cuantía 22,28 kg/m²; encofrado de madera; nervios "in situ" 10 cm, separación 80 cm; aligerante: bloque de hormigón, para forjado reticular, 70x23x25 cm; malla electrosoldada ME 20x20, Ø 5 mm, acero en capa de compresión; altura libre de planta de hasta 3 m.

FASE 1	Replanteo del encofrado.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
1.1	Geometría del perímetro.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.2	Cotas de apoyo del tablero de fondo.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
1.3	Distancia vertical entre los trazos de nivel de dos plantas consecutivas.	1 cada 250 m ² de forjado	Fuera de las tolerancias entre ejes reales y de replanteo.
1.4	Diferencia entre trazos de nivel de la misma planta.	1 cada 250 m ² de forjado	Fuera de las tolerancias entre ejes reales y de replanteo.
1.5	Replanteo de ejes de vigas.	1 cada 250 m ² de forjado	Fuera de las tolerancias entre ejes reales y de replanteo.

FASE 2	Montaje del encofrado		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
2.1	Planeidad de los tableros.	1 cada 250 m ² de forjado	Variaciones superiores a ±5 mm/m.
2.2	Resistencia y rigidez.	1 cada 250 m ² de forjado	Falta de rigidez y resistencia para soportar sin asientos ni deformaciones perjudiciales las acciones producidas por el hormigonado de la pieza.
2.3	Limpieza.	1 cada 250 m ² de forjado	Presencia de restos en las superficies interiores del encofrado.
2.4	Disposición y características del sistema de apuntalamiento.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
2.5	Estanqueidad.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE 3	Replanteo de la geometría de la planta sobre el encofrado.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
3.1	Geometría de la planta, voladizos y zonas de espesor variable.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.2	Situación de huecos, juntas estructurales y discontinuidades.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
3.3	Disposición de los diferentes elementos que componen el forjado.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE 4	Colocación de las armaduras con separadores homologados.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
4.1	Disposición de las armaduras	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

4.2	Situación de huecos, juntas estructurales y discontinuidades.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
4.3	Disposición de los diferentes elementos que componen el forjado.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE 5	Colocación de las armaduras con separadores homologados.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
5.1	Disposición de las armaduras.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.
5.2	Separación entre armaduras y separación entre cercos.	1 cada 250 m ² de forjado	Variaciones superiores al 10%
5.3	Disposición y longitud de empalmes, solapes y anclajes.	1 en general	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

FASE 6	Vertido y compactación del hormigón.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
6.1	Limpieza y regado de las superficies antes del vertido del hormigón.	1 cada 250 m ² de forjado	Existencia de restos o elementos adheridos a la superficie encofrante que puedan afectar a las características del hormigón.
6.2	Canto total del forjado.	1 cada 250 m ² de forjado	Inferior a 30 = 25+5 cm.
6.3	Condiciones de vertido del hormigón.	1 cada 250 m ² de forjado	Consistencia de la amasada en el momento de la descarga distinta de la especificada en el proyecto o que presente principio de fraguado. Amasadas a las que se ha añadido agua u otra sustancia nociva no prevista en el proyecto.
6.4	Situación de juntas estructurales.	1 cada 250 m ² de forjado	Falta de independencia de los elementos en juntas estructurales.
6.5	Juntas de retracción, para hormigonado continuado.	1 cada 250 m ² de forjado	Separación superior a 16 m, en cualquier dirección.

FASE 6	Reglado y nivelación de la capa de compresión.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Espesor.	1 cada 250 m ² de forjado	Variaciones superiores a 10 mm por exceso o 5 mm por defecto.
7.2	Planeidad.	1 cada 250 m ² de forjado	Variaciones superiores a ±20 mm, medidas con regla de 2 m.

FASE 7	Curado del hormigón.		
	Verificaciones	Nº de controles	Criterios de rechazo
7.1	Método aplicado, tiempo de curado y protección de superficies.	1 cada 250 m ² de forjado	Diferencias respecto a las especificaciones de proyecto.

ANEXO 6. LISTA DE VERIFICACIÓN CIMBRAS/ACERO DE REFUERZO¹⁶⁴

Fecha dd/mm/aa

SUPERVISIÓN DEL ACERO DEL REFUERZO

Nº	Ítem	Si	No	NA/Valor
1	Los planos utilizados para revisión son los definitivos:			
2	Tipo de varillas:			
3	Cantidad:			
4	Línea:			
5	Grado especificado:			
6	Correcto:			
7	Certificación del fabricante/verificado:			
8	Tamaño de varilla para el plano aprobado:			
9	Espaciamiento horizontal dentro de la tolerancia			
10	Espaciamiento vertical dentro de la tolerancia			
11	Se contaron las varillas verticales			
12	¿Alguna omisión?			
13	¿Corregido?			
14	¿Se contaron las varillas horizontales?			
15	¿Alguna omisión?			
16	¿Corregido?			
17	¿Traslapes corregidos?			
18	¿Traslapes especificados?	cm	diam	
19	¿Sistema de soportes (silletas o bloques) correcto?			
20	¿Traslape de apropiada longitud y localización?			
21	Recubrimiento epoxi:			
22	Varillas derechas (sin doblez o enroscada)			
23	Limpias y atadas			
24	¿Separación desde la cimbra/terreno tal como se especificó?			
25	Varillas desalineadas después del cortado			
26	¿Espigas apropiadamente colocadas?			
27	¿Amarradas?			

SUPERVISIÓN DE LA CIMBRA

Nº	Ítem	Si	No	NA/Valor
28	Sub-base aprobada por el ingeniero:			
29	Cimbra en buen estado			
30	Ancho			
31	Profundidad			
32	¿Dentro de la tolerancia?			
33	Limpia:			
34	Aceitada:			
35	Hermética:			
36	Aberturas:			
37	Remoción del suelo suelto:			
38	Agua y desperdicios removidos			
39	No Varillas apoyadas apropiadamente:			
40	Juntas localizadas apropiadamente			
41	Ahogamientos correctos:			

Ítem	OBSERVACIONES:

¹⁶⁴ Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 7. REPORTE DE LA SUPERVISIÓN DEL ACERO DE REFUERZO/CIMBRA¹⁶⁵

Proyecto: _____ Reporte #: _____ Página ___ de: _____

Cliente: _____ Fecha de Supervisión: _____

Lugar: _____

Plano #: _____ Fecha de Aprobación: _____

Localización exacta en el plano: _____

Tipo de colado: Muros _____ Zapatas _____ Losa _____ Otros _____

Acción correctiva: Si _____ No _____

Tipo de acción necesaria: _____

Colado aprobado: Si _____ No _____ (Explicar en observaciones) NA: _____

Observaciones: _____

Trabajo aprobado (excepto en lo anotado anteriormente) Si _____ No _____ NA _____

¿Algún escrito? Si _____ No _____ NA _____

Tiempo: ½ Día _____ Todo el Día _____ Tiempo extra (horas) Autorizado por: _____

Nombre del supervisor (sello)

Firma del supervisor

Certificación #

Firma del cliente: _____ Por: _____

Empresa

¹⁶⁵ Adaptado y editado de: (CONCRETO., 2000).

ANEXO 9. MODELO DE REPORTE DE NO CONFORMIDAD.

Reporte N° 20-1.¹⁶⁷

Proyecto: Bodegas Dienes y Cia S.A.

Cliente: Klaus Dienes Heinrich.

Constructor: Mejía Villegas Constructores.

Lugar: Cra. 56 N° 02-232 Sector Cospique - Mamonal Vía a Pasacaballos Cartagena.

Página 1 de: 2

Fecha: 10 de agosto de 2013

Inconformidad: Superficie endurecida No aceptada en la 4ª hilera de placas.

Descripción:

Durante la inspección realizada a la superficie endurecida de la placa fundida el día anterior luego de haber cambiado el producto Rocktop F, usando una proporción de 6 Kg/m², se encuentra que desaparecen las porosidades sin embargo aparece una nueva problemática:

1. Manchas y Vetas de sangrado.
2. Empozamientos de agua.
3. Fisuración y agrietamiento.
4. Aislamientos entre la capa endurecida y el concreto
5. Descascaramiento en el borde.

Posibles Causas.

1. Tardanza en la aplicación del producto, por llegada tardía del personal de pulido.
2. Aplicación No uniforme del producto.
3. Falta de apisonamiento con el tambor y quemado.
4. Excesiva velocidad de rotación del helicóptero.
5. Concreto con baja trabajabilidad, interventoría prohíbe la aplicación de agua al concreto que no sea para curado¹⁶⁸, ya que en este producto si se permite el curado con agua.
6. Proporción de la Ficha técnica no acorde con el uso práctica común del producto.
7. Producto vencido.
8. Lote de Producto de mala calidad.

Acciones Preventivas:

1. Coordinar la asistencia puntual del personal antes del inicio de la fundida.
2. Nivelar e impregnar la superficie luego de la aplicación del producto, según indicaciones de la ficha técnica.
3. Aumentar las tandas de apisonamiento.
4. Controlar la velocidad de rotación y el desplazamiento del helicóptero sobre la superficie.
5. Notificar al proveedor al respecto.
6. Mantener la proporción mínima sugerida por la ficha técnica.
7. Se revisa la fecha de vencimiento inmediatamente y no se encuentra inconformidad, se recomienda verificar bolsa por bolsa antes de la aplicación.
8. Solicitar Certificado al proveedor.

Adicionalmente se recomienda:

1. Realizar capacitación al personal por parte de un asesor técnico de Toxement o en su defecto presencia del mismo durante los trabajos.
2. Interventoría hará supervisión permanente hasta la finalización de la actividad, para revisar el trabajo de pulido del piso.

Acciones Correctivas: Por definir

Realizado: No

Aprobado: No

¹⁶⁷ Reporte N° 20. 10 de agosto de 2013. Elaboró: José Palomino.

¹⁶⁸ La aplicación de agua al concreto para mejorar las propiedades de manejabilidad y/o trabajabilidad conlleva a la pérdida de resistencia.

Registro fotográfico



ANEXO 10. COMPARACION NORMATIVA ENTRE LA NSR-98 Y LA NSR-10, REFERENTE A LA SUPERVISIÓN TÉCNICA

La presente es una revisión comparativa de los cambios del Título I NSR-10, Respecto de la NSR-98 y sus referencias (para estructuras de concreto Títulos A y C, Normas NTC, ASTM y otras)¹⁶⁹; contiene comentarios¹⁷⁰, notas aclaratorias, direccionamientos hacia otras referencias, donde se puede hallar más (o mejor) información. Obteniendo así, un documento que contiene ambas normas, y que muestra solamente los incisos referentes a la Supervisión técnica, cumpliendo con el alcance trazado.

Para diferenciar la comparación se enmarcó dentro de un recuadro. Para entender los cambios realizados de la norma NSR-10 respecto de la NSR-98 se tienen las siguientes convenciones en el texto:

Negro: Texto que no fue modificado.

Azul: Texto que fue insertado (nuevo) en la NSR-10 (No se encuentra en la NSR-98).

Rojo: Texto que fue suprimido de la NSR-98 (No se encuentra en la NSR-10).

Verde: El color Verde reemplaza al Negro cuando la frase inicial solamente fue movida dentro del mismo párrafo conservando la idea original. Ver el ejemplo 1. En el ejemplo 2 se muestra cuando solamente fue movida una parte de la frase dentro del párrafo.

Para leer la NSR-98:

Leer el texto en Negro (o Verde) más el texto en Rojo ignorando el texto en Azul.

Para leer la NSR-10:

Leer el texto en Negro (o Verde) más el texto en Azul ignorando el texto en Rojo.

Ejemplo 1

C.5.11.3.2 — El curado acelerado debe proporcionar en, **la etapa de carga bajo consideración**, una resistencia a la compresión del concreto, **en la etapa de carga considerada**, por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en dicha etapa de carga.

Para leer la NSR-98:

C.5.11.3.2 — El curado acelerado debe proporcionar en, **la etapa de carga bajo consideración**, una resistencia del concreto a la compresión, por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en dicha etapa de carga.

Para leer la NSR-10:

C.5.11.3.2 — El curado acelerado debe proporcionar en una resistencia a la compresión ← del concreto, **en la etapa de carga considerada**, por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en dicha etapa de carga.

Ejemplo 2

C.22.9.4 — Los elementos prefabricados **de concreto simple** deben **estar adecuadamente arriostrados sujetarse y arriostrarse apropiadamente y apoyados** durante **el su** montaje para **asegurar garantizar el su** adecuado alineamiento y **lasu** integridad estructural hasta que **se estén permanentemente conectados a la estructura completen las conexiones permanentes**.

Para leer la NSR-98:

C.22.9.4 — Los elementos prefabricados **de concreto simple** deben **sujetarse y arriostrarse apropiadamente durante su** montaje para **garantizar** adecuado alineamiento y **su** integridad estructural hasta que **estén permanentemente conectados a la estructura**.

¹⁶⁹Mas exactamente los requisitos de las tablas 2, 3, 4 y 5 del presente documento.

¹⁷⁰ Dentro de los comentarios encontramos que: dos elementos que debieron conservarse son: los ejemplos ilustrativos y comentarios de usuarios y realizadores (AIS) para evitar interpretaciones personales.

Para leer la NSR-10:

C.22.9.4 — Los elementos prefabricados deben estar adecuadamente arriostrados y apoyados durante el montaje para asegurar el adecuado alineamiento y la integridad estructural hasta que se completen las conexiones permanentes.

Veamos entonces:

A.1.3.9 — SUPERVISIÓN TÉCNICA — De acuerdo con el Título V de la Ley 400 de 1997, la construcción de estructuras de edificaciones, o unidades constructivas, que tengan más de 3000 m² de área construida, independientemente de su uso, debe someterse a una supervisión técnica realizada de acuerdo con lo establecido en esta sección y en el Título I de este Reglamento.

A.1.3.9.1 — Edificaciones indispensables y de atención a la comunidad — De acuerdo con el Artículo 20 de la Ley 400 de 1997, las edificaciones de los grupos de uso **III** y **IV**, independientemente del área que tengan, deben someterse a una Supervisión Técnica.

A.1.3.9.2 — Edificaciones diseñadas y construidas de acuerdo con el Título E del Reglamento — De acuerdo con el Parágrafo 1° del Artículo 18 de la Ley 400 de 1997, se excluyen de la obligatoriedad de la supervisión técnica, las estructuras que se diseñen y construyan siguiendo las recomendaciones del Título E, siempre y cuando se trate de menos de 15 unidades de vivienda.

A.1.3.9.3 — Supervisión técnica exigida por los diseñadores — De acuerdo con el Parágrafo 2° del Artículo 18 de la Ley 400 de 1997, el diseñador estructural, o el ingeniero geotecnista, de acuerdo con su criterio, pueden requerir supervisión técnica en edificaciones de cualquier área; cuya complejidad, procedimientos constructivos especiales o materiales empleados, la hagan necesaria, consignado este requisito en los planos estructurales o en el estudio geotécnico respectivamente.

A.1.3.9.4 — Idoneidad del supervisor técnico — El supervisor técnico debe ser un profesional, ingeniero civil o arquitecto, que cumpla las cualidades exigidas por el Capítulo V 5° del Título VI de la Ley 400 de 1997 o un constructor en arquitectura e ingeniería según los artículos 3° y 4° de la Ley 1229 de 2008. El profesional, bajo su responsabilidad, puede delegar en personal no profesional, algunas de las labores de la supervisión.

La supervisión técnica corresponde a una parte de la interventoría y puede ser llevada a cabo por un profesional diferente al interventor.

A.1.3.9.5 — Alcance de la supervisión técnica — El alcance de las labores que debe realizar el supervisor técnico están establecidas en el Título I de este Reglamento.

A.1.3.9.6 — Edificaciones donde no se requiere supervisión técnica — En aquellas edificaciones donde no se requiera la supervisión técnica, este hecho no exime al constructor de realizar los controles mínimos de calidad de los materiales que el Reglamento requiere para los diferentes materiales estructurales, ni de llevar registros y controles de las condiciones de cimentación y geotécnicas del proyecto.

C.1.3 — Supervisión técnica

C.1.3.1 — La supervisión técnica de Las construcciones de estructuras de concreto estructural deben ser inspeccionadas es obligatoria de acuerdo con en aquellos casos que lo dispone el Título V, Artículos 18 a 22 de la Ley 400 de 1997; debe llevarse a cabo de acuerdo con lo establecido en el Título I de la NSR-10 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 del presente Reglamento y ajustándose a lo indicado en las Resoluciones emanadas de la “Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes” de acuerdo con lo que prescribe el Artículo 42 de la Ley 400 de 1997 caso en el cual el control de calidad de los materiales empleados en la construcción será responsabilidad del constructor.

C.1.3.2 — El supervisor técnico debe exigir el cumplimiento de los planos y especificaciones de diseño. A menos que se especifique otra cosa en el Título I del Reglamento NSR-10, los registros de supervisión técnica deben incluir: El propietario será el responsable de que lleve a cabo la Supervisión Técnica, de acuerdo con las exigencias del Título I del presente Reglamento.

- (a) Forma de entrega, colocación e informes de ensayos que documenten la cantidad, ubicación de la colocación, ensayos del concreto fresco, resistencia y otros ensayos para todas las clases de mezclas de concreto;
- (b) Colocación y remoción de encofrados, cimbras y apuntalamientos;
- (c) Colocación del refuerzo y anclajes;
- (d) Mezclado, colocación y curado del concreto;
- (e) Secuencia de montaje y conexión de elementos prefabricados¹⁷¹;
- (f) Tensionamiento de los tendones de preesforzado;
- (g) Cualquier carga de construcción significativa aplicada sobre pisos, elementos o muros terminados;
- (h) Avance general de la obra.¹⁷²

C.1.3.3 — Cuando la temperatura ambiente sea menor inferior a que 4°C¹⁷³ 5°C o mayor que 35 °C, debe llevarse un registro de las temperaturas del concreto y de la protección dada que se le dé al concreto durante su colocación y curado.

C.1.3.4 — Los registros de supervisión técnica requeridos en 1.3.2 y 1.3.3 deben ser conservados por supervisor técnico durante plazo fijado por el Título I¹⁷⁴ con posterioridad a la terminación del proyecto.

C.1.3.5 — Para pórticos especiales resistentes a momento de acuerdo con la designación del Capítulo C.21, debe hacerse una supervisión técnica continua de la colocación del refuerzo y del concreto, realizada por un inspector calificado. El inspector debe estar bajo la dirección del supervisor técnico.

TÍTULO I SUPERVISIÓN TÉCNICA

CAPÍTULO I.1 GENERALIDADES

I.1.1 — DEFINICIONES

I.1.2 — OBLIGATORIEDAD DE LA SUPERVISIÓN TÉCNICA

I.1.2.1 — De acuerdo con lo requerido por el Título V de la Ley 400 de 1997 en su Artículo 18, la construcción de la estructura de edificaciones cuya área construida, independientemente de su uso, sea mayor de 3000 m², debe someterse a una supervisión técnica, realizada de acuerdo con los requisitos del Título V de la Ley 400 de 1997 y del Título I del presente Reglamento.

I.1.2.1.1 — Según lo establecido en el Parágrafo 1 del Artículo 18 de la Ley 400 de 1997, se excluyen de la obligatoriedad de la supervisión técnica las estructuras que se diseñen y construyan siguiendo las recomendaciones del Título E del presente Reglamento, siempre y cuando sean menos de 15 unidades de vivienda.

I.1.2.1.2 — El Parágrafo 2 del Artículo 18 de la Ley 400 de 1997, autoriza al diseñador estructural, o al ingeniero geotecnista para exigir, de acuerdo con su criterio, supervisión técnica en edificaciones de cualquier área; cuya complejidad, procedimientos constructivos especiales o materiales empleados, la hagan necesaria, consignado este requisito en los planos estructurales o en el estudio geotécnico respectivamente. En la correspondiente licencia de construcción deberá dejarse explícita esta obligación.

I.1.2.1.3 - En el Parágrafo 3 del Artículo 18 de la Ley 400 de 1997, se establece que el Curador o las oficinas o dependencias Distritales o Municipales, dentro de su jurisdicción y de acuerdo con el alcance y los procedimientos que establezca la

¹⁷¹ También debería existir unas recomendaciones de secuencia de construcción, para elementos fabricados en sitio dadas por el diseñador, cuando la estructura (por su irregularidad) así lo requiera. Evitando que se generen cargas excesivas en la fase constructiva.

¹⁷² Estas inclusiones dan muestra de que era necesario el requisito ya que en muchos casos no se llevan los registros completos, sobre todo la minuta de interventoría.

¹⁷³ Esta reducción en un grado centígrado al límite inferior de temperatura es gracias a los estudios realizados sobre el concreto en clima frío, resultando en un criterio más conservador para la nueva norma. Ver Requisitos para clima frío en el capítulo 5 de la guía.

¹⁷⁴ Por lo menos 5 años según I.2.2.2 del capítulo mencionado.

“Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes” pueden exonerar de la supervisión técnica a aquellas personas, naturales o jurídicas, que demostrando su idoneidad, experiencia y solvencia moral y económica, establezcan sistemas de control de calidad total, bajo la dirección de un ingeniero civil que cumpla los requisitos del Capítulo V del Título VI de la Ley 400 de 1997.

I.1.2.2 — En aquellos casos en que no se requiera supervisión técnica, el Artículo 19 de la Ley 400 de 1997, indica que el constructor tiene la obligación de realizar los controles **mínimos** de calidad **con el alcance exigido por esta que la Ley** y el presente Reglamento, requiere para los diferentes materiales estructurales y elementos no estructurales, **y debe llevar registro escrito donde se consignen los resultados obtenidos.**

I.1.2.3 — De acuerdo con el Artículo 20 de la Ley 400 de 1997, las edificaciones de atención a la comunidad (Grupos de Uso III y IV) independientemente de su área, deben someterse a una supervisión técnica.

I.1.3 — ALCANCE DE LA SUPERVISION TECNICA

I.1.3.1 — El alcance mínimo que debe cubrir la supervisión técnica, así como los controles mínimos exigidos, están definidos en el Capítulo I.2.

I.1.4 — CUALIDADES QUE DEBE TENER EL SUPERVISOR TECNICO

I.1.4.1 — El supervisor técnico debe ser un profesional que reúna las calidades exigidas el capítulo 5 del Título VI de la Ley 400 de 1997 **y en la Ley 1229 de 2008.**

I.1.5 — REGLAMENTACIONES ADICIONALES

I.1.5.1 — **En el capítulo I.4 En el apéndice I.A, que se que se incluye al final del presente título. En él** se indica el procedimiento recomendado para realizar las labores de supervisión técnica¹⁷⁵, y puede servir de guía a quienes las lleven a cabo o a quienes las contraten, mientras la “Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes” las reglamenta según lo dispuesto en la Ley 400 de 1997.

CAPÍTULO I.2 ALCANCE DE LA SUPERVISIÓN TÉCNICA

I.2.1 — GENERAL

I.2.1.1 — Dentro del presente Capítulo se fija el alcance mínimo que debe tener la supervisión técnica y los controles mínimos que deben llevarse a cabo como parte de las labores de supervisión técnica.

I.2.1.2 — La supervisión técnica solo hace referencia a la construcción del sistema estructural de la edificación y a la construcción de los elementos no estructurales cubiertos por el Capítulo A.9 del presente Reglamento.

I.2.2 — DOCUMENTACIÓN DE LAS LABORES DE SUPERVISIÓN TÉCNICA¹⁷⁶

I.2.2.1 — El supervisor técnico deberá llevar un registro escrito de sus labores en donde se incluyen todos los controles realizados de acuerdo con lo exigido en el presente Capítulo. El registro escrito comprende, como mínimo, los siguientes documentos:

- (a) Las especificaciones de construcción y sus adendas¹⁷⁷,
- (b) El programa de control de calidad exigido por el supervisor técnico **de conformidad con esta norma**, debidamente confirmado en su alcance por el propietario y el constructor,
- (c) **Registro fotográfico de la construcción**¹⁷⁸,
- (d) **(c)** Resultados e interpretación de los ensayos de materiales exigidos por este Reglamento, o adicionalmente por el programa de supervisión técnica,

¹⁷⁵ Guía que ha servido como base para la extracción de los elementos de Supervisión Técnica condensados en el presente documento.

¹⁷⁶ Respecto de la correspondencia se ha elaborado un ejemplo gráfico del control de la documentación. Ver Figura 3. **Carpetas organizadoras para la documentación.**

¹⁷⁷ En el cual están incluidos los planos.

¹⁷⁸ Este punto es una práctica sana que se realiza desde mucho antes de su obligatoriedad, gracias al avance de la tecnología.

- (e) (d) Toda la correspondencia derivada de las labores de supervisión técnica, incluyendo: las notificaciones al constructor acerca de las posibles deficiencias en materiales, procedimientos constructivos, equipos y mano de obra; y los correctivos ordenados; las contestaciones, informes acerca de las medidas correctivas tomadas, o descargos del constructor a las notificaciones emanadas del supervisor técnico¹⁷⁹,
- (f) (e) Los conceptos emitidos por los diseñadores a las notificaciones del supervisor técnico o del constructor,
- (g) (f) Todos los demás documentos que por su contenido permitan establecer que la construcción de la estructura de la edificación y/o de los elementos no estructurales cubiertos por este código, se realizó de acuerdo con los requisitos dados en él¹⁸⁰, y
- (h) (g) Una constancia expedida por el supervisor técnico en la cual manifieste inequívocamente que la construcción de la estructura y de los elementos no estructurales cubiertos por este Reglamento, se realizó de acuerdo con el Reglamento y que las medidas correctivas tomadas durante la construcción, si las hubiere, llevaron la estructura al nivel de calidad requerido por el Reglamento. Esta constancia debe ser suscrita además por el constructor y el **propietario titular de la licencia, y debe anexarse a la solicitud de certificado de permiso de ocupación que éste debe solicitar a la terminación de las obras ante la autoridad competente para ejercer el control urbano y posterior de obra.**

I.2.2.2 — El supervisor técnico debe entregar, como culminación de sus labores, una copia **de los planos record de la obra construida y del registro escrito mencionado en I.2.2.1 a la autoridad competente para ejercer control urbano y posterior de obra**, al propietario y al constructor de la estructura y de los elementos no estructurales cubiertos por el Reglamento. El supervisor técnico debe conservar este registro escrito al menos por cinco años contados a partir de la terminación de la construcción y de su entrega al propietario y al constructor.

I.2.2.2.1 — Cuando se trate de edificaciones cubiertas por el régimen de copropiedad, el **titular de la licencia, propietario** a nombre del cual se haya expedido la licencia de construcción, debe hacer entrega de una copia de los documentos de la supervisión técnica a la copropiedad.

I.2.3 — ALCANCE DE LA SUPERVISIÓN TÉCNICA

I.2.3.1 — El alcance de la supervisión técnica debe, como mínimo, cubrir los siguientes aspectos:

- (a) Aprobación de un programa de control de calidad de la construcción de la estructura de la edificación, o de los elementos no estructurales, cuando su grado de desempeño así lo requiera. Este programa de control de calidad debe ser propuesto por el constructor¹⁸¹.
- (b) Aprobación del laboratorio, o laboratorios, que realicen los ensayos de control de calidad.
- (c) Realizar los controles exigidos por el Reglamento para los materiales estructurales empleados, y los indicados en I.2.4.
- (d) Aprobación de los procedimientos constructivos propuestos por el constructor¹⁸².
- (e) Exigir a los diseñadores el complemento o corrección de los planos, cuando estos estén incompletos, indefinidos, o tengan omisiones o errores.
- (f) Solicitar al ingeniero geotecnista las recomendaciones complementarias al estudio geotécnico cuando se encuentren situaciones no previstas en él.
- (g) Mantener actualizado un registro escrito de todas las labores realizadas, de acuerdo con lo establecido en I.2.2.1.
- (h) Velar en todo momento por la obtención de la mejor calidad de la obra.
- (i) Prevenir por escrito al constructor sobre posibles deficiencias en la mano de obra, equipos, procedimientos constructivos y materiales inadecuados y vigilar porque se tomen los correctivos necesarios.
- (j) Recomendar la suspensión de labores de construcción de la estructura cuando el constructor no cumpla o se niegue a cumplir con los planos, especificaciones y controles exigidos, informando, por escrito, a la **autoridades competente para ejercer control urbano y posterior de obra municipales o distritales que expidieron la licencia de construcción.**
- (k) Rechazar las partes de la estructura que no cumplan con los planos y especificaciones.
- (l) Ordenar los estudios necesarios para evaluar la seguridad de la parte o partes afectadas y ordenar las medidas correctivas correspondientes, supervisando los trabajos de reparación.
- (m) En caso de no ser posible la reparación, recomendar la demolición de la estructura a la **autoridad competente para ejercer control urbano y posterior autoridades municipales o distritales que expidieron la licencia de obra construcción.**
- (n) Expedir la constancia de que habla el literal (h) (g) de I.2.2.1.

¹⁷⁹ Es pertinente incluir la correspondencia electrónica que permita demostrar las modificaciones importantes en el desarrollo de la obra.

¹⁸⁰ En estos elementos no se menciona la Bitácora de Supervisión.

¹⁸¹ En países como España este documento lo debe presentar el Director de Ejecución de Obra y se denomina ESTUDIO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA, el cual sirve además para determinar la cantidad de ensayos y su valoración

¹⁸² Aunque no se especifica este punto incluye seguridad industrial que debe verificarse en la ejecución.

I.2.4 — CONTROLES EXIGIDOS

I.2.4.1 — El supervisor técnico debe realizar dentro del alcance de sus trabajos, los controles enumerados en I.2.4.2 a I.2.4.6.

I.2.4.2 — CONTROL DE PLANOS — El control de planos consistirá, como mínimo, en constatar la existencia de todas las indicaciones necesarias para poder realizar la construcción de una forma adecuada, con los planos del proyecto.

I.2.4.3 — CONTROL DE ESPECIFICACIONES¹⁸³ — La construcción de la estructura debe llevarse a cabo cumpliendo como mínimo, las especificaciones técnicas contenidas dentro del Reglamento para cada uno de los materiales cubiertos por él y las emanadas de la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, además de las particulares contenidas en los planos y especificaciones producidas por los diseñadores, las cuales en ningún caso podrán ser contrarias a lo dispuesto en el Reglamento.

I.2.4.4 — CONTROL DE MATERIALES¹⁸⁴ — El supervisor técnico exigirá que la construcción de la estructura se realice utilizando materiales que cumplan con los requisitos generales y las normas técnicas de calidad establecidas por el Reglamento para cada uno de los materiales estructurales o los tipos de elemento estructural. Puede utilizarse como guía la relación parcial presentada en la tabla I.2.4-1 I.2.1

Tabla 69. Requisitos de control de materiales

Ítem	Tema	Referencia
1	Normas técnicas (Obligatoriedad y enumeración).	C.1.5 y C.3.8
2	Ensayo de materiales.	C.3.1
3	Materiales Cementantes Cemento.	C.3.2
4	Agregados.	C.3.3
5	Agua.	C.3.4
6	Acero de refuerzo.	C.3.5 y C.21.1.5 y Apéndice C-E C.21.2.5
7	Aditivos.	C.3.6
8	Evaluación y aceptación del concreto.	C.5.6

(Fuente: Tabla I.2.4-1 NSR-10 y Tabla I.2.1 NSR-98. Editado por el autor).

I.2.4.5 — ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD¹⁸⁵ — El supervisor técnico dentro del programa de control de calidad le aprobará al constructor la frecuencia de toma de muestras y el número de ensayos que debe realizarse en un laboratorio o laboratorios previamente aprobados por él. El supervisor debe realizar una interpretación de los resultados de los ensayos realizados, definiendo explícitamente la conformidad de los materiales con las normas técnicas exigidas. Como mínimo deben realizarse los ensayos que se fija en el Reglamento y las normas técnicas complementarias mencionadas en él. Puede utilizarse como guía la relación parcial presentada en la Tabla I.2.4-2: I.2.2.

¹⁸³ Se trata en detalle en el capítulo 2, junto con el control de planos

¹⁸⁴ Se trata en detalle en el capítulo 3.

¹⁸⁵ Se trata en detalle en la página 61.

Tabla 70. Requisitos para ensayos de control de calidad.

Ítem	Tema	Referencia
1	Normas técnicas (Obligatoriedad y enumeración)	C.1.5 y C.3.8
2	Definiciones ⁺	C.2.2 C.2.1
3	Ensayo de materiales	C.3.1
4	Acero Refuerzo de refuerzo acero	C.3.5 y C.21.1.5 y Apéndice C-E C.21.2.5
5	Requisitos de durabilidad	Capítulo C.4
6	Dosificación de las mezclas de concreto	C.5.2
7	Evaluación y aceptación del concreto	C.5.6 y C.21.1.4
8	Evaluación y aceptación del refuerzo	C.3.5.10 y Apéndice C-E C.3.5.8
9	Diámetros mínimos de doblado doblamiento	C.7.2
10	Doblado Condiciones de doblamiento	C.7.3
11	Elementos prefabricados*	Capítulo C.16
12	Elementos preesforzados*	Capítulo C.18
13	Tanques y compartimientos estancos	Capítulo C.23 C.20
14	Concreto estructural simple	Capítulo C.22
+ Ver Definiciones en el Anexo 8.2		
* Tema no tratado en este documento.		

(Fuente: Tabla I.2.4-2 NSR-10 y Tabla I.2.2 NSR-98. Editado por el autor).

En el caso de que se haya omitido por parte del constructor la ejecución de los ensayos, deben ejecutarse ensayos en sitio para verificar la calidad de la estructura.

I.2.4.6 — CONTROL DE EJECUCIÓN¹⁸⁶ — El supervisor técnico deberá inspeccionar y vigilar todo lo relacionado con la ejecución de la obra, incluyendo, como mínimo:

- (a) Replanteo,
- (b) Dimensiones geométricas,
- (c) Condiciones de la cimentación y su concordancia con lo indicado en estudio geotécnico,
- (d) Colocación de formaletas y obras falsas, y su bondad desde el punto de vista de seguridad y capacidad de soportar las cargas que se les impone,
- (e) Colocación de los aceros de refuerzo y/o pre-esfuerzo,
- (f) Mezclado, transporte y colocación del concreto,
- (g) Alzado de los muros de mampostería, sus refuerzos, morteros de pega e inyección,
- (h) Elementos prefabricados,
- (i) Estructuras metálicas¹⁸⁷, incluyendo sus soldaduras, pernos y anclajes, y
- (j) En general todo lo que conduzca a establecer que la obra se ha ejecutado de acuerdo con los planos y especificaciones.

Deben cumplirse los requisitos de ejecución dados por el Reglamento. Puede utilizarse como guía la relación parcial presentada en la Tabla I.2.4-3: I.2-3.

¹⁸⁶ Se trata en detalle en la página 87.

¹⁸⁷ No se trata en este documento.

Tabla 71. Requisitos de ejecución de la construcción

Ítem	Tema	Referencia
1	Almacenamiento de materiales	C.3.7
2	Dosificación de las mezclas de concreto	C.5.2
3	Preparación del equipo y del lugar de colocación del concreto	C.5.7
4	Mezclado del concreto	C.5.8
5	Transporte del concreto	C.5.9
6	Colocación del concreto	C.5.10
7	Curado del concreto	C.5.11
8	Requisitos para clima frío y cálido	C.5.12 y C.5.13
9	Diseño de cimbras y encofrados formaletas	C.6.1
10	Descimbrado, puntales y reapuntalamiento. Remoción de formaletas y cimbras.	C.6.2
11	Embebidos en el concreto. Conductos y tuberías embebidas.	C.6.3
12	Juntas de construcción	C.6.4
13	Ganchos estándar	C.7.1 y C.7.2
14	Doblado. Condiciones de doblamiento	C.7.3
15	Condiciones de la superficie Limpieza del refuerzo	C.7.4
16	Tolerancias de Colocación del refuerzo	C.7.5
17	Límites de espaciamiento del refuerzo. Tolerancias de separación de barras.	C.7.6
18	Protección de concreto para recubrimiento del refuerzo	C.7.7
19	Refuerzo de retracción y temperatura	C.7.12
20	Longitudes de desarrollo y empalmes del refuerzo. Anclajes mecánicos.	C.12
21	Empalmes soldados y mecánicos	C.12.14.3 y C.21.1.7
22	Concreto Elementos prefabricados	Capítulo C.16
23	Concreto Elementos preesforzados*	Capítulo C.18
24	Cáscaras y losas plegadas.*	Capítulo C.19
25	Concreto estructural simple.	Capítulo C.22
26	Tanques y compartimientos estancos.	Capítulo C.23 C.20
27	Anclajes al concreto	Apéndice C-D Capítulo C.23

* Tema no tratado en este documento

(Fuente: Tabla I.2.4-3 NSR-10 y I.2-3 NSR-98. Editado por el autor).

CAPÍTULO I.3 IDONEIDAD DEL SUPERVISOR TÉCNICO Y SU PERSONAL AUXILIAR

I.3.1 — GENERAL

I.3.1.1 — En los Capítulos 1 y 5 del Título VI de la Ley 400 de 1997 y en la Ley 1229 de 2008 se establecen las calidades y requisitos que deben cumplir los profesionales que lleven a cabo labores de supervisión técnica.

I.3.1.2 — De acuerdo con lo indicado en el Artículo 24, de la Ley 400 de 1997 la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, dentro de sus funciones fijará los mecanismos y procedimientos para demostrar, ante la misma Comisión, la experiencia profesional, la idoneidad y el conocimientos de los aspectos relacionados con el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes establecidos en la Ley 400 de 1997 y sus Reglamentos, de los profesionales que realicen labores de supervisión técnica.

I.3.2 — DEL SUPERVISOR TÉCNICO

I.3.2.1 — PROFESIÓN — De acuerdo con lo requerido por el Artículo 35 de la Ley 400 de 1997 y en la Ley 1229 de 2008, el supervisor técnico debe ser un profesional, ingeniero civil, arquitecto o constructor en arquitectura e ingeniería, con matrícula profesional. Solo para el caso de estructuras metálicas, el supervisor podrá ser Ingeniero Mecánico, igualmente matriculado e inscrito.

I.3.2.2 — EXPERIENCIA— De acuerdo con lo requerido por el Artículo 36 de la Ley 400 de 1997, el supervisor técnico debe acreditar, ante la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, una experiencia mayor de cinco (5) años de ejercicio profesional, contados a partir de la expedición de la tarjeta profesional, bajo la dirección de un profesional facultado para ese fin, en una, o varias, de las siguientes actividades: diseño estructural, construcción, interventoría, o supervisión técnica

I.3.2.3 — INDEPENDENCIA. El Artículo 37 de la Ley 400 de 1997 exige que el supervisor técnico sea laboralmente independiente del constructor de la estructura, o de los elementos no estructurales cubiertos por el Reglamento.

I.3.3 — DEL PERSONAL AUXILIAR

I.3.3.1 — GENERAL — De acuerdo con lo establecido en el Artículo 38 de la Ley 400 de 1997, las calificaciones y experiencia requeridas del personal profesional y no profesional, como inspectores, controladores y técnicos, se dejan a juicio del supervisor técnico, pero deben estar acordes con las labores encomendadas, y el tamaño, importancia y dificultad de la obra.

I.3.3.2 — DIRECCIÓN Y RESPONSABILIDAD — El supervisor técnico puede delegar algunas de las labores de supervisión técnica en personal auxiliar, pero siempre bajo su dirección y responsabilidad, según lo establece el Artículo 22 de la Ley 400 de 1997.

I.3.3.3 — RESIDENTES DE SUPERVISIÓN TÉCNICA — Cuando se trate de personal profesional que ejerza la función de residente de supervisión técnica, ellos deben ser ingenieros civiles, o arquitectos o constructor en arquitectura e ingeniería, debidamente matriculados. La experiencia requerida se deja a juicio del supervisor técnico, pero debe ser commensurable con las labores que se le encomienden, y el tamaño, importancia y dificultad de la obra.

CAPÍTULO I.4 APENDICE I.A RECOMENDACIONES PARA EL EJERCICIO DE LA SUPERVISIÓN TÉCNICA

I.4.1 I.A.1— GENERALIDADES

I.4.1.1 I.A.1.1— PROPÓSITO Y ALCANCE — Las presentes recomendaciones **no hacen parte del reglamento y por lo tanto no son obligaciones, no obstante**, se han incluido con el fin de guiar a aquellos profesionales que realicen la supervisión técnica de la construcción de estructuras cubiertas por la Ley 400 de 1997 y el presente Reglamento y para facilitar el alcance contractual que deben fijar las personas o entidades que la contraten.

I.4.1.2 I.A.1.2— DEFINICIONES — Deben consultarse las definiciones dadas en el Capítulo A.13 y especialmente las de I.1.1.

I.4.2 I.A.2— ALCANCE RECOMENDADO DE LA SUPERVISIÓN TÉCNICA

I.4.2.1 I.A.2.1 — GRADOS DE SUPERVISIÓN— Se establecen dos grados de supervisión: Grado A (Continua) y Grado B (Itinerante). El grado de supervisión que se recomienda emplear depende de las características de la construcción, del grupo de uso al que pertenezca, del sistema estructural y del área de construcción.

I.4.2.2 I.A.2.2— GRADO A — SUPERVISIÓN TÉCNICA CONTINUA— Es aquella en la cual todas las labores de construcción se supervisan de una manera permanente. El supervisor técnico debe realizar visitas frecuentes a la construcción, y además debe destacar en la obra personal auxiliar, profesional y no profesional, con el fin de supervisar de una manera continua las operaciones de construcción. Se debe asignar un residente de supervisión técnica, el cual es una persona auxiliar profesional de asistencia permanente en la obra. Se recomienda efectuar los controles indicados en la tabla I.4.3-2 I.A.3 (Tabla 73. Controles que debe realizar el supervisor técnico durante la ejecución de la obra, según el grado de supervisión técnica.) para este grado de supervisión técnica.

I.4.2.3 I.A.2.3 — GRADO B — SUPERVISIÓN TÉCNICA ITINERANTE— Es aquella en la cual el supervisor técnico visita la obra con la frecuencia necesaria para verificar que la construcción se está adelantando adecuadamente. Durante

algunas de las operaciones de construcción el supervisor técnico, o su auxiliar profesional, debe asistir personalmente para verificar la adecuada ejecución de la obra. En este grado de supervisión no es necesario designar personal auxiliar residente en la obra. Se recomienda que el supervisor técnico lleve a cabo, como mínimo, los controles indicados en la [tabla I.4.3-2 I.A.3](#) (Tabla 73. Controles que debe realizar el supervisor técnico durante la ejecución de la obra, según el grado de supervisión técnica.) para este grado de supervisión técnica.

I.4.2.4 I.A.2.4— GRADO DE SUPERVISIÓN TÉCNICA RECOMENDADO— Se recomienda emplear el grado de supervisión técnica compatible con las características de la edificación indicadas en la [tabla I.4.3-1](#). Para definir el grado de supervisión técnica, deben tomarse en cuenta el área de la construcción, el material que se emplee en el sistema estructural de resistencia sísmica, [la capacidad de disipación de energía del sistema de resistencia sísmica](#)¹⁸⁸ tal como la define el Reglamento, y el Grupo de Uso al que pertenezca la edificación, de acuerdo con lo indicado en A.2.5 del Reglamento.

I.4.3 I.A.3— PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

I.4.3.1 I.A.3.1— CONTROL DE PLANOS¹⁸⁹ — El control de los planos recomendado, para los dos grados de supervisión técnica, debe consistir, como mínimo, en los siguientes aspectos:

- (a) Grado de definición (completos o incompletos),
- (b) Definición de dimensiones, cotas y niveles,
- (c) Consistencia entre las dimensiones, cotas y niveles,
- (d) Consistencia entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas,
- (e) Adecuada definición de las calidades de los materiales,
- (f) Cargas de diseño debidamente estipuladas,
- (g) En casos especiales, instrucciones sobre obra falsa, procedimientos de control de la colocación del concreto, procedimientos de descimbrado, colocación del concreto, aditivos, tolerancias dimensionales, niveles de tensionamiento.
- (h) [Coordinación de concordancia con](#) los planos arquitectónicos [con los y](#) demás planos técnicos,
- (i) Definición en los planos arquitectónicos del grado de desempeño de los elementos no estructurales, y
- (j) En general, la existencia de todas las indicaciones necesarias para poder realizar la construcción de una forma adecuada con los planos del proyecto.

¹⁸⁸ El grado de supervisión técnica recomendado ya no depende de la capacidad de disipación de energía.

¹⁸⁹ Ver ANEXO 3. VERIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE PLANOS.

Tabla 72. Grado de Supervisión Técnica Recomendado¹⁹⁰

Área Construida (5)	Control de calidad realizado por el constructor	A Supervisión Técnica Itinerante	B Supervisión Técnica Continua
Menos de 3000	Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV	
Entre 3000 m ² y 6000 m ²		Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV
Más de 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV

Notas:

1. Están exentas de Supervisión Técnica de la construcción, según el Artículo 18 de la Ley 400 de 1997, las edificaciones con menos de 3000 m² de área construida.
2. Las estructuras de edificaciones de los grupos de uso III y IV, independientemente de su área, según el Artículo 20 de la Ley 400 de 1997, deben someterse a Supervisión Técnica de la construcción.
3. El diseñador estructural, o el ingeniero geotecnista, Según el Parágrafo 2° del Artículo 18 de la Ley 400 de 1997, pueden exigir Supervisión Técnica de la construcción, independientemente del área, según la complejidad, procedimientos constructivos o materiales empleados.
4. Las estructuras diseñadas y construidas de acuerdo con el Título E del Reglamento, según el Parágrafo 1° del Artículo 18 de la Ley 400 de 1997, están exentas de Supervisión Técnica, siempre y cuando se trate de menos de 15 unidades de vivienda.
5. Cuando el proyecto se desarrolle por etapas, el área a considerar será la consignada en la licencia de construcción¹⁹¹.
6. Se recomienda Supervisión Técnica Itinerante para estructuras de mampostería mayores a 1000 m².

(Fuente: Tabla I.4.3-1 NSR-10 y I.A.1 NSR-98. Editado por el autor).

I.4.3.2 — ESPECIFICACIONES TÉCNICAS — Lo indicado en la presente sección se recomienda para los dos los grados de supervisión técnica. La construcción de las estructuras debe ejecutarse cumpliendo como mínimo las especificaciones indicadas en la Ley 400 de 1997 y sus Decretos Reglamentarios, las emanadas de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, además de las contenidas en los planos del proyecto, en el estudio geotécnico, y en las especificaciones particulares que se establezcan para cada caso. El supervisor técnico debe recopilar las especificaciones técnicas establecidas que se debe cumplir la construcción, para lo cual debe elaborar un documento escrito que las contenga, y entregar una copia al constructor. Estas especificaciones deberán ser aprobadas por el propietario y confirmadas por el constructor antes del inicio de la obra.

I.4.3.2.1 — En tanto la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes adopte unas nuevas especificaciones técnicas, debe utilizarse el siguiente documento: “Especificaciones de construcción y control de calidad de los materiales para edificaciones construidas de acuerdo con el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes”, elaboradas por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica bajo el auspicio de la Comisión Permanente del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, y publicadas por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica y el Ministerio de Obras Públicas en Agosto de 1988. Este documento contiene:

- (a) Especificaciones para la construcción de estructuras de concreto reforzado
- (b) Especificaciones para la construcción y el montaje de estructuras metálicas
- (c) Comentario a las Especificaciones para la construcción y el montaje de estructuras metálicas
- (d) Control de calidad de materiales para concreto reforzado
- (e) Control de calidad de materiales en estructuras de mampostería estructural
- (f) Guía práctica para el control de calidad del concreto

¹⁹⁰ Como se había comentado anteriormente, el grado de supervisión recomendado ahora es independiente del grado de capacidad de disipación de energía. Este cambio indica solamente optimización de la presentación de la norma.

¹⁹¹ Una recomendación, para cuando se realicen proyectos por etapas es identificándolos por módulos o bloques; en este sentido, se debe verificar minuciosamente la concordancia entre dichos bloques, sobre todo si estos bloques aparecen en planos separados.

I.4.3.3 — PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD — Lo indicado en la presente sección se recomienda únicamente para el grado de supervisión A (continua)¹⁹². El supervisor técnico debe verificar que el constructor disponga para la obra los medios adecuados de dirección, mano de obra, maquinaria y equipos, suministro de materiales y en especial de un programa de aseguramiento de calidad que sea llevado a cabo con el fin de:

- (a) Definir la calidad que ha de ser alcanzada,
- (b) Obtener dicha calidad,
- (c) Verificar que la calidad ha sido alcanzada, y
- (d) Demostrar que la calidad ha sido definida, obtenida y verificada

I.4.3.4 — LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES — El supervisor técnico debe aprobar el laboratorio de ensayo de materiales. Es responsabilidad del supervisor técnico asegurarse que el laboratorio cumple con todas las disposiciones legales establecidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC, y por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Económico.

I.4.3.5 — ENSAYOS DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS — Lo indicado en la presente sección se recomienda para todos los grados de supervisión técnica. El supervisor técnico antes del inicio de la obra debe exigir al constructor que los materiales que utilizará en ella cumplan con las especificaciones de calidad establecidas en los planos y en el Reglamento, para lo cual el constructor debe presentar los resultados de ensayos realizados sobre muestras representativas tomadas a lotes recientes de materiales del suministrador respectivo. El supervisor técnico debe solicitar los certificados de conformidad correspondientes cuando el Reglamento así lo exija.

I.4.3.6 — ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD — Lo indicado en la presente sección se recomienda para todos los grados de supervisión técnica. Durante la construcción se deberán tomar muestras periódicas a los materiales componentes de acuerdo con las frecuencias prescritas por el Reglamento. Véanse las tablas I.2.4-1 I.2.1 e I.2.4-2 I.2.2 y además debe exigirse que los ensayos de laboratorio apropiados para cada material, se realicen de acuerdo con lo especificado por el Reglamento:

I.4.3.7 — CONTROL DE EJECUCIÓN — El supervisor técnico debe inspeccionar como mínimo los siguientes puntos directamente, o por medio del personal auxiliar, según el grado de supervisión recomendado.

¹⁹² Es un documento que se anexa a las memorias, el cual debe estar redactado básicamente, dando las indicaciones para alcanzar los requisitos de control de materiales, ensayos y ejecución de obra. El programa de aseguramiento de calidad debe hacerse ahora en los dos grados de supervisión.

Tabla 73. Controles que debe realizar el supervisor técnico durante la ejecución de la obra, según el grado de supervisión técnica.

Ítem	Operación	Supervisión grado A	Supervisión grado B
1	CIMENTACIÓN		
1.1	Replanteo geométrico	•	
1.2	Dimensiones geométricas de las excavaciones para fundaciones	•	
1.3	Limpieza de fondo de las excavaciones	•	
1.4	Sistema de drenaje	•	•
1.5	Estratos y niveles de fundación	•	•
1.6	Protección de las excavaciones	•	•
2	CONSTRUCCIÓN Y RETIRO DE FORMALETAS Y OBRAS FALSAS DE MONTAJE		
2.1	Alineamiento características geométricas ubicación tolerancias	•	
2.2	Acabado de las superficies y su verticalidad	•	
2.3	Resistencia y estabilidad ante posibles asentamientos	•	•
2.4	Aprobación de los cálculos de la cimbra	•	
2.5	Limpieza e impermeabilidad	•	
2.6	Aberturas de inspección	•	
2.7	Descimbrado - Aprobación del estudio y revisión del proceso	•	•
3	COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS		
3.1	Grado del acero (f_y) diámetro, número de barras, ganchos y longitud	•	•
3.2	Empalmes (Traslapados, conexiones mecánicas ó soldadas)	•	•
3.3	Colocación, recubrimientos, distancia entre barras, sujeción	•	•
3.4	limpieza de las barras y de la zona de vaciado y aspecto superficial	•	•
4	MEZCLADO, TRANSPORTE, COLOCACION Y CURADO DE CONCRETOS Y MORTEROS ¹⁹³		
4.1	Aprobación de los diseños de mezclas	•	•
4.2	Medios y procedimientos del mezclado	•	•
4.3	Medios y procedimientos del transporte	•	•
4.4	Medios y procedimientos de colocación y compactación	•	•
4.5	Medidas y procedimientos para la toma de muestras	•	•
4.6	Tiempo transcurrido entre mezcla y colocación	•	
4.7	Homogeneidad y consistencia de los concretos y morteros en estado fresco	•	
4.8	Provisiones para vaciado de acuerdo con el clima y el estado del tiempo	•	
4.9	Definición de juntas de construcción	•	•
4.10	Preparación de superficies, de juntas de construcción y juntas de dilatación	•	•
4.11	Sistemas y procedimientos de curado	•	•

¹⁹³ Este ítem debe incluir el vibrado del concreto (ver sub-ítem 4.4 de la tabla), sin embargo la NSR-10 no tiene especificaciones ni recomendaciones para esta operación, la cual influye en la resistencia del concreto. Cabe anotar que en la NSR-98 este tema aparece como subtítulo (C.20.5.4), dentro de los requisitos de construcción de Tanques y Compartimientos Estancos, que en la norma actual es, Tanques y Estructuras de ingeniería ambiental de concreto (en este último no se trata). Ver 5.4 de esta guía.

Tabla 5. Controles que debe realizar el supervisor técnico durante la ejecución de la obra, según el grado de supervisión técnica (Continuación).

Ítem	Operación	Supervisión grado A	Supervisión grado B
5	ELEMENTOS PREFABRICADOS ¹⁹⁴ (Incluye unidades de mampostería)		
5.1	Características geométricas, inspección visual (apariencia)	•	•
5.2	Condiciones de almacenaje	•	
5.3	Curado en obra y/o protección contra la humedad	•	
5.4	Medios y procedimientos de transporte e izado	•	•
5.5	Sistemas y secuencias de colocación	•	•
6	TERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA		
6.1	Aspecto general de las superficies	•	•
6.2	Reparación de defectos superficiales	•	•
6.3	Protección contra acciones mecánicas: impacto, sobrecargas, deterioro superficial	•	•
7	MUROS Y ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA		
7.1	Alineamiento, plomo y características geométricas	•	•
7.2	Celdas para inyección, limpieza, ventanas de inspección	•	•
7.3	Espesor de juntas de pega	•	•
7.4	Traba adecuada	•	•
7.5	Alturas de inyección	•	•
7.6	Tamaño y colocación de tuberías	•	•
7.7	Juntas de control	•	•
7.8	Colocación de espigos, anclajes, traslapeo y ubicación	•	•
7.9	Apuntalamientos provisionales	•	
<p>Notas:</p> <p>1 – Exenciones: Están exentas de los requisitos para elementos NO ESTRUCTURALES todas las edificaciones pertenecientes a los grupos de uso I y II localizadas en ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA BAJA.</p>			

(Fuente: Tabla I.4.3-2 NSR-10 I.A.2 NSR-98. Editado por el autor)

I.4.3.8 — INFORME FINAL — EL registro escrito de las labores realizadas debe incluir una memoria descriptiva de los controles realizados, que conste como mínimo de lo siguiente: nombre del constructor, supervisor técnico, procedencia de los materiales, planta de producción, listado de las Normas Técnicas empleadas (NTC) para la elaboración de los ensayos, ensayos realizados, laboratorios utilizados, análisis de los resultados, grado de desempeño de los elementos no-estructurales, control de modificaciones de planos realizadas durante el proceso constructivo, registro fotográfico y constancia expedida por el supervisor técnico que certifique que la construcción se realizó de acuerdo con el Reglamento¹⁹⁵.

¹⁹⁴ Este tema no se trata en este documento

¹⁹⁵ Ver ANEXO 1. INFORME FINAL DE SUPERVISIÓN TÉCNICA

A.1.5.2 - PLANOS - Los planos arquitectónicos, estructurales y de elementos no estructurales, que se presenten para la obtención de la licencia de construcción deben ser iguales a los utilizados en la construcción de la obra, y por lo menos una copia debe permanecer en archivo de la Curaduría, departamento administrativo o dependencia distrital o municipal encargada de expedir las licencias de construcción. La Curaduría Urbana o la dependencia municipal o distrital encargada de expedir las licencias de construcción, podrá solicitar una copia en medio magnético del proyecto estructural (planos y memorias), en los formatos digitales que ésta defina. En los proyectos que requieran supervisión técnica, de acuerdo con el presente Reglamento, se deberá cumplir adicionalmente con lo especificado en el Título I.

A.1.5.2.1 - *Planos estructurales* - Los planos estructurales deben ir firmados o rotulados, con un sello seco, por un ingeniero civil facultado para ese fin y quien obra como diseñador estructural responsable. Los planos estructurales deben contener como mínimo:

- (a) especificaciones de los materiales de construcción que se van a utilizar en la estructura, tales como resistencia del concreto, resistencia del acero, calidad de las unidades de mampostería, tipo de mortero, calidad de la madera estructural, y toda información adicional que sea relevante para la construcción y supervisión técnica de la estructura. Cuando la calidad del material cambie dentro de la misma edificación, debe anotarse claramente cuál material debe usarse en cada porción de la estructura,
- (b) tamaño y localización de todos los elementos estructurales así como sus dimensiones y refuerzo,
- (c) precauciones que se deben tener en cuenta, tales como contraflechas, para contrarrestar cambios volumétricos de los materiales estructurales tales como: cambios por variaciones en la humedad ambiente, retracción de fraguado, flujo plástico o variaciones de temperatura,
- (d) localización y magnitud de todas las fuerzas de preesfuerzo, cuando se utilice concreto preesforzado,
- (e) tipo y localización de las conexiones entre elementos estructurales y los empalmes entre los elementos de refuerzo, [así como detalles de conexiones y sistema de limpieza y protección anticorrosiva en el caso de estructuras de acero](#),
- (f) el grado de capacidad de disipación de energía bajo el cual se diseñó el material estructural del sistema de resistencia sísmica,
- (g) las cargas vivas y de acabados supuestas en los cálculos, y
- (h) el grupo de uso al cual pertenece la edificación.

A.1.5.2.2 - *Planos arquitectónicos y de elementos no estructurales arquitectónicos* - Los planos arquitectónicos deben ir firmados o rotulados, con un sello seco, por un arquitecto facultado para ese fin y quien obra como diseñador arquitectónico responsable. Para efectos del presente Reglamento deben contener el grado de desempeño sísmico de los elementos no estructurales [arquitectónicos](#), tal como los define el Capítulo A.9, y además todos los detalles y especificaciones, compatibles con este grado de desempeño, necesarios para garantizar que la construcción pueda ejecutarse y supervisarse apropiadamente. El diseñador de los elementos no estructurales, cuando el diseño sísmico de los elementos no estructurales se realice por un profesional diferente del arquitecto, debe firmar o rotular los planos arquitectónicos generales, además de los de los diseños particulares. [Véase A.1.3.6](#)

A.1.5.2.3 - *Planos hidráulicos y sanitarios, eléctricos, mecánicos y de instalaciones especiales* – Los planos de instalaciones hidráulicas y sanitarias, eléctricas, mecánicas y de instalaciones especiales, deben ir firmados o rotulados, con un sello seco, por profesionales facultados para ese fin. Para efectos del presente Reglamento deben contener el grado de desempeño de los elementos no estructurales [diferentes de arquitectónicos](#), tal como los define el Capítulo A.9, y además todos los detalles y especificaciones, compatibles con este grado de desempeño, necesarios para garantizar que la construcción pueda ejecutarse y supervisarse apropiadamente.

C.1.2 — [Memorias y Planos y especificaciones](#)

C.1.2.1 — El contenido mínimo de los planos, memorias, estudios y especificaciones debe ajustarse a lo establecido en [A.1.5](#) y en las Resoluciones emanadas de la “Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes” de acuerdo con lo que prescriben el Parágrafo 1 del Artículo 6 y el Artículo 42 de la Ley 400 de 1997.

[Las copias de los planos de diseño, de los detalles típicos y de las especificaciones para toda construcción de concreto estructural deben llevar la firma \(o sello registrado\) de un de un profesional facultado para diseñar. Estos planos, detalles y especificaciones deben incluir:](#)

- (a) Nombre y fecha de publicación del Reglamento NSR y sus suplementos de acuerdo con los cuales está hecho el diseño;
- (b) Carga viva y otras cargas utilizadas en el diseño;
- (c) Resistencia especificada a la compresión del concreto a las edades o etapas de construcción establecidas, para las cuales se diseñó cada parte de la estructura;

- (d) Resistencia especificada o tipo de acero del refuerzo;
- (e) Dimensiones y localización de todos los elementos estructurales, refuerzo y anclajes;
- (f) Precauciones por cambios dimensionales producidos por flujo plástico, retracción y variación de temperatura;
- (g) Magnitud y localización de las fuerzas de preesforzado;
- (h) Longitud de anclaje del refuerzo y localización y longitud de los empalmes por traslapo;
- (i) Tipo y localización de los empalmes soldados y mecánicos del refuerzo;
- (j) Ubicación y detallado de todas las juntas de contracción o expansión especificadas para concreto simple en el Capítulo 22;
- (k) Resistencia mínima a compresión del concreto en el momento de postensar;
- (l) Secuencia de tensionamiento de los tendones de postensado;
- (m) Indicación de si una losa sobre el terreno se ha diseñado como diafragma estructural, véase la sección 21.12.3.4.¹⁹⁶

C.1.2.2 — Los cálculos correspondientes al diseño se deben presentar junto con los planos cuando así lo requiera la autoridad competente. Se puede hacer el análisis y diseño por medio de programas de computación siempre que se entreguen las suposiciones de diseño, los datos de entrada y los resultados generados por el programa. Se puede usar análisis de modelos para complementar los cálculos.¹⁹⁷

C.1.5 - Obligatoriedad de las normas técnicas citadas en el Título C

C.1.5.1 – Las Normas Técnicas Colombianas NTC, citadas en el presente Título del Reglamento, hacen parte de él. Las normas NTC son promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, único organismo nacional de normalización reconocido por el gobierno de Colombia. (Véase A.1.6 A.1.5 y C.3.8).

C.1.5.2 – En aquellos casos en los cuales no exista una norma NTC se acepta la utilización de normas de la Sociedad Americana de Ensayo y Materiales (American Society for Testing and Materials - ASTM) o de otras instituciones, las cuales también hacen parte del Reglamento cuando no exista la correspondiente norma NTC.

C.1.5.3 – Al lado de las normas NTC se ha colocado entre paréntesis una norma de la ASTM o de otra institución. Esto se hace únicamente como referencia y la norma obligatoria siempre será la norma NTC. Esta norma de referencia corresponde a una norma ASTM, o de otra institución, que es compatible con los requisitos correspondientes del Reglamento, y no necesariamente corresponde a la norma de antecedente de la norma NTC. Las normas de antecedente de las normas NTC son las que se encuentran consignadas en el texto de la misma norma.

C.1.5.4 – Para poder utilizar en el Título C de la NSR-10 una norma diferente a las normas NTC relacionadas en C.3.8 o de la norma ASTM mencionada en el texto del Reglamento dentro del Título C cuando no existe la correspondiente norma NTC, es necesario obtener una autorización especial, como lo prescribe la Ley 400 de 1997, a través de la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes, creada por medio de la Ley 400 de 1997 y adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial¹⁹⁸.

C.3.8 Normas citadas EN EL TÍTULO C DEL REGLAMENTO

C.3.8.1 — Las siguientes normas NTC del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC que se mencionan en este, de la sociedad Americana para Ensayo y materiales, ASTM, de la Sociedad Americana de soldadura, AWS, y de la Sociedad Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte, AASHTO, a las cuales se hace referencia en el Título C del Reglamento NSR-10 se relacionan a continuación con su designación de serie y se consideran forman parte del Reglamento NSR-10, como si estuvieran totalmente reproducidas aquí (véase A.1.6 y C.1.5): integrante de él:

Tabla 74. Normas NTC promulgadas por el ICONTEC:

NTC	Nombre	Correspondiente Norma ASTM
NTC 1	Ensayo de doblamiento para productos metálicos.	(ASTM A370)

¹⁹⁶ Estas inserciones dan muestra de la importancia que están tomando los planos y de la tendencia de las modificaciones realizadas en la nueva norma en ofrecer opciones para minimizar errores, tratando de eliminar los vacíos procedimentales.

¹⁹⁷ Confirman nuevamente la actualización tecnológica.

¹⁹⁸ Este nuevo inciso está encaminado a evitar que se ejecuten diseños o sistemas constructivos que no tengan en cuenta muchos de los aspectos regionales y que pongan en riesgo la vida de las personas.

NTC 2	Ensayo de tracción para productos de acero	(ASTM A370)
NTC 30	Cemento Portland – Clasificación y nomenclatura.	
NTC 121	Cemento Portland – Especificaciones físicas y mecánicas.	(ASTM C150)
NTC 159	Alambres de acero, sin recubrimiento, liberados de esfuerzos, para concreto pre esforzado	(ASTM A421)
NTC 161	Barras lisas de acero al carbono para concreto armado. (Nota: C.3.5.5 impone limitaciones a la utilización de este tipo de acero de refuerzo).	(ASTM A615)
NTC 174	Especificaciones de los agregados para concreto.	(ASTM C33)
NTC 220	Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm de lado.	(ASTM C109)
NTC 245	Barras de acero al carbono trabajadas en frío para concreto reforzado armado. (Nota: C.3.5.3 prohíbe el uso de este tipo de acero).	
NTC 248	Barras corrugadas de acero al carbono para concreto reforzado armado. (Nota: C.3.5.3 prohíbe el uso de este tipo de acero como acero corrugado). Impone requisitos adicionales a los que contiene esta norma	(ASTM A615)
NTC 321	Cemento Portland – Especificaciones químicas.	
NTC 396	Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto	(ASTM C143)
NTC 423	Barras de acero al carbono, terminadas en frío de calidad estándar	(ASTM A108)
NTC 454	Hormigón fresco, toma de muestras.	(ASTM C172)
NTC 504	Refrentado de especímenes cilíndricos de concreto.	(ASTM C617)
NTC 550	Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.	(ASTM C31)
NTC 673	Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.	(ASTM C39)
NTC 722	Ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto.	(ASTM C496)
NTC 1032	Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión.	(ASTM 231)
NTC 1299	Aditivos químicos para el concreto.	(ASTM C494)
NTC 1377	Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayo laboratorio.	(ASTM C192)
NTC 1907	Alambre de acero para concreto armado.	(ASTM A496)
NTC 1920	Acero estructural.	(ASTM A36)
NTC 1925	Mallas soldadas fabricadas con alambre liso de acero para concreto reforzado.	(ASTM A185)
NTC 1950	Acero estructural de baja aleación y alta resistencia.	(ASTM A242)
NTC 1985	Acero de calidad estructural de alta resistencia y baja aleación al Cumbio (Nionio).	(ASTM A 572)
NTC 2010	Cordones de acero de siete alambres, sin recubrimiento, para concreto preesforzado.	(ASTM A416)
NTC 2012	Acero estructural de baja aleación y alta resistencia con punto de fluencia mínimo de 345 MPa, en espesores hasta 100 mm.	(ASTM A588)
NTC 2240	Agregados usados en morteros de mampostería.	(ASTM C144)
NTC 2043	Mallas fabricadas con barras corrugadas de acero para hormigón reforzado.	(ASTM A184)
NTC 2142	Barras de acero de alta resistencia, sin revestimiento, para concreto pretensado.	(ASTM A722)
NTC 2289	Barras y rollos corrugados de acero de baja aleación y/o termotrados para concreto reforzado en construcciones de diseño sismo resistente.	(ASTM A706)
NTC 2310	Mallas soldadas fabricadas con alambre corrugado para refuerzo de concreto.	(ASTM A497)
NTC 2374	Tubos redondos, rectangulares y cuadrados de acero al carbono con o sin costura, formados en caliente para propósitos estructurales.	(ASTM A501)
NTC 3318	Concreto premezclado.	(ASTM C94)
NTC 3330	Método de ensayo para determinar el cambio longitudinal de morteros de cemento hidráulico expuestos a una solución de sulfatos.	(ASTM C1012)
NTC 3353	Definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero.	(ASTM A370)
NTC 3459	Agua para la elaboración de concreto.	(BS 3148)
NTC 3470	Tubos de acero soldados o sin costura recubiertos de cinc por inmersión en caliente, o pavonados.	(ASTM A53)
NTC 3493	Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, utilizadas como aditivos minerales en el concreto de cemento Portland.	(ASTM C618)
NTC 3502	Aditivos incorporadores de aire para concreto.	(ASTM C260)
NTC 3658	Método de la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas.	(ASTM C42)

NTC 4002	Siderurgia. Alambre liso de acero para refuerzo de concreto.	(ASTM A82)
NTC 4004	Barras de acero de refuerzo con recubrimiento epóxico para refuerzo de concreto.	(ASTM A775)
NTC 4013	Barras de acero recubiertas con cinc (galvanizadas) para refuerzo de concreto.	(ASTM A767)
NTC 4018	Escoria de alto horno, granulada y molida, para ser uso en concreto y morteros.	(ASTM C989)
NTC 4022	Masa unitaria de concreto liviano estructural.	(ASTM C567)
NTC 4023	Especificaciones para aditivos químicos usados en la producción de concreto fluido.	(ASTM C1017)
NTC 4025	Método de ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión.	(ASTM C469)
NTC 4027	Concreto hecho por bachada volumétrica y mezclado continuo.	(ASTM C685)
NTC 4034	Elementos de fijación. Especificación para tornillos y pernos de acero al carbono, con 60 000 psi de resistencia a la tensión.	(ASTM A307)
NTC 4040	Procedimientos de soldadura aplicables al acero para refuerzo de concreto.	(ANSI/AWS D1.4)
NTC 4045	Agregados livianos para concreto estructural.	(ASTM C330)
NTC 4049	Método para determinar los cloruros solubles en agua presentes en el concreto.	(ASTM C1218)
NTC 4526	Mallas electrosoldadas de acero, fabricadas con alambre corrugado, para refuerzo de concreto.	(ASTM A500)
NTC 4578	Cemento hidráulico expansivo.	(ASTM C845)
NTC 4637	Especificaciones para el uso de microsílica como adición en mortero y concreto de cemento hidráulico.	(ASTM 1240)
NTC 5214	Fibras de acero para refuerzo de concreto.	(ASTM A820)
NTC 5541	Concretos reforzados con fibra.	(ASTM C1116)

(Fuente: Elaboración propia. Datos Inciso C.3.8 NSR-10 y NSR-98.)

Tabla 75. Normas ASTM Adoptadas en NSR-10

En el momento de la adopción del Reglamento NSR-10, para las siguientes normas ASTM mencionadas en el Reglamento dentro del Título C no existía una norma NTC correspondiente y por lo tanto las siguientes normas ASTM se consideran parte del Reglamento NSR-10:	
ASTM C150-05	Standard Specification for Portland Cement
ASTM A421/A421M-05 ¹⁹⁹	Standard Specification for Uncoated Stress-Relieved Steel Wire for Prestressed Concrete
ASTM A884/A884M ²⁰⁰ -06	Standard Specification for Epoxy-Coated Steel Wire and Welded Wire Reinforcement
ASTM A934/A934M-07	Standard Specification for Epoxy-Coated Prefabricated Steel Reinforcing Bars
ASTM A955/A955M-07a	Standard Specification for Deformed and Plain Stainless-Steel Bars for Concrete Reinforcement
ASTM A970/A970M-06	Standard Specification for Headed Steel Bars for Concrete Reinforcement
ASTM A992/A992M-06a	Standard Specification for Structural Steel Shapes
ASTM A1022/A1022M-07	Standard Specification for Deformed and Plain Stainless-Steel Wire and Welded Wire for Concrete Reinforcement
ASTM A1035/A1035M-07	Standard Specification for Deformed and Plain Low-Carbon, Chromium, Steel Bars for Concrete Reinforcement
ASTM A1044/A1044M-05	Standard Specification for Steel Stud Assemblies for Shear Reinforcement of Concrete
(ASTM C29/C29M-97)	Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregates.
ASTM C595-07	Standard specification for blended Hydraulic cements.
ASTM C1157-03	Standard Performance Specification for Hydraulic Cement.
ASTM C1602/C1602M-06	Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete
ASTM C1609/C1609M-06	Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading).

¹⁹⁹ El número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de revisión (M), el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reprobación. El superíndice epsilon (cuando aparece) indica un cambio editorial desde la última revisión o reprobación. Cabe anotar que la versión más reciente de las normas ASTM es 2009.

²⁰⁰ La notación M indica Modificado.

(Fuente: Elaboración propia. Texto Inciso C.3.8 NSR-10 y NSR-98.).

Tabla 76. Otros reglamentos Adoptadas en NSR-10

C.3.8.2 — Se declara que la norma NTC 4040 (Structural Welding Code—Reinforcing Steel ANSI/AWS D1.4-92/D1.4M:2005) forma parte de este Reglamento NSR-10, como si estuviera totalmente reproducida aquí.
C.3.8.3 — Se declara que “Specification for Unbonded Single Strand Tendons de julio de 1993 (ACI 423.7-07)” es parte de este Reglamento NSR-10 como si estuviera completamente reproducido aquí.
C.3.8.4 — Se declara que los artículos C.9.21.7.2 y C.9.21.7.3 de la División I y el artículo C.10.3.2.3 de la División II de AASHTO “Standard Specification for Highway Bridges” (AASHTO 17ª Edición, 2002) forman parte de este Reglamento NSR-10 como si estuvieran completamente reproducidos aquí, para los fines citados en C.18.15.1.
C.3.8.5 — Se declara que “Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete (ACI 355.2-07)” es parte de este Reglamento NSR-10 como si estuviera completamente reproducido aquí, para los fines citados en el Apéndice C-D.

(Fuente: Texto Inciso C.3.8 NSR-10 y NSR-98. Elaboración propia).

Tabla 76. Otros reglamentos Adoptadas en NSR-10 Otros reglamentos Adoptadas en NSR-10

C.3.8.6 — Se declara que “Structural Welding Code - Steel (ANSI/AWS D 1.1 1.4/D.1.1M:2006)” del American Welding Society es parte de este Reglamento NSR-10 como si estuviera completamente reproducido aquí.
C.3.8.7 — Se declara que “Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing (ACI 374.1-05)” es parte de este Reglamento NSR-10 como si estuviera completamente reproducido aquí.
C.3.8.8 — Se declara que “Acceptance Criteria for Special Unbonded Post-Tensioned Precast Structural Walls Based on Validation Testing (ACI ITG 5.1-07)” es parte de este Reglamento NSR-10 como si estuviera completamente reproducido aquí.

(Fuente: Texto Inciso C.3.8 NSR-10 y NSR-98. Elaboración propia).

C.3.1 — Ensayos de materiales

C.3.1.1 — Para asegurarse que los materiales utilizados en la obra sean de la calidad especificada, deben realizarse los ensayos correspondientes sobre muestras representativas de los materiales de la construcción. Cuando se trate de edificaciones que deben someterse a Supervisión Técnica de acuerdo con la exigido por la Ley 400 de 1997 el Supervisor Técnico establecerá un programa de control de calidad de acuerdo con lo exigido en A.1.3.9, en el presente Título C, y en el Título I de la NSR-10. Cuando la edificación no requiere Supervisión Técnica debe cumplirse lo exigido en el Artículo 19 de la Ley 400 de 1997 siendo responsabilidad del constructor realizar y documentar los controles de calidad de los materiales que exige el Reglamento, los cuales para concreto estructural están contenidos en el presente Título C, además de los exigidos en el Título I del Reglamento. (Véase A.1.3.9.6).

C.3.1.2 — Los ensayos de los materiales y del concreto se deben hacerse de acuerdo con siguiendo las normas técnicas colombianas, NTC, promulgadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC indicadas en C.3.8. A falta de ellas deben seguirse las normas de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), de la Asociación Americana de Soldadura (AWS), de la Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO), y del Instituto del Postensado (PTI), del Instituto Americano del Concreto (ACI) mencionadas en el Título C este Reglamento NSR-10. En C.3.8 se listan las normas NTC, promulgadas por el ICONTEC, ASTM, AWS, AASHTO, y PTI y ACI mencionadas en este Título C del Reglamento NSR-10, las cuales hacen parte del mismo. En C.3.8 se enumeran las normas ASTM que se mencionan en el Título C del Reglamento. Debe consultarse C.1.5 C.1.6 respecto a la obligatoriedad de las normas técnicas mencionadas en el este Título C del Reglamento NSR-10.

C.3.1.3 — El registro completo de los ensayos de los materiales y del concreto debe estar siempre disponible para revisión durante el desarrollo de la obra llevarse y conservarse de acuerdo con lo prescrito en el Título I del este Reglamento NSR-10.

C.3.2 — Materiales cementantes²⁰¹ Cementos

C.3.2.1 — Los materiales cementantes **El cemento** deben cumplir con las normas **NTC 121 y 321** **Se permite el uso de cementos fabricados bajo las normas ASTM C150 y ASTM C595**. Además se permite el empleo de cementos hidráulicos expansivos fabricados bajo la norma **ASTM C845** relevantes así:

- (a) Cemento fabricado bajo las normas **NTC 121 y NTC 321** y también se permite el uso de cementos fabricados bajo la norma **ASTM C150**.
- (b) Cementos hidráulicos adicionados fabricados bajo la norma **ASTM C595**, pero se excluyen los Tipos IS (≥ 70)²⁰² ya que no pueden ser empleados como constituyentes cementantes principales en el concreto estructural.
- (c) Cemento hidráulico expansivo fabricado bajo la norma **NTC 4578 (ASTM C845)**.
- (d) Cemento hidráulico fabricado bajo la norma **ASTM C1157**.
- (e) Ceniza volante, puzolana natural y materiales calcinados que cumple la norma **NTC 3493 (ASTM C618)**.
- (f) Escoria granulada molida de alto horno que cumple la norma **NTC 4018 (ASTM C989)**
- (g) Humo de sílice que cumple la norma **NTC 4637 (ASTM C1240)**.
- (h) Cemento blanco que cumple con la norma **NTC 1362**
- (i) **C.3.2.3 - Se prohíbe el uso de los cementos denominados de mampostería en la fabricación de concreto.**²⁰³

C.3.2.2 — Los materiales cementantes **El cemento utilizado** empleados en la obra deben corresponder a **aquel sobre el cual se los que se han tomado como base para la selección de la dosificación de la mezcla** del concreto. Véase C.5.2.

C.3.3 — Agregados

C.3.3.1 — Los agregados para concreto deben cumplir con **la norma NTC 174 (ASTM C33)** una de las siguientes normas:

- (a) Agregado de peso normal: **NTC 174 (ASTM C33)**,
- (b) Agregado liviano: **NTC 4045 (ASTM C330)**.

C.3.3.2- Los agregados que no cumplan con las especificaciones de C.3.3.1, pero que hayan demostrado, mediante ensayos especiales o en uso, Se permite el uso de agregados que han demostrado a través de ensayos o por experiencias prácticas que producen concreto de resistencia y durabilidad adecuadas, pueden ser utilizados siempre y cuando así lo autorice sean aprobados por el Supervisor Técnico.

C.3.3.2 **C.3.3.3**—El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser **mayor que superior a:**

- (a) **1/5 de la dimensión menor entre los lados de las formaletas de la menor separación entre los lados del encofrado, ni a**
- (b) **1/3 de del espesor de las la altura de la losas, ni a**
- (c) **3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, o los tendones individuales, paquetes de tendones o ductos de preesforzado.**

Pueden obviarse Estas limitaciones **se pueden omitir** si a juicio del **supervisor técnico, profesional facultado para diseñar, la trabajabilidad y los métodos de compactación y la manejabilidad** son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de hormigueros, vacíos o segregación en la mezcla.

C.3.3.4 - Pueden utilizarse agregados livianos en la producción de concreto estructural, siempre y cuando éstos cumplan con los requisitos de la norma NTC 4045 (ASTM C330).²⁰⁴

C.3.4 — Agua

²⁰¹ Con esto se deja abierta la posibilidad de uso de otros materiales de pega.

²⁰² Cemento Portland de escoria de horno: consistente en una mezcla íntima y uniforme del cemento Portland y de la escoria de horno granulada producidos ambos por la molienda del clinker y escoria de horno granulada, o mezclando el cemento Portland y la escoria de horno granulada molida finamente, o una combinación de molienda y mezclado, en la cual el componente de la escoria está entre 25 y el 70% de la masa del cemento Portland de escoria de horno.

²⁰³ El cambio en la definición concuerda con la inclusión de nuevos materiales acogidos por la reciente norma en los incisos C.3.2.1 desde el a hasta el j – En el anexo 8.1 se recopilan algunos de las normas NTC (y su correspondiente Norma ASTM) para materiales cementantes.

²⁰⁴ La eliminación de este inciso se debe a la poca oferta de agregados livianos (sobre todo si se trata de agregados sintéticos) en nuestro país.

C.3.4.1 — El agua empleada utilizada en el la mezclado del concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de cloruros, aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. (Se recomienda cumplir con las disposiciones de la norma NTC 3459 (BS3148) o de la norma ASTM C1602M cuando sean menos exigentes que los de la norma NTC 3459²⁰⁵.

C.3.4.2 — El agua de mezclado para concreto pre-esforzado o para concreto que vaya a contener contenga elementos de aluminio embebidos, incluyendo la parte del agua de mezclado con la que contribuye o el agua asociada a la humedad libre de los agregados, no debe contener cantidades perjudiciales de iones de cloruros. Véase C.4.3.1.C.4.4.1.

C.3.4.3 - El agua im potable no debe utilizarse en el concreto, a menos que se cumplan las siguientes condiciones:

C.3.4.3.1 - Que la dosificación esté basada en mezclas de concreto que utilicen agua de la misma fuente.

C.3.4.3.2 - Que los cubos para ensayo de morteros hechos con agua im potable de mezcla, tengan resistencias a la compresión a los 7 y 28 días de edad, iguales o mayores al 90% de las resistencias a la compresión de probetas similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse sobre morteros idénticos, con excepción del tipo de agua empleada en la muestra, preparados y ensayados de acuerdo con la norma NTC 220 (ASTM C109).²⁰⁶

C.3.5 — Acero de refuerzo

C.3.5.1 — El refuerzo debe ser corrugado. El refuerzo liso solo puede utilizarse en estribos, espirales o tendones, y refuerzo de repartición y temperatura. El refuerzo que consista Además, se pueden utilizar cuando el Título C del Reglamento NSR-10 así lo permita: refuerzo consistente en pernos con cabeza para refuerzo de cortante, perfiles de acero estructural o en tubos o de tubería estructural puede ser utilizado como se especifica en el presente Título de este Reglamento, o elementos tubulares de acero. Las fibras de acero deformadas dispersas se permiten solamente para resistir cortante bajo las condiciones indicadas en C.11.4.6.1 (f).

C.3.5.2 —En los planos debe indicarse el refuerzo que vaya a ser soldado y el procedimiento de soldadura. Las especificaciones para el acero, excepto las que fija la norma NTC 2289 (ASTM A 706), deben complementarse incluyendo un informe sobre las propiedades del material necesarias para cumplir con los procedimientos de soldadura especificados en la norma NTC 4040 (Procedimiento de soldadura para el acero de refuerzo ANSI/AWS D1.4. de la Sociedad Americana de Soldadura).

La soldadura de barras de refuerzo debe realizarse de acuerdo con la norma NTC 4040 (AWS D1.4). La ubicación y tipo de los empalmes soldados y otras soldaduras requeridas en las barras de refuerzo deben estar indicados en los planos de diseño o en las especificaciones del proyecto. Las normas NTC para barras de refuerzo, excepto NTC 2289 (ASTM A706M), deben ser complementadas para requerir un informe de las propiedades necesarias del material para cumplir con los requisitos de NTC 4040 (AWS D1.4)²⁰⁷.

C.3.5.3 — Refuerzo corrugado

El refuerzo corrugado debe cumplir con las normas de calidad que se dan a continuación y se designan para efectos de este Reglamento como se indica en las Tablas C.3-1 y C.3-2. La comprobación de la designación de la barra se realiza por medio de su peso por metro de acuerdo con los valores dados en las Tablas C.3-1 y C.3-2.

C.3.5.3.1 — Las barras corrugadas para de refuerzo corrugado deben ser de acero de baja aleación que cumplan cumplir con la norma NTC 2289 (ASTM A706M). Se permite el uso de barras de acero inoxidable fabricadas bajo la norma ASTM A955M siempre y cuando cumplan a su vez los requisitos de NTC 2289 (ASTM A706M). Además deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

(a) La resistencia a la fluencia debe corresponder a la determinada por ensayos sobre barras de tamaño completo. Los esfuerzos obtenidos por medio del ensayo de tracción deben calcularse utilizando el área nominal de la barra tal como se indica en las Tablas C.3.5.3-1 y C.3.5.3-2. C.3-1 y C.3-2.

²⁰⁵ Esta modificación reduce el grado de exigencias respecto de la calidad del agua para la mezcla de concreto.

²⁰⁶ La NSR-98 no permitía el uso de agua no potable.

²⁰⁷ La indicación del tipo de soldadura lleva intrínseco su procedimiento y se indica en las especificaciones.

(b) No se permite el uso de acero corrugado de refuerzo fabricado bajo las norma NTC 245, ni ningún otro tipo de acero que haya sido trabajado en frío o trefilado, a menos que esté explícitamente permitido por la norma bajo la cual se fabrica cualquiera de los materiales permitidos por el Reglamento [NSR-10](#).

C.3.5.3.2– únicamente en zonas de amenaza sísmica baja, tal como se definen en A.2.3 se permite el uso de acero corrugado fabricado bajo la norma NTC 248 (ASTM A615²⁰⁸).

Tabla 77, Dimensiones nominales de las barras de refuerzo (Diámetros basados en milímetros)

Designación de la barra (véase la nota)	Dimensiones nominales			Masa kg/m
	Diámetro mm	Área mm ²	Perímetro mm	
6M	6.0	28.3	18.85	0.222
8M	8.0	50.3	25.14	0.394
10M	10.0	78.5	31.42	0.616
12M	12.0	113.1	37.70	0.887
16M	16.0	201.1	50.27	1.577
18M	18.0	254.5	56.55	1.996
20M	20.0	314.2	62.83	2.465
22M	22.0	380.1	69.12	2.982
25M	25.0	490.9	78.54	3.851
32M	32.0	804.2	100.53	6.309
45M	45.0	1590.4	141.37	12.477
55M	55.0	2375.8	172.79	18.638

Nota: La M indica que son diámetros nominales en mm.

(Fuente: Tabla C.3.5.3-1 NSR-10 y NSR-98)

²⁰⁸ Barras de acero al carbón deformadas y llanas para el refuerzo de concreto.

Tabla 78. Dimensiones nominales de las barras de refuerzo (Diámetros basados en octavos de pulgada)

Designación de la barra (véase la nota)	Diámetro de referencia en pulgadas	Dimensiones nominales			Masa kg/m
		Diámetro mm	Área mm ²	Perímetro mm	
Nº 2	1/4"	6.4	32	20.0	0.250
Nº 3	3/8"	9.5	71	30.0	0.560
Nº 4	1/2"	12.7	129	40.0	0.994
Nº 5	5/8"	15.9	199	50.0	1.552
Nº 6	3/4"	19.1	284	60.0	2.235
Nº 7	7/8"	22.2	387	70.0	3.042
Nº 8	1"	25.4	510	80.0	3.973
Nº 9	1-1/8"	28.7	645	90.0	5.060
Nº 10	1-1/4"	32.3	819	101.3	6.404
Nº 11	1-3/8"	35.8	1006	112.5	7.907
Nº 14	1-3/4"	43.0	1452	135.1	11.380
Nº 18	2-1/4"	57.3	2581	180.1	20.240

Nota: El Nº de la barra indica el número de octavos de pulgada del diámetro de referencia

(Fuente: Tabla C.3.5.3-2 NSR-10 y NSR-98)

C.3.5.3.2 C.3.5.3.3— Las barras corrugadas deben cumplir con una de las normas NTC o ASTM enumeradas en C.3.5.3.1, excepto que para barras refuerzo con f_y mayor que 420 MPa, la una resistencia nominal la fluencia debe tomarse como f_y que exceda de 420 MPa pueden utilizarse siempre y cuando f_y sea el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria del 0.35 por ciento. % y, además, cumplan con la norma NTC 2289 (ASTM A706) Véase C.9.4.

C.3.5.3.3 — Se permite usar las barras de refuerzo que cumplen con ASTM A1035M como refuerzo transversal en C.21.6.4 o refuerzo en espiral en C.10.9.3.

C.3.5.3.4 — Las parrillas de refuerzo para concreto deben ajustarse NTC 2043 (ASTM A184M). Las barras de refuerzo, utilizadas en las parrillas de refuerzo, deben cumplir con NTC 2289 (ASTM A706M).

C.3.5.3.4 - Las barras de refuerzo galvanizadas deben cumplir con la norma NTC 4013 (ASTM A 767). Las barras de refuerzo recubiertas con epóxico deben cumplir la norma NTC 4004 (ASTM A 775), o ASTM A 934. El acero del refuerzo galvanizado o recubierto con epóxico debe cumplir las especificaciones de C.3.5.3.1.

C.3.5.3.5 — El se permite el uso de alambre corrugado para refuerzo del concreto debe cumplir con que cumpla con la norma NTC 1907 (ASTM A496M), excepto que el alambre no debe puede ser menor que el tamaño MD25 (5.6 mm de D-4(diámetro) ni mayor que el tamaño MD200 (16 mm de diámetro), a menos que lo permita C.3.5.3.7. Para el 5.7 mm) y para alambre con f_y mayor de 420 MPa²⁰⁹, la una resistencia a la fluencia nominal f_y que exceda de 420 MPa, f_y debe ser el esfuerzo correspondiente que corresponda a una deformación unitaria del 0.35 por ciento. %, si el esfuerzo nominal a la fluencia utilizado en el diseño excede 420 MPa. No se permite el uso de alambres individuales, corrugados o lisos, como refuerzo en forma de estribos ni como refuerzo longitudinal en elementos que formen parte del sistema de resistencia sísmica.

C.3.5.3.6 — El alambre del C.3.5.4 Mallas electrosoldadas

Las mallas electrosoldadas se considera una forma de refuerzo electrosoldado corrugado. Los alambres para mallas electrosoldadas y mallas en sí, deben cumplir las siguientes normas:

C.3.5.4.1 La malla electrosoldada de alambre liso, debe cumplir con la norma NTC 1925 (ASTM A185M), excepto que para alambre con f_y mayor que 420 MPa, la una resistencia a la fluencia nominal superior a 420 MPa, f_y debe ser el esfuerzo correspondiente que corresponde a una de formación unitaria del 0.35 por ciento%. Las intersecciones soldadas no deben

²⁰⁹ Se mantiene constante la resistencia a la fluencia. Mientras disminuye en 1 mm el diámetro mínimo.

estar espaciadas en a más de 300 mm en el sentido la dirección del esfuerzo calculado, excepto para refuerzo de alambre electrosoldado utilizado cuando la malla electrosoldada se utiliza como estribos de acuerdo con C.12.13.2.

C.3.5.3.7 — El refuerzo electrosoldado C.3.5.4.2 La malla electrosoldada de alambre corrugado deben cumplir con la norma NTC 2310 (ASTM A497M), excepto que para alambres con f_y mayor que 420 MPa, la una resistencia a la fluencia nominal f_y superior a 420 MPa, f_y debe ser el esfuerzo correspondiente que corresponde a una deformación unitaria del 0.35 por ciento%. Las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 400 mm, en el sentido la dirección del esfuerzo calculado, excepto para refuerzos de alambre electrosoldado utilizados cuando la malla electrosoldada se utiliza como estribos de acuerdo con C.12.13.2. El alambre corrugado con diámetro mayor que MD200 (16 mm de diámetro) se permite cuando se utiliza en refuerzo electrosoldado que cumpla con NTC 2310 (ASTM A497M), pero debe tratarse como alambre liso para efectos de desarrollo y diseño de empalmes²¹⁰.

C.3.5.3.8 — Las barras de refuerzo galvanizadas deben cumplir con NTC 4013 (ASTM A767M). Las barras de refuerzo con recubrimiento epóxico deben cumplir con NTC 4004 (ASTM A775M) o con ASTM A934M. Las barras que se vayan a galvanizar o a recubrir con epóxico deben cumplir con la norma NTC 2289 (ASTM A706M).

C.3.5.3.9 — C.3.5.4.3 - Los alambres y el refuerzo La malla electrosoldado(a) de alambre recubiertos con recubrimiento epóxico deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM A884M. Los alambres que se vayan a recubrir con epóxico deben cumplir con C.3.5.3.4 y el refuerzo electrosoldado de alambre que se vaya a recubrir con epóxico debe cumplir con la conforman deben cumplir los requisitos de C.3.5.4.1 y C.3.5.4.2 C.3.5.3.5 ó C.3.5.3.6.

C.3.5.3.10 — El alambre de acero inoxidable corrugado y el refuerzo electrosoldado de alambre de acero inoxidable liso y corrugado para refuerzo del concreto debe cumplir con la ASTM A1022M, excepto que el alambre corrugado no debe ser menor del tamaño MD25 (5.6 mm de diámetro) ni mayor que el tamaño MD200 (16 mm de diámetro), y la resistencia a la fluencia de alambre con f_y mayor de 420 MPa, la resistencia a la fluencia debe tomarse como el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria de 0.35 por ciento. El alambre corrugado mayor que el tamaño MD200 (16 mm de diámetro) se permite cuando se utiliza en refuerzo electrosoldado de alambre que cumpla con ASTM A1022M, pero debe tratarse como alambre liso para efectos de desarrollo y diseño de empalmes. Las intersecciones soldadas en la dirección del esfuerzo calculado no deben estar espaciadas en más de 300 mm para el alambre electrosoldado liso o de 400 mm para el alambre electrosoldado corrugado, excepto para refuerzo de alambre electrosoldado utilizado como estribos de acuerdo con C.12.13.2.

C.3.5.4— Refuerzo liso

C.3.5.4.1— C.3.5.5 REFUERZO LISO - El refuerzo liso solo se permite en estribos, refuerzo de retracción y temperatura o refuerzo en espiral y no puede utilizarse como refuerzo longitudinal a flexión, excepto cuando conforma mallas electrosoldadas y deben. Debe cumplir con la norma NTC 161 (ASTM A615M) o con los siguientes requisitos para refuerzo corrugado especificados en C.3.5.3.1.

C.3.5.4.2 — Los alambres lisos C.3.5.5.1 – Las barras lisas para estribos, refuerzo de repartición y temperatura o refuerzo en espiral deben cumplir con la norma NTC 4002 161 (ASTM A82M), excepto que A615) o con los requisitos para alambres con f_y superior a 420 MPa, la refuerzo corrugado especificados en C.3.5.3.1

C.3.5.5.2 En las barras lisas con una resistencia nominal a la fluencia f_y superior a 420 MPa, f_y debe tomarse como ser el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria del 0.35 por ciento %.

C.3.5.5 — Pernos con cabeza para refuerzo de cortante²¹¹

C.3.5.5.1 — Los pernos con cabeza y sus ensamblajes deben cumplir con ASTM A1044M²¹².

C.3.5.6 — Acero de preesfuerzo

C.3.5.6.1 — El acero C.3.5.6 TENDONES PARA CONCRETO PREESFORZADO

Los alambres, los torones y las barras para refuerzo en concreto preesforzado deben cumplir con una de las normas siguientes:

²¹⁰ Estos nuevos requerimientos deben ser tenidos en cuenta por los diseñadores.

²¹¹ Concordante con el uso de lámina colaborante en placas de concreto.

²¹² Standard Specification for Steel Stud Assemblies for Shear Reinforcement of Concrete.

- (a) Alambre: **normas** NTC 159 (ASTMA421M).
- (b) Alambre de baja relajación: NTC 159 (ASTM A421M).
- (c) Torón: **A421**), NTC 2010 (ASTMA416M).
- (d) Barras de alta resistencia: **A416**), y NTC 2142 (ASTMA722M²¹³).

C.3.5.6.2 — Los alambres, los torones y las barras que no figuran **incluidas** específicamente en las normas NTC 159 (ASTMA421M), NTC 2010 (ASTM A416M), o NTC 2142 (ASTM A722M), se pueden **usar utilizarse**, siempre que se demuestre que **cumplan** con los requisitos mínimos de estas normas, y que no **tiengan** propiedades que los hagan menos satisfactorios que los de aquellos **incluidos** en las normas NTC 159 (ASTM A421M), NTC 2010 (ASTM A416M), o NTC 2142 (ASTMA722M). **mencionadas anteriormente.**

C.3.5.7— Acero estructural, tubos de acero o tuberías **ACEROS Y TUBERÍAS ESTRUCTURALES DE ACERO – Cuando se utilicen elementos de acero estructural en elementos compuestos sometidos a compresión deben cumplirse las siguientes normas:**

C.3.5.7.1 — El acero estructural utilizado **junto** con barras de refuerzo en elementos compuestos sometidos a compresión que cumpla **con** los requisitos de C.10.13.7 o C.10.13.8, C.10.14.7 o C.10.14.8, debe **ajustarse a una de las siguientes normas:**

- (a) Acero al carbón; **cumplir con la norma** NTC 1920 (ASTM A36M).
- (b) Acero de alta resistencia de baja aleación: **pero el acero no estructural no cobijado por ésta debe cumplir con una de las normas** NTC 1950 (ASTM A242M).
- (c) Acero de alta resistencia de baja aleación al Columbio-Vanadio: NTC 1985 (ASTM A572M).
- (d) Acero alta resistencia de baja aleación de 345 MPa NTC 2012 (ASTM A588M).
- (e) Perfiles estructurales: ASTM A992M.

C.3.5.7.2 — Los tubos de acero o tuberías para **elementos miembros** compuestos sometidos a compresión, que estén formados por un tubo de acero relleno **núcleo** de concreto, **con una camisa de acero**, que cumplan con los requisitos de C.10.13.6, C.10.14.7 deben **cumplir con ceñirse a** una de las siguientes normas:

- (a) Acero negro, por inmersión en caliente, recubiertos de cinc, Grado B de NTC 3470 (ASTM A53M).
- (b) Formados en frío, soldados, sin costura: NTC 4526 (ASTM A500M).
- (c) Formados en caliente, soldados, sin costura: **ASTM A500** NTC 2374 (ASTM A501).

C.3.5.8 — El acero usado en el refuerzo para concreto compuesto por fibras dispersas de acero debe ser corrugado y cumplir con NTC 5214 (ASTM A820M). Las fibras de acero deben tener una relación de longitud a diámetro no menor a 50 y no mayor a 100.

C.3.5.9 — Las barras corrugadas con cabeza²¹⁴ deben cumplir con la norma ASTM A970M, y las obstrucciones o interrupciones del corrugado de la barra, si lo hay, no deben ser mayores de $2d_b$ medido desde la cara de apoyo de la cabeza.

C.21.1.5 — Refuerzo en estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES)

C.21.1.5.1 — Se deben aplicar los requisitos de C.21.1.5 a los pórticos especiales resistentes a momento, muros estructurales especiales y vigas de acople.

C.21.1.5.2 — Todo el refuerzo corrugado (C.3.5.3.1) debe resistir fuerzas axiales y de flexión inducidas por sismo en elementos de pórticos, muros estructurales y vigas de acople, debe cumplir con las disposiciones de NTC 2289 (ASTM A706M).

- (a) La resistencia real a la fluencia basada en ensayos realizados por la fábrica no sea mayor que f_y en más de 125 MPa;
- (b) La relación entre la resistencia real de tracción y la resistencia real de fluencia no sea menor de 1.25.

²¹³ La extensión M de las normas ASTM indican que se trata de una modificación.

²¹⁴ Ver Figura 12

C.21.1.5.3 — El acero de preesfuerzo que resiste fuerzas axiales y de flexión inducidas por sismo en elementos de pórticos y muros estructurales prefabricados, debe cumplir con las disposiciones de NTC 2010 (ASTM A416M) o NTC 2142 (ASTM A722M).

C.21.1.5.4 — El valor de f_{yt} usado para calcular la cuantía del refuerzo de confinamiento no debe exceder 700 MPa.

C.21.1.5.5 — El valor de f_y o f_{yt} usado en el diseño del refuerzo a cortante debe cumplir con C.11.4.2.

APÉNDICE C-E — INFORMACIÓN ACERCA DEL ACERO DE REFUERZO

Como una ayuda para los usuarios de la norma NSR-10 y del Reglamento del ACI, a continuación se presenta información acerca de los diámetros, áreas, y masa de los diferentes aceros de refuerzo.

C.3.6 — Aditivos

C.3.6.1 — C.3.6.5 - Los aditivos para reducción reductores de agua y modificación del tiempo de fraguado, los aditivos retardadores y acelerantes, deben cumplir con la norma NTC 1299 (ASTM C494M). Los aditivos para producir concreto fluido deben cumplir la norma NTC 4023 (ASTM C1017M).

C.3.6.2 — C.3.6.4 - Los aditivos incorporadores de aire deben cumplir con la norma NTC 3502 (ASTM C260).

C.3.6.3 — C.3.6.1 - Los aditivos que se usen utilicen en el concreto y que no cumplan con C.3.6.1 y C.3.6.2 deben someterse a la aprobación previa del Supervisor Técnico.

C.3.6.4 — El cloruro de calcio o los C.3.6.3— No pueden utilizarse aditivos que contengan cloruros que no provengan de calcio o iones de cloruro, diferentes de impurezas de presentes en los componentes del aditivo, no deben emplearse ingredientes de la mezcla, en concreto preesforzado, en concreto que contenga elementos embebidos de aluminio embebido o en concreto construido en encofrados fundido utilizando formaletas permanentes de acero galvanizado galvanizadas. Véanse C.4.2.2 C.4.3.1 y C.6.3.2.

C.3.6.5 — C.3.6.8 - Los aditivos usados empleados en el la fabricación de concreto que contengan cementos expansivos que cumpla con la norma NTC 4578 (ASTM C845), deben ser compatibles con el cemento y no deben producir efectos nocivos perjudiciales.

C.3.6.2 — Debe demostrarse que los aditivos a utilizar durante la construcción de la obra son capaces de mantener esencialmente la misma composición y comportamiento que mostraron para establecer la dosificación del concreto de acuerdo con C.5.2

C.3.6.6— Las cenizas volantes u otras puzolanas, utilizadas como aditivos, deben cumplir con la norma NTC 3493 (ASTM C618).

C.3.6.7— La escoria molida y granulada, de alto horno utilizada como aditivo debe cumplir la norma NTC 4018 (ASTM C989).

C.3.6.9— El humo de sílice que se emplee como aditivo del concreto debe cumplir los requisitos de la norma ASTM 1240.²¹⁵

CAPÍTULO C.4 — REQUISITOS DE DURABILIDAD

C.4.0 - NOMENCLATURA

F'_c = resistencia nominal del concreto a la compresión, expresada en MPa.

C.4.1 — Generalidades

²¹⁵ La eliminación de estos elementos como aditivos se debe a que están incluidos como agentes modificadores del cemento y que concuerda con la nueva definición (materiales cementantes). Ver C.3.2. Se recomienda investigar de qué tratan las normas que quedaron huérfanas al eliminarse estas referencias.

C.4.1.1 — El valor de $f'c$ debe ser el mayor de los valores requeridos: (a) por C.1.1.1²¹⁶, (b) para durabilidad en el Capítulo C.4, y (c) para los requisitos de resistencia estructural; y debe ser aplicado en la dosificación de la mezcla de C.5.3 y para la evaluación y aceptación del concreto de C.5.6. Las mezclas de concreto deben ser dosificadas para cumplir con la relación máxima agua-material cementante (a/mc) y otros requisitos basados en la clase de exposición asignada al elemento estructural de concreto. Todos los materiales cementantes especificados en C.3.2.1 y las combinaciones de estos materiales deben estar incluidos en los cálculos de la relación a/mc de la mezcla de concreto.

C.4.1.2 — Los límites máximos de la relación a/mc del Capítulo C.4 no se aplican al concreto de peso liviano.

C.4.1 - RELACION AGUA-MATERIAL CEMENTANTE

C.4.1.1 - Las relaciones agua-material cementante especificadas en las tablas C.4-2 y C.4-3, deben calcularse utilizando el peso de cemento que cumpla las normas las normas NTC 121, NTC 321, ASTM C150, o ASTM C 595, más el peso de las cenizas volantes u otras puzolanas que cumplan la norma NTC 3493 (ASTM C618), la escoria siderúrgica que cumpla la norma NTC 4018 (ASTM C989) y el humo de sílice (microsilica) que cumpla la norma ASTM C1240, si se utiliza cualquiera de estas adiciones.

C.4.2 — Categorías y clases de exposición

C.4.2.1 — El profesional facultado para diseñar debe asignar las clases de exposición de acuerdo con la severidad de la exposición anticipada de los elementos de concreto estructural para cada categoría de exposición según la tabla C.4.2.1.

C.4.2 - EXPOSICION A AMBIENTE HUMEDO O MARINO

C.4.2.1 - El concreto que esté expuesto a ciclos de congelamiento y descongelamiento, o a químicos que impidan el congelamiento, debe tener aire incorporado, en las cantidades indicadas en la tabla C.4-1. La tolerancia en el contenido de aire debe ser ± 1.5 por ciento. Para resistencias nominales a la compresión, f_c , mayores de 35 MPa, los contenidos de aire dados en la tabla C.4-1 pueden reducirse hasta 1.0 por ciento.

Tabla 79. Categorías y clases de exposición

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 exposición continua a la humedad.	
	Muy severa	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo humedad y expuesto a productos químicos descongelantes.	
S Sulfato			Sulfatos solubles en agua (SO ₄) en el suelo, % en peso.	Sulfatos (SO ₄) disuelto en agua, ppm.
	No aplicable Despreciable	S0	(SO ₄) < 0.1	(SO ₄) < 150
	Moderada (2)	S1	0.1 < (SO ₄) < 0.2	150 < (SO ₄) < 1500
	Severa	S2	0.2 < (SO ₄) < 2	1500 < (SO ₄) < 10.000
	Muy severa	S3	(SO ₄) > 2	(SO ₄) > 10.000
P Requiere permeabilidad	No aplicable	P0	En contacto con agua donde no se requiere baja permeabilidad.	
	Requerida	P1	En contacto con 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 cloruros.	
	Severa	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua, salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen.	

Nota-2 Agua marina.

²¹⁶ 17 MPa

(Fuente: Tabla C.4.2.1 NSR-10, C.4-4 NSR-98. Editado por el Autor).

C.4.3 — Requisitos para mezclas de concreto

C.4.3.1 — Con base en las clases de exposición asignadas en la tabla C.4.2.1), las mezclas de concreto deben cumplir con los requisitos más restrictivos de la tabla C.4.3.1 (Tabla 80. Requisitos para el concreto según la clase de exposición)

Tabla 80. Requisitos para el concreto según la clase de exposición

Clase de exposición	Relación a/mc max± por peso (1)	Fc min MPa	Requisitos mínimos adicionales			
			Contenido de aire			Límites entre los cementantes
F0	N/A	17	N/A			N/A
F1	0.45	31	Tabla C.4.4.1			N/A
F2	0.45	31	Tabla C.4.4.1			N/A
F3	0.45	31	Tabla C.4.4.1			Tabla C.4.4.2
			Tipos de material cementante*			Aditivo cloruro de calcio
			ASTM C 150	ASTM C 595	ASTM C 1557	
S0	N/A	17	Sin restricciones en el tipo	Sin restricciones en el tipo	Sin restricciones en el tipo	Sin restricción
S1	0.50	28	II†*(3)	IP (MS) IS, (<70) (MS)	MS	Sin restricciones
S2	0.45	31 32	V‡	IP (HS) IS, (<70) (HS)	HS	No se permite
S3	0.45	31 32	V Puzolanas o escoria§ (4)	IP (HS) puzolanas o escoria§ o IS (<70) (HS) puzolanas o escoria§.	HS puzolanas o escoria§.	No se permite
P0	N/A	17	Ninguna			
P1	0.5	18	Ninguna			
			Contenido máximo de iones cloruro (Cl ⁻) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento		Requisitos relacionados.	
			Concreto reforzado	Concreto preesforzado		
C0	N/A	17	1.00	0.06	Ninguno	
C1	0.5	17	0.30	0.06	Ninguno	
C2	0.4	35	0.15	0.06	7.7.6, 18.16#	

* - Se pueden permitir combinaciones alternativas de materiales cementantes diferentes a los mencionados en la tabla C.4.3.1 siempre que sean ensayados para comprobar la resistencia a los sulfatos y deben cumplirse los criterios de C.4.5.1.

† - Para exposición al agua marina, se permiten otros tipos de cemento pórtland con contenidos de hasta 10 por ciento de aluminato tricálcico (C3A) si la relación a/mc no excede 0.40.

‡ - Se permiten otros tipos de cemento como el tipo III o tipo I en exposiciones clase S1 o S2 si el contenido de C3A es menor al 8 ó 5 por ciento, respectivamente.

§ - La cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria que se debe usar no debe ser inferior a la cantidad que haya sido determinada por experiencia en mejorar la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V. De manera alternativa, la cantidad de la fuente específica de puzolana o escoria que se debe usar no debe ser menor a la cantidad ensayada según la NTC 3330 (ASTM C1012) y debe cumplir con los requisitos de C.4.5.1.

!! - El contenido de iones cloruro solubles en agua provenientes de los ingredientes incluyendo el agua, agregados, materiales cementantes y aditivos de la mezclas de concreto, deben ser determinados según los requisitos de la NTC 4049 (ASTM C1218M), a edades que van de 28 a 42 días.

- Se deben cumplir los requisitos de C.7.7.5 véase C.18.16 para tendones de preesfuerzo no adheridos.

± Para concreto - liviano véase C.4.1.2

Nota-1 Puede requerirse una relación agua-material cementante menor por requisitos de baja permeabilidad o para protección contra la corrosión.

Nota-3 Además de los cementos Tipo II se incluyen los MS.

Nota-4 Puzolanas que cuando se utilizan con cementos Tipo V, hayan demostrado que mejoran la resistencia del concreto a los sulfatos bien sea por ensayos o por buen comportamiento en condiciones de servicio.

(Fuente: Tabla C.4.3.1 NSR-10, C.4-4 NSR-98. Editado por el autor)

C.4.4 — Requisitos adicionales para exposición a congelamiento y deshielo

C.4.4.1 — El concreto de peso normal y liviano expuesto a clases exposición F1, F2 ó F3 debe tener aire incorporado, con el contenido de aire indicado en la tabla C.4.4.1). La tolerancia en el contenido de aire incorporado debe ser de ± 1.5 por ciento. Para un f_c mayor de 35 MPa, se puede reducir el aire incorporado indicado en la tabla C.4.4.1) en 1 por ciento.

Tabla 81. Contenido total de aire para concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo

Tamaño máximo nominal del agregado* (mm) (nota-1)	Contenido de aire, porcentaje			
	Exposición clase F1 exposición severa ²¹⁷	%	Exposición clase F2 y F3 exposición moderada	%
9.5 (3/8")	6.0 7.5	80.00	7.5 6.5	86.66
12.5 12.7 (1/2")	5.5 7.0	78.57	7.0 5.5	78.57
19.0 19.1 (3/4")	5.0 6.0	83.33	6.0 5.0	83.33
25.0 25.4 (1")	4.5 6.0	75.00	6.0 4.5	75.00
37.5 38.1 (1-1/2")	4.5 5.5	81.81	5.5 4.5	81.81
50+ 50.8 (2") (nota-2)	4.0 5.0	80.00	5.0 4.0	80.00
75+ 76.2 (3") (nota-2)	3.5 4.5	77.77	4.5 3.5	77.77

* Nota - 1: Véase la norma NTC 174 (ASTM C33) para las tolerancias por en el mayor tamaño para diversas designaciones de tamaño máximo nominal de los agregados.

+Nota - 2: Estos contenidos de aire se aplican corresponden a la mezcla total al igual que los anteriores. Al ensayar estos concretos En estos casos, cuando se esté realizando el ensayo de contenido de aire los agregados mayores de 38.1 mm (1-1/2"), sin embargo, se retiran ya sea manualmente o por medio de las partículas de agregado mayores de 40 mm sacándolas mediante tamizado, y el contenido de aire se determina el contenido de aire en la fracción tamizada sobre los agregados restantes (la tolerancia en el contenido de aire incorporado se aplica a sobre este valor). El contenido de aire de la mezcla total se calcula a partir del sobre el valor determinado en la fracción cribada que pasa el tamiz de 40 mm., indicado en la NTC 1032 (ASTM C231) las agregados restantes después de que se retiran los mayores de 38.1 mm (1-1/2").

(Fuente: Tabla C.4.4.1 NSR-10 y Tabla C.4-1. NSR-98. Editado por el autor).

C.4.4.2 — La cantidad de puzolanas, incluida la ceniza volante, humo de sílice y escoria en el concreto para exposición clase F3 no debe exceder los límites establecidos en la tabla C.4.4.2 (Tabla 82) El concreto que esté expuesto a las condiciones de exposición indicadas en la tabla C.4-2, deben cumplir las relaciones agua - material cementante máximas y las resistencias mínimas a la compresión indicadas allí. Además los concretos que puedan estar expuestos a químicos que impidan el congelamiento, deben cumplir las limitaciones dadas en C.4.2.3.

²¹⁷ Los cambios realizados en los requisitos del contenido de aire, para cada tamaño máximo nominal del agregado son en promedio en 80%, aumento para la exposición clase F1 (dando mayor margen de seguridad) y disminución para las exposiciones tipo F2 y F3 (lo cual aleja a estos dos últimos niveles de severidad del F1, resultando en criterios conservadores). Lo cual es justificable gracias a los efectos benéficos de la inclusión de aire en el concreto.

C.4.2.3 Para concretos que puedan estar expuestos a químicos que impidan el congelamiento, el máximo contenido, por peso, de cenizas volantes, otras puzolanas, humo de sílice, o escoria, que se adicione al concreto, no deben exceder los porcentajes del peso total de material cementante dados en la tabla C.4-3.

Tabla 82. Requisitos para concreto sometido a clase de exposición F3

Materiales cementantes	Porcentaje total máximo sobre el total de materiales cementantes en peso *(Nota -1)
Cenizas volantes u otras puzolanas que cumplen NTC 3493 (ASTM C618)	25%
Escoria que cumple NTC 4018 (ASTM C989)	50%
Humo de sílice que cumple la norma ASTM C1240	10%
Total de cenizas volantes u otras puzolanas, escoria y humo de sílice	50%+ (Nota -2)
Total de cenizas volantes u otras puzolanas y humo de sílice	35%+ (Nota -2)

* Nota - 1: El contenido total de materiales cementantes también incluye cementos fabricados bajo las normas NTC 121 y NTC 321 ASTM C150, ASTM C595, NTC 4578 (ASTM C845) y ASTM C1157. Los El porcentajes máximos anteriores dado en la tabla incluyen:
 (a) Cenizas volantes u otras puzolanas presentes en cementos adicionados tipo IP, según ASTM C595 o ASTM C1157
 (b) Escoria usada en la fabricación de cementos adicionados Tipo IS, según ASTM C595 ó ASTM C1157.
 (c) Humo de sílice, según NTC 4637 (ASTM C1240), presente en cementos adicionados.
 + Nota 2 Las cenizas volantes u otras puzolanas y el humo sílice no deben constituir más del 25 y 10 por ciento, respectivamente, del peso total de materiales cementantes.

(Fuente: Tabla C.4.4.2 NSR-10. Editado por el autor).

C.4.5 — Materiales cementantes alternativos para exposición a sulfatos C.4.3 - EXPOSICION A SULFATOS

C.4.5.1 — Se permite usar combinaciones alternativas para los materiales cementantes mencionados en la tabla C.4.3.1 (Tabla 80) cuando se lleven a cabo ensayos de resistencia a los sulfatos y se cumplan los criterios de la tabla C.4.5.1).

C.4.3.1 - El concreto que pueda verse expuesto a soluciones o suelos que contengan sulfatos, debe cumplir los requisitos de la tabla C.4-4 o fabricarse con cemento resistente a los sulfatos y con una relación agua-material cementante que no exceda el valor máximo dada en la misma tabla y debe tener la resistencia mínima a la compresión indicada allí.

C.4.3.2 - El cloruro de calcio no debe utilizarse como aditivo en concretos que puedan verse expuestos a soluciones que contengan sulfatos de una manera severa o muy severa como las define la tabla C.4-4

Tabla 83. Requisitos para establecer la conveniencia de las combinaciones de materiales cementantes expuestos a sulfatos solubles en agua (NSR-10).

Clase de Exposición	Expansión máxima al ser ensayada usando NTC 3330 (ASTM C1012)		
	A 6 meses	A 12 meses	A 18 meses
S1	0.10 Por ciento		
S2	0.05 Por ciento	0.10 Por ciento*	
S3			0.10 Por ciento

* El límite de expansión a los 12 meses sólo se aplica cuando el límite a los 6 meses no es alcanzado.

(Fuente: Tabla C.4.5.1 NSR-10).

Tabla C.4-4 Requisitos para concreto expuesto a soluciones que contienen sulfatos

C.4.4 - CORROSION DEL REFUERZO

C.4.4.1 - Con el fin de proteger el acero de refuerzo contra la corrosión, las concentraciones máximas de ion cloruro soluble en agua, medidas en el concreto endurecido con edades entre 28 y 42 días, aportado por los ingredientes del concreto

incluyendo el agua, los agregados, el material cementante y los aditivos, no debe exceder los límites de la tabla C.4-5. El procedimiento de ensayo para determinar el contenido de ion cloruro soluble en agua debe ser el dado por la norma NTC 4049 (ASTM C1218 o AASHTO T260).

C.4.4.2 - Cuando el concreto reforzado pueda verse expuesto a agua salina o marina, o a salpicaduras de esta agua, deben cumplirse los requisitos de relación agua-material cementante dados en la tabla C.4-2 y los requisitos de recubrimiento del refuerzo dados en C.7.7. Véase C.18.14 respecto a tendones de preesfuerzo no adheridos.

Tabla C.4-5 Máximo contenido del ion cloruro, para protección contra la corrosión²¹⁸

C.5.2 — Dosificación del concreto

C.5.2.1 — La dosificación de los materiales para el concreto debe establecerse para lograr proporcionar:

(a) Trabajabilidad Manejabilidad y consistencia adecuada para que permitan colocar fácilmente el concreto fluya fácilmente dentro del encofrado la formaleta y alrededor del refuerzo, bajo en las condiciones de colocación que vayan a emplearse se usen, sin segregación ni exudación excesiva.

(b) Resistencia a exposiciones especiales, según lo requerido de conformidad con en el Capítulo C.4.

(c) Conformidad cumplimiento con los requisitos del ensayo de resistencia de indicados en C.5.6.

C.5.2.2 — Cuando se empleen usen materiales diferentes para distintas partes de la una obra propuesta, cada combinación debe evaluarse continuamente cada una de las combinaciones.

C.5.2.3 — La dosificación del los componente del concreto, incluida la relación agua - material cementante debe establecerse hacerse de acuerdo con base en los datos obtenidos en experiencias de obras anteriores o utilizando mezclas de prueba con los materiales que se vayan a usar en la obra (véase C.5.3 o ambos); o alternativamente con exceptuando lo permitido en C.5.4, y debe cumplir con los requisitos correspondientes del o lo requerido en el Capítulo C.4.

C.5.6 — Evaluación y aceptación del concreto

C.5.6.1 — El concreto debe ensayarse de acuerdo con los requisitos de C.5.6.2 a C.5.6.5. Los ensayos de concreto fresco realizados en la obra, la preparación de probetas que requieran de un curado bajo condiciones de obra, la preparación de probetas que se vayan a ensayar en laboratorio y el registro de temperaturas del concreto fresco mientras se preparan las probetas de resistencia debe ser realizado por técnicos calificados en ensayos de campo.

Todos los ensayos de laboratorio deben ser realizados por técnicos de laboratorio calificados.²¹⁹

C.5.6.2 - C.5.6.1 — Frecuencia de los ensayos

C.5.6.2.1 C.5.6.1.1 — Las muestras (véase C.5.6.2.4) para los ensayos las pruebas de resistencia correspondientes a de cada clase de concreto colocado cada día deben tomarse deben estar conformados por una pareja de cilindros tomados no menos de una vez al por día, ni menos de una vez por cada 40 m³ de concreto, ni menos de o una vez por cada 200 m² de superficie área de losas o muros. Como mínimo debe tomarse una pareja de muestras de concreto de columnas por piso. De igual manera, como mínimo, debe tomarse una muestra pareja de muestras²²⁰ por cada 50 tandas de mezclado de cada clase de concreto.

C.5.6.2.2 C.5.6.1.2 — Cuando si en una proyecto dado determinada obra, el volumen total de concreto sea es tal que la frecuencia de los ensayos requerida por C.5.6.2.1 proporcione da lugar a menos de cinco 5 ensayos de resistencia para cada una misma clase dada de concreto, los ensayos las muestras deben hacerse tomarse de por lo menos en cinco tandas de mezclado 5 mezclas seleccionadas al azar, o en cada tanda cuando mezcla si se empleen usan menos de cinco 5.

²¹⁸ Esta tabla fue fusionada en la tabla 4.3.1 de la NSR-10. Los valores se mantienen y se incluye la relación a/mc para cada clase de exposición.

²¹⁹ Todo este texto puede encontrarse en el ACI-318-08 pág. 75

²²⁰ En caso de mantener la tradición de parejas de muestras estaríamos del lado de la seguridad, aunque, por otro lado este cambio tiene un efecto económico.

C.5.6.2.3 C.5.6.1.3— Cuando la cantidad total de una clase dada de concreto sea menor que de 10 m^3 , no se requieren ensayos, pueden suprimirse las pruebas de resistencia cuando la si, a juicio del supervisor técnico, existe suficiente evidencia de que la resistencia que se va a obtener es satisfactoria sea aprobada por el Supervisor Técnico.

C.5.6.2.4 C.5.6.1.4— Un ensayo de resistencia debe ser el resultado del promedio de las resistencias de al menos dos probetas 2 cilindros tomados de 150 por 300 mm o de al menos tres probetas de 100 por 200 mm, preparadas de la una misma muestra de concreto mezcla y ensayada(o)s a 28 días; o a la edad de especificada en caso de que sea diferente de 28 días ensayo establecida para la determinación de f_c .

C.5.6.3 C.5.6.2— Probetas curadas en forma estándar ENSAYO DE MUESTRAS CURADAS EN EL LABORATORIO

C.5.6.3.1— Las muestras para ensayos de resistencia, las muestras se deben tomarse de acuerdo conformidad con la norma NTC 454 (ASTM C172).

C.5.6.3.2 C.5.6.2.2— Los cilindros para los el ensayos de resistencia deben ser fabricados fabricarse y curados en laboratorio curarse de acuerdo conformidad con la norma NTC 550 (ASTM C31M), y deben ensayarse de acuerdo con según la norma NTC 673 (ASTM C39M). Los cilindros deben ser de 100 por 200 mm o de 150 por 300 mm.

C.5.6.3.3 C.5.6.2.3— El nivel de resistencia de una para cada clase determinada de concreto se considera satisfactorio si cumple con simultáneamente los dos siguientes requisitos siguientes:

(a) Que los Cada promedios aritméticos de todos los conjuntos de tres resultados consecutivos de ensayos de resistencia (véase C.5.6.2.4) (un ensayo es el promedio de resistencia de dos cilindros), es igualen o superior a excedan el valor nominal especificado para f_c y

(b) Que Ningún resultado individual del los ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) es menor tenga una resistencia inferior en que f_c por más de 3.5 MPa cuando f_c es 35 MPa o menor; o por más a de $0.10f_c$ cuando f_c es mayor a 35 MPa.

C.5.6.3.4 C.5.6.2.4— Cuando Si no se cumpla(e) con cualquiera de los dos requisitos de C.5.6.3.3 C.5.6.2.3, se deben tomarse de inmediato las medidas necesarias para incrementar aumentar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia. Cuando no se satisfagan los requisitos de C.5.6.3.3(b) debe cumplirse lo requerido por C.5.6.5.

C.5.6.4 C.5.6.3— Probetas curadas en obra ENSAYO DE MUESTRAS CURADAS BAJO CONDICIONES DE CAMPO

C.5.6.4.1 C.5.6.3.1— Si lo requiere la autoridad competente, deben realizarse El supervisor técnico puede exigir el ensayos de resistencia de en cilindros curados en bajo condiciones de obra campo, con el objeto de comprobar la bondad del curado y de la protección del concreto en la estructura.

C.5.6.4.2 C.5.6.4.2— Los cilindros curados en obra bajo condiciones de campo deben curarse someterse en condiciones de obra de acuerdo al procedimiento indicado con en la norma NTC 550 (ASTMC31M).

C.5.6.4.3 C.5.6.3.3— Los cilindros de ensayo que vayan a ser curados en obra bajo condiciones de campo, se deben fabricarse moldear al mismo tiempo y usando tomarse del mismo material empleado que se emplee en la confección para moldear de los cilindros de ensayo curados en laboratorio.

C.5.6.4.4 -C.5.6.3.4— Los procedimientos para proteger de protección y curar curado del concreto deben mejorarse cuando la resistencia de cilindros curados en la obra bajo condiciones de campo, ensayados a la misma edad de ensayo establecida para determinar determinación del f_c , sea inferior al 85 por ciento de la resistencia de cilindros compañeros curados en laboratorio. La limitación del 85 por ciento no hay necesidad de se aplicarla cuando si la resistencia de aquellos los cilindros que fueron curados en la obra bajo condiciones de campo excedae a f_c en más de 3.5 MPa.

C.5.6.5 — investigación de los resultados bajos en los de ensayos con baja de resistencia

C.5.6.5.1 — Si cualquier ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) (véase C.5.6.2.4) de cilindros curados en el laboratorio, es resulta menor 3.5 MPa que f_c (véase C.5.6.2.3 (b) por más de los valores dados en C.5.6.3.3(b), o si los ensayos de cilindros curados en la obra bajo condiciones de campo indican deficiencia de en la protección y el de curado del concreto (véase C.5.6.4.4 C.5.6.3.4), deben tomarse medidas para asegurar que no se pone en peligro la capacidad de carga y la durabilidad de la estructura no se haya comprometido.

C.5.6.5.2 C.5.6.4.2— Si se **En caso de confirmarse la posibilidad** que el concreto **sea es** de baja resistencia, y **si** los cálculos indican que la capacidad de soportar **las cargas se ha reducido** **reducido** significativamente, deben permitirse **se puede apelar al** ensayos de **sobre** núcleos extraídos de la zona en **cuestión duda** de acuerdo con NTC 3658 (ASTM C42M). **En esos tal** casos deben tomarse tres núcleos por cada **resultado del** ensayo de resistencia (véase C.5.6.2.4) que **sea haya sido** menor **inferior en 3.5 MPa, o más, a f_c** que los valores señalados en C.5.6.3.3 (b).

C.5.6.5.3 — Los núcleos deben ser extraídos, la humedad debe preservarse colocando los núcleos dentro de recipientes o bolsas herméticas, deben ser transportados al laboratorio y envasarse de acuerdo con la NTC 3658(ASTM C42M). Los núcleos deben ser ensayados no antes de 48 horas²²¹ y no más tarde de los 7 días de extraídos, a menos que el profesional facultado para diseñar apruebe algo diferente. Quien especifique los ensayos mencionados en la NTC 3658 (ASTM C42M) debe ser un profesional facultado para diseñar²²².

C.5.6.4.3 - En caso de que el concreto de la estructura vaya a estar seco durante las condiciones de servicio, los núcleos deben secarse al aire (entre 15°C y 30°C de temperatura y humedad relativa menor del 60%), durante 7 días antes del ensayo, y deben probarse secos. Si el concreto de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo durante las condiciones de servicio, los núcleos deben sumergirse en agua por lo menos durante 40 horas, y ensayarse húmedos.

C.5.6.5.4 C.5.6.4.4— El concreto de la zona representada por los núcleos **se considera es** estructuralmente adecuado si el promedio de tres **los 3** núcleos es **resulta** por lo menos igual al 85 **por ciento %** de f_c , y **si** ningún núcleo **tiene presenta** una resistencia menor del 75 **por ciento %** de f_c . **Cuando los núcleos den valores erráticos, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona. Para comprobar la precisión del ensayo, se pueden volver a tomar y ensayar los núcleos en los lugares que presenten resultados dudosos.**

C.5.6.5.5 C.5.6.4.5— Si los criterios de C.5.6.5.4C.5.6.4.4no se cumplen, y si la seguridad estructural permanece en duda, la autoridad competente está facultada para el supervisor técnico puede ordenar **que se hagan** pruebas de carga **de acuerdo con como las descritas en** el Capítulo C.20 C.19 Pruebas de carga, para la parte dudosa de la estructura, o **para** tomar otras **medidas según medida adecuada a** las circunstancias.

C.5.6.6 — Concreto reforzado con fibra de acero²²³

C.5.6.6.1 — La aceptación de concreto reforzado con fibra de acero utilizado en vigas de acuerdo con C.11.4.6.1 (f) se debe determinar por medio de ensayos realizados de acuerdo con ASTM C1609. Además, el procedimiento de ensayo de la resistencia debe cumplir C.5.6.1.

C.5.6.6.2 — El concreto reforzado con fibra de acero se considera aceptable para resistencia a cortante si cumple con las condiciones (a), (b), y (c):

(a) La masa de las fibras de acero corrugadas por metro cúbico de concreto es mayor o igual a 60 kg.

(b) La resistencia residual obtenida en el ensayo a flexión realizado de acuerdo con ASTM C1609 cuando se llega a una deflexión en el centro de la luz igual a 1/300 de la luz, es mayor o igual al 90 por ciento de la resistencia del primer pico de resistencia obtenido en el ensayo a flexión o del 90 por ciento de la resistencia correspondiente a f_r obtenido por medio de la ecuación (C.9-10), la que sea mayor; y

(c) La resistencia residual obtenida en el ensayo a flexión realizado de acuerdo con ASTM C1609 cuando se llega a una deflexión en el centro de la luz igual a 1/150 de la luz es mayor o igual al 75 por ciento de la resistencia del primer pico de resistencia obtenido en el ensayo a flexión o del 75 por ciento de la resistencia correspondiente a f_r obtenido por medio de la ecuación (C.9-10), la que sea mayor.

C.21.1.4— Concreto en estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES).

C.21.1.4.1 — Se deben aplicar los requisitos de C.21.1.4 a los pórticos especiales resistentes a momento, muros estructurales especiales y vigas de acople.

²²¹ El tiempo de sumersión en agua anteriormente era de 40 horas.

²²² El rango de temperatura y el porcentaje de humedad relativa se incluyen en la norma referida.

²²³ La norma NSR-98 no especificaba este tipo de concreto. Mientras que en el código ACI lo contiene desde 1988. Puede verse para mayor referencia ACI 544.2R-89 Medida de las Propiedades de Concreto Reforzado con Fibra, ACI 544.3R-93 Guía para Especificaciones, Proporcionamiento, Mezclado, Colocación y Acabado de Concreto Reforzado con Fibra de Acero y ACI 544.4R-88 Consideraciones de Diseño para Concreto Reforzado con Fibra de Acero.

C.21.1.4.2 — La resistencia especificada a la compresión del concreto, f_c , no debe ser menor que 21 MPa. Se exime de esta restricción a las estructuras hasta de tres pisos cuyo sistema de resistencia sísmica consista en muros de carga (véase C.1.1.1).
 C.21.1.4.3 — La resistencia especificada a la compresión del concreto liviano, f_c , no debe ser mayor que 35 MPa a menos que se demuestre, por medio de evidencia experimental, que los elementos estructurales hechos con dicho concreto liviano proporcionan resistencia y tenacidad iguales o mayores que las de elementos comparables hechos con concreto de peso normal de la misma resistencia. El factor de modificación 2 para concreto de peso liviano en este Capítulo debe concordar con C.8.6.1 a menos que específicamente se indique de otro modo.
 C.3.5.10 — C.3.5.8 -Evaluación y aceptación del acero de refuerzo

C.3.5.10.1 — Deben tomarse y ensayarse muestras representativas de los aceros de refuerzo utilizados en la obra, con la frecuencia y alcance indicados en el Título I del Reglamento NSR-10. Los ensayos deben realizarse de acuerdo con lo especificado en la norma NTC, de las enumeradas en C.3.8, correspondiente al tipo de acero.

C.3.5.10.2 — Los ensayos deben demostrar, inequívocamente, que el acero utilizado cumple la norma técnica NTC correspondiente y el laboratorio que realice los ensayos debe certificar la conformidad con ella. Copia de estos certificados de conformidad deben remitirse al Supervisor Técnico y al ingeniero diseñador estructural.

C.3.5.10.3 — El certificado de conformidad expedido por el laboratorio debe contener como mínimo lo siguiente:

- (a) nombre y dirección de la obra.
- (b) fecha de recepción de las muestras y fecha de realización de los ensayos,
- (c) fabricante y norma NTC bajo la cual se fabricó el material y bajo la cual se realizaron los ensayos,
- (d) peso por unidad de longitud de la barra, alambre, malla o torón de refuerzo, y su conformidad con las variaciones permitidas, y su diámetro nominal,
- (e) características del corrugado, cuando se trate de acero corrugado,
- (f) resultados del ensayo de tracción, los cuales deben incluir: la resistencia a la fluencia y la resistencia última, evaluadas utilizando el área nominal de la barra, alambre, malla o torón de refuerzo indicada en la norma NTC correspondiente, y el porcentaje de alargamiento obtenido del ensayo,
- (g) resultado del ensayo de doblamiento,
- (h) composición química cuando ésta se solicita,
- (i) conformidad con la norma de fabricación y
- (j) nombre y firma de director del laboratorio.

C.7.2 — Diámetros mínimos de doblado

C.7.2.1 — El diámetro de doblado, medido en la cara interior para el doblamiento de las barras del refuerzo principal, de la barra, excepto para estribos de diámetros No. 3 (3/8") o 10M (10 mm) a No. 5 (5/8") o 16M (16 mm), no debe ser menor que los valores mínimos dados en de la tabla C.7.2. C.7.1).

C.7.2.2 — El diámetro interior de doblamiento estribos de barra N°5 (5/8") y 16M (16 mm) o menor doblado para estribos no debe ser menor menos que de $4d_b$ para barras No. 5 (5/8") o 16M (16 mm) y menores. Para barras mayores a la que No. 5 (5/8") o 16M (16 mm), se deben el diámetro de doblado debe cumplir los diámetros mínimos indicados con lo estipulado en la tabla C.7.2. C.7.1..

C.7.2.3 — El diámetro interior de doblado en refuerzo electrosoldado de alambre (corrugado o liso) para estribos no debe ser menor que $4d_b$ para alambre corrugado mayor de MD40 (7.1 mm de diámetro), y $2d_b$ para los demás diámetros de alambre. Ningún doblado con diámetro interior menor de $8d_b$ debe estar a menos de $4d_b$ de la intersección soldada más cercana.

Tabla 84. Diámetros mínimos de doblado²²⁴

Diámetro de las barras	Diámetros mínimos de doblado
N° 3 (3/8") o 10M (10 mm) N°2 (1/4") o 6M (6 mm) ²²⁵ a N° 8 (1") o 25 M (25 mm)	$6d_b$
N° 9 (1-1/8") o 30 M (30 mm), N° 10 (1-1/4") o 32 M (32 mm) y N°11 (1-3/8") o 36 M (36 mm).	$8d_b$

²²⁴ Las dimensiones y radios de doblamiento para estos ganchos son las mismas que las estandarizadas en el Código ACI en su Versión 2000 (Ver NILSON, Arthur H. Ed 12. Editorial McGraw Hill. Colombia 2001. p. 170), su versión más reciente ya muestra cambios.

²²⁵ Ya no se incluye las barras N°2.

Nº 14 (1-3/4") o 45 M (45 mm) y Nº 18 (2-1/4") o 55 M (55 mm)	10db
---	------

(Fuente: Tabla C.7.2 NSR -10 y Tabla C.7.1 NSR -98. Editado por el autor).

C.7.3 — Doblado **CONDICIONES PARA EL DOBLAMIENTO**

C.7.3.1 — Todos los dobleces y ganchos deben hacerse refuerzo debe doblarse en frío, a menos que el Ingeniero Diseñador o el supervisor técnico permitan lo contrario profesional facultado para diseñar permita otra cosa.

C.7.3.2 — Las barras deben tener las dimensiones indicadas en los planos y en esa forma deben colocarse dentro de las formaletas. Las barras que ya estén Ningún refuerzo parcialmente embebidas dentro del embebido en el concreto no pueden doblarse en la obra, excepto cuando así se indique en los planos de diseño o desdoblarse en el sitio, a menos que lo permita el ingeniero diseñador o el supervisor técnico lo permitan profesional facultado para diseñar.

C.3.7 — Almacenamiento de materiales

C.3.7.1 — El Los materiales cementantes y los agregados deben almacenarse de tal manera que se prevenga su deterioro o la contaminación o la introducción de con materiales extraños.

C.3.7.2 — En la fabricación del concreto no puede utilizarse Cualquier materiales que se hayan deteriorado o se hayan contaminado no debe utilizarse en el concreto.

C.5.7 — Preparación del equipo y del lugar de colocación del concreto

C.5.7.1 — La Los preparación preparativos previa(os) a la colocación del concreto debe incluir los siguientes puntos:

(a) Todo equipo de para el mezclado y transporte del concreto debe estar limpio;

(b) Deben retirarse todos los escombros y el hielo de los espacios que serán ocupados por el concreto. Todos los residuos deben ser retirados de los lugares que ocupará el concreto;

(c) El encofrado debe estar recubierto con un desmoldante adecuado. La parte interna de las formaletas debe estar adecuadamente protegida.

(d) Las unidades de albañilería de relleno mampostería que van a estar en contacto con el concreto deben estar adecuadamente humedecidas;

(e) El refuerzo debe estar completamente libre de hielo o de otros recubrimientos perjudiciales;

(f) El agua libre debe ser retirada del lugar de colocación del concreto antes de depositarlo, a menos que excepto que se vaya a emplear emplee un sistema de vaciado por medio de un tubo para colocación bajo agua ("tremie") o que lo permita la autoridad competente u otro sistema aprobado por el Supervisor Técnico;

(g) La superficies del concreto endurecido sobre las cuales se vaya a colocar concreto adicional debe estar libre de lechada y o de cualquier otros materiales perjudiciales o deleznales antes de colocar concreto adicional sobre ella.

C.5.8 — Mezclado

C.5.8.1 — Todo concreto debe mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales y La duración del mezclado debe ser la necesaria para conseguir una mezcla íntima y homogénea de los distintos componentes; la mezcladora debe descargarse completamente antes de que se vuelva a cargar volverla a usar.

C.5.8.2 — El concreto premezclado debe cumplir con las normas mezclarse y entregarse de acuerdo con los requisitos de NTC 3318 (ASTM C94M) o NTC 4027 (ASTM C685M).

C.5.8.3 — Para la preparación del El concreto mezclado en obra se debe mezclar de acuerdo con (a) a (e) observarse lo siguiente:

(a) El mezclado debe hacerse en una los concretos deben prepararse en la mezcladora de un tipo y esta debe ser aprobada por el supervisor técnico;

(b) La mezcladora debe hacerse girar operarse a la velocidad recomendada por el fabricante²²⁶;

²²⁶ Se recomienda mínimo 8 rpm

(c) El mezclado debe prolongarse continuarse por lo menos durante 90 segundos²²⁷ minuto y medio después de que todos los materiales estén dentro del tambor en la mezcladora, a menos que se demuestre que con un tiempo menor es satisfactorio se cumplan mediante ensayos los requisitos de uniformidad de la norma mezclado, NTC 3318 (ASTM C94M).

(d) El manejo, la dosificación y el mezclado de los materiales, su colocación en la mezcladora y el mezclado deben hacerse cumplir de acuerdo con las disposiciones requisitos aplicables correspondientes de la norma NTC 3318 (ASTM C94M).

(e) Debe llevarse un registro detallado para identificar²²⁸:

- (1) Número de tandas de mezclado producidas;
- (2) La Dosificación del concreto producido de los materiales usados;
- (3) Localización aproximada de depósito final en dentro de la estructura;
- (4) Hora y fecha tanto del mezclado y como de su colocación;

C.5.9 — Transporte del concreto

C.5.9.1 — El transporte del El concreto debe transportarse desde la mezcladora hasta al sitio el lugar final de colocación debe hacerse por procedimientos empleando métodos que eviten la segregación o la pérdida de materiales.

C.5.9.2 — El equipo de transporte debe ser capaz el adecuado para de proporcionar un abastecimiento de suministrar concreto en el sitio de colocación vaciado sin segregación de los componentes, y sin ni interrupciones que pudieran causar ocasiones pérdidas de plasticidad manejabilidad entre capas mezcladas sucesivas de colocación.

C.5.10 — Colocación del concreto

C.5.10.1 — El concreto debe depositarse lo más cerca posible de su ubicación final para evitar la segregación debida a su manipulación o desplazamiento.

C.5.10.2 — la velocidad de La colocación debe efectuarse ser tal que permita al a una velocidad tal que el concreto conserve permanecer en su estado plástico en todo momento y fluya fluir fácilmente dentro de en los espacios entre el las barras de refuerzo.

C.5.10.3 — No debe colocarse en la estructura de concreto que haya endurecido parcialmente, o que se haya contaminado con materiales extraños.

C.5.10.4 — No debe utilizarse concreto al que después de preparado se le adicione agua para mejorar su manejabilidad, ni que haya sido mezclado nuevamente después de su fraguado inicial, a menos sea aprobado por el profesional facultado para diseñar excepto cuando lo permita el Supervisor Técnico.

C.5.10.5 — Una vez iniciada la colocación del concreto, ésta debe efectuarse en una operación manera continua hasta que se termine el llenado haya colocado completamente el del panel o sección, definida por hasta sus límites o juntas de construcción predeterminadas, excepto en lo permitido o prohibido por con excepción de lo especificado en C.6.4.

C.5.10.6 — La superficie superior de concreto sobre el cual se colocará más concreto debe ser dejada de las capas colocadas entre encofrados verticales por lo general debe estar a nivel.

C.5.10.7 — Cuando se requieran juntas de construcción, éstas deben hacerse de acuerdo con C.6.4.

C.5.10.8 — Todo concreto debe compactarse cuidadosamente por medios adecuados durante la colocación, y debe acomodarse por completo alrededor del refuerzo y de las instalaciones embebidas, y en las esquinas del encofrado.

C.5.11 — Curado

²²⁷ Tiempo recomendado para revolvedoras pequeñas (0.75 m³), al cual deberá sumarse 30 segundos por cada 0.75 m³ de capacidad adicional

²²⁸ En la práctica este requisito no se lleva tan estrictamente, y a menudo se reemplaza por el control de rendimiento. En el ANEXO 8 puede verse un formato propuesto para el registro de estos requisitos

C.5.11.1 — A menos que el curado se realice de acuerdo con C.5.11.3, el concreto diferente del de alta resistencia temprana, debe mantenerse a una temperatura por encima de 10° C y en condiciones de humedad húmedo para mantener su hidratación por lo menos durante los primeros 7 días después de la colocación contados a partir de su vaciado (excepto para concreto de alta resistencia inicial). Excepto cuando se cure de acuerdo con C.5.11.3.

C.5.11.2 — El concreto de alta resistencia inicial temprana debe mantenerse por encima de 10° C y en condiciones de humedad húmedo para su hidratación por lo menos los 3 primeros días contados a partir de su vaciado, excepto cuando se cure de acuerdo con C.5.11.3.

C.5.11.3 — Curado acelerado

C.5.11.3.1 — El curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor y humedad, u otro proceso aceptado aprobado por el Supervisor Técnico, ← puede emplearse ← para acelerar el desarrollo aumento de resistencia y reducir el tiempo de curado fraguado.

C.5.11.3.2 — El curado acelerado debe proporcionar en, la etapa de carga bajo consideración, una resistencia a la compresión ← del concreto, en la etapa de carga considerada, por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en dicha etapa de carga.

C.5.11.3.3 — El procedimiento proceso de curado debe ser tal que produzca un proporcionarle al concreto con una durabilidad equivalente ← al menos a la que se obtiene usando esperada utilizando los métodos de curado indicados en C.5.11.1 ó C.5.11.2.

C.5.11.4 — Cuando lo requiera el profesional facultado para diseñar Supervisor Técnico, deben realizarse ensayos complementarios de resistencia adicionales, de acuerdo con C.5.6.4, para asegurar con el fin de confirmar que el curado sea satisfactorio.

C.5.12 — Requisitos para clima frío

C.5.12.1 — En zonas sometidas a temperaturas muy bajas, menores de 5°C, es necesario tener el Debe disponerse de un equipo adecuado con el fin de para calentar los materiales utilizados para la fabricación en la elaboración del concreto y para protegerlo contra temperaturas de congelamiento o cercanas a ella de riesgos de congelación.

C.5.12.2 — Todos los materiales componentes constituyentes del concreto y todo el acero de refuerzo, el encofrado la formaleta, los rellenos y el suelo con el que habrá de que van a estar en contacto el concreto deben estar libres de escarcha.

C.5.12.3 — No deben utilizarse materiales congelados o que contengan hielo.

C.5.13 — Requisitos para clima cálido

En clima cálido donde se presenten temperaturas superiores a los 25°C,²²⁹ debe darse es necesario dar adecuada ← atención a los materiales componentes, a los métodos de producción, al manejo a la manipulación, a la colocación al vaciado, a la protección y al curado a fin para de evitar temperaturas excesivas en el concreto o a la correspondiente evaporación del agua, lo cual podría afectar que pudieran perjudicar la resistencia requerida o el funcionamiento las condiciones de servicio del elemento o de la estructura.

CAPÍTULO C.6 — CIMBRAS Y ENCOFRADOS FORMALETAS, EMBEBIDOS TUBERÍAS EMBEBIDAS Y JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

C.6.1 — Diseño de cimbras y encofrados las formaletas

²²⁹ La NSR-98 estipulaba 25°C

C.6.1.1 — El objeto de las **formaletas**, cimbras y o encofrados es obtener una estructura **que cumpla con que se ciña a las formas, los niveles líneas, ejes y las dimensiones de los elementos, según lo indicado tal como se requiere** en los planos de diseño y en las especificaciones.

C.6.1.2 — Las **cimbras y encofrados formaletas** deben ser **fuertes y lo esencialmente y** suficientemente **herméticos ajustadas** para impedir **la fuga del que se escape el mortero**.

C.6.1.3 — Las **cimbras y encofrados formaletas** deben estar adecuadamente arriostrados o amarrados **entre sí, de tal manera que conserven para mantener** su posición y forma.

C.6.1.4 — **Las cimbras y encofrados las formaletas** y sus apoyos deben diseñarse de **tal manera modo** que no dañen la estructura previamente **construida vaciada o el apoyo**.

C.6.1.5 — El diseño de las **cimbras y encofrados formaletas** debe **tener en cuenta incluir la consideración de** los siguientes factores:

- (a) Velocidad y método de colocación del concreto;
- (b) Cargas de construcción, incluyendo cargas verticales, horizontales y de impacto;
- (c) Requisitos especiales de las **cimbras y encofrados formaletas especiales** para la construcción de **cáscaras cascarones**, losas plegadas, **domos cúpulas**, concreto arquitectónico u **otros tipos de** elementos similares;

C.6.1.6 — Las **cimbras y encofrados formaletas** para elementos de concreto preesforzado, deben **estar diseñadas y construidas diseñarse y construirse de tal manera de modo** que permitan **desplazamientos el movimiento** del elemento **sin causar daños** durante la aplicación de la fuerza de **preesforzado preesfuerzo sin que esta sufra daño**.

C.6.2 — **Descimbrado, puntales y reapuntalamiento. Remoción de formaletas y cimbras, y recimbrado.**

C.6.2.1 — **Descimbrado. Remoción de las formaletas.**

La **cimbra formaletas y testeros** debe retirarse de tal manera que no se afecte **negativamente** la seguridad **o ni el** funcionamiento **futuro** de la estructura. El concreto **expuesto que se expone por el descimbrado al retirar la formaleta** debe tener suficiente resistencia para **que no ser dañado por las operaciones de descimbrado se vea afectado por ello**.

C.6.2.2 — **Retiro de puntales y reapuntalamiento. Remoción de la cimbra y recimbrado.**

Los requisitos de C.6.2.2.1 a C.6.2.2.3 se deben cumplir en la construcción de vigas y losas, excepto cuando se **construyan vacíen sobre contra el terreno suelo**.

C.6.2.2.1 — Con anterioridad al inicio de la construcción, el constructor **de la estructura** debe definir un procedimiento y una programación para la **instalación y remoción de los apuntalamientos la cimbra y para la instalación de los reapuntalamientos y las operaciones de recimbrado, cuando estas se utilicen**. Así mismo debe establecer **y para calcular las cargas fuerzas transferidas que se transfieren a la estructura durante el debido a estos procesos**.

(a) **El Los** análisis estructurales y los datos **sobre de las** resistencia del concreto **empleados utilizadas en la el planificación planeamiento e implementación del descimbrado y retiro de apuntalamientos de la remoción de formaletas y cimbras**, deben ser entregados **por el constructor a la autoridad competente al supervisor Técnico** cuando **ésta este lo requiera solicite**;

(b) Solamente cuando la estructura, en su estado de avance, en conjunto con las **formaletas y cimbras que se dejen y apuntalamiento aun existentes** tengan suficiente resistencia para soportar **de manera segura adecuadamente su propio peso** y las cargas **colocadas sobre ella existentes**, pueden **apoyarse cargas de construcción sobre la estructura o descimbrar removerse la cimbra de cualquier porción de ella de la estructura**.

(c) La demostración de que la resistencia es adecuada debe basarse en un análisis estructural que tenga en cuenta las cargas **propuestas existentes**, la resistencia **del sistema de encofrado de la formaleta y cimbra**, y **los datos de** la resistencia del concreto. La resistencia del concreto **se debe estar basada basar en el ensayos de probetas muestras curadas en obra el campo** o, cuando lo apruebe **la autoridad competente el Supervisor Técnico, con base en otros procedimientos para evaluar determinar** la resistencia del concreto.

C.6.2.2.2 — No se pueden soportar en la estructura sin cimbra cargas de construcción que excedan la suma de las cargas muertas más vivas utilizadas en el diseño, a menos que por medio de un análisis estructural se demuestre que existe resistencia suficiente para sostener estas cargas **adicionales**.

C.6.2.2.3 — Las Los apoyos de las cimbras formaletas para elementos de concreto preesforzado no deben ser removidas pueden removerse cuando hasta que se haya aplicado suficiente preesfuerzo para permitir que el elemento preesforzado soporte su propio peso carga muerta y las cargas de construcción previstas.

C.6.3 — Embebidos Ductos y tuberías en el concreto.

C.6.3.1 — Pueden embeberse conductos, tuberías y camisas de cualquier material que no produzca efectos nocivos al concreto, Se permite, previa aprobación del profesional facultado para diseñar, embeber cualquier material que no sea perjudicial para el concreto y que esté dentro de las limitaciones de descritas en esta sección C.6.3, con la aprobación del Ingeniero Diseñador y el Supervisor Técnico, siempre y cuando se considere que ellos no reemplazan estructuralmente al concreto desplazado, excepto en lo previsto en C.6.3.6.

C.6.3.1.1 - En estructuras de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES) no se permite embeber conductos, tuberías o camisas de cualquier material en los elementos que hacen parte del sistema de resistencia sísmica.

C.6.3.2 — No se pueden embeber conductos y tuberías Todo tipo de embebido de aluminio en el concreto estructural debe ser protegido en su superficie o recubierto a menos que estén convenientemente revestidos o cubiertos, para evitar prevenir la reacción concreto-aluminio, o la acción electrolítica entre el aluminio y el acero.

C.6.3.3 — Los conductos, tuberías e insertos y camisas que pasen a través de atraviesan una losas, muros o vigas, no deben debilitar afectar significativamente adversamente la resistencia de la estructura.

C.6.3.4 — Los conductos y tuberías, incluyendo sus acoples, junto con sus conexiones, que estén embebidas en dentro de una columna, no deben pueden ocupar desplazar más del 4 por ciento % del área de la sección transversal que se empleó sobre la cual para calcular se haya calculado su resistencia, o de la requerida que se requiera para la protección contra el fuego.

C.6.3.5 — Excepto cuando los planos de los conductos y tuberías hayan sido son aprobados por el profesional facultado para diseñar ingeniero diseñador, las tuberías y ← conductos embebidos en dentro de una losa, muro o viga (diferentes fuera de los que sólo simplemente pasan a través de estos elementos los atraviesan) deben satisfacer cumplir con los siguientes requisitos C.6.3.5.1 a C.6.3.5.3.

C.6.3.5.1 — No deben tener Su dimensiones exteriores externa no puede ser mayores que de 1/3 del espesor total de la losa, muro o viga, donde dentro de los cuales estén embebidos.

C.6.3.5.2 — No deben estar espaciados a menos de 3 veces su diámetro o ancho medido de centro a centro.

C.6.3.5.3 — No deben afectar significativamente adversamente la resistencia del elemento la estructura.

C.6.3.6 — Se puede considerarse que los conductos, tuberías e insertos y camisas sustituyen reemplazan estructuralmente en compresión al concreto desplazado sometido a compresión si: cumplen con C.6.3.6.1 a C.6.3.6.3.

C.6.3.6.1 — No estén expuestos a la corrosión o a otra causa de deterioro.

C.6.3.6.2 — Sean son de acero o hierro sin revestimiento del tipo no revestidos o galvanizados, de y cuyo espesor no es menor mayor o igual al que el del tubo de acero calibre estándar normal número 40 para tuberías de acero.

C.6.3.6.3 — Tengan tienen un diámetro interior interno nominal no superior mayor a 50 mm y estén separados a no menos de 3 diámetros medidos de centro a centro.

C.6.3.7 — Además de los anteriores requisitos, Las tuberías que contengan líquidos, gases o vapor pueden embeberse en concreto estructural diseñándolas de tal forma que resistan los efectos del material, y sus conexiones deben diseñarse para resistir los efectos del fluido, la presión y la temperatura a las cuales van a estar sometidas.

C.6.3.8 — No debe conducirse por las tuberías Ningún líquido, gas o vapor, excepto el agua cuya temperatura y presión no excedan que no sobrepase de los 32° C ni y los 0.35 MPa de presión, respectivamente, debe colocarse en las tuberías ← hasta que el concreto haya alcanzado su resistencia de diseño.

C.6.3.9 — En losas macizas, las tuberías deben colocarse entre las capas de el refuerzo superior e inferior, a menos que sean requiera para irradiar calor o fundir nieve calefacción por radiación.

C.6.3.10 — El recubrimiento de concreto para las tuberías y acoples, conductos, y sus conexiones no debe ser menor de 40 38 mm en superficies de para concreto expuestas a la intemperie o ← en contacto con el suelo, ni menos menor de 20 19 mm en aquellas que no estén directamente que no vaya a estar en contacto con el suelo o ← expuestas a la intemperie.²³⁰

C.6.3.11 — Debe colocarse refuerzo en dirección normal a la tubería, con un área no menor de 0.002 veces el área de la sección de concreto en sentido perpendicular a la tubería.

C.6.3.12 — Las tuberías y ductos deben fabricarse e instalarse de tal forma manera que no requiera cortar, doblar o desplazar el refuerzo de su posición localización apropiada correcta.

C.6.4 — Juntas de construcción

C.6.4.1 — Donde vaya a hacerse una La superficie de las juntas de construcción del concreto deben limpiarse completamente la superficie del concreto y debe estar libre de removerse toda la lechada y agua estancada.

C.6.4.2 — Inmediatamente antes de iniciar una nueva etapa de colocación de concreto, deben mojarse ← todas las juntas verticales de construcción y deben eliminarse humedecerse el agua apozada.

C.6.4.3 — Las juntas de construcción deben hacerse y ubicarse localizarse de tal manera que no perjudiquen la resistencia de la estructura. Deben tomarse medidas precauciones para lograr la transferencia apropiada de cortante y de otras fuerzas a través de las juntas de construcción. Véase C.11.6.9. C.11.7.9.

C.6.4.4 — Las juntas de construcción en entresijos losas, deben estar localizadas localizarse dentro del en el tercio central del vano de las luces de las losas, vigas y o vigas principales a menos que una viga intercepte una viga principal en su parte central, en cuyo caso las juntas en las vigas principales deben desplazarse una distancia igual al doble del ancho de la viga que la intercepte.

C.6.4.5 — Las juntas de construcción en las vigas principales deben desplazarse a una distancia mínima de dos veces el ancho de las vigas que las intercepten.

C.6.4.6 — C.6.4.5 Las vigas, vigas principales, o losas apoyadas sobre en columnas o muros no deben construirse vaciarse o colocarse cuando sean prefabricadas; hasta antes de que el concreto del de los elementos de apoyo verticales haya endurecido hasta el punto que haya dejado de ser plástico.

C.6.4.7 — C.6.4.6 Las vigas, vigas principales, capiteles de columnas y cartelas, deben considerarse, descolgados para cortante y ábacos, y deben construirse vaciarse monolíticamente con las mismas ← como parte del sistema de losas, a menos que en los planos o especificaciones se indique de otro modo la forma de hacerlo adecuadamente. En ningún caso puede suspenderse el vaciado al nivel del refuerzo longitudinal.

C.6.4.7 - En las estructuras de capacidad de disipación de energía especial (DES) deben cumplirse los requisitos adicionales del Capítulo C.21. (Véase C.21.6.6).

C.7.1 — Ganchos estándar

C.7.1.1 El término “gancho estándar” se emplea tal como se usa en el Título C del de este Reglamento NSR-10 con uno de los siguientes significados:

C.7.1.1 — C.7.1.1.1 Un Doble de 180° más una extensión recta de longitud mínima de $4d_b$, pero no menor de 65 60 mm en el extremo libre de la barra.

C.7.1.2 — C.7.1.1.2 Doble de 90° más una extensión de longitud mínima igual a $12d_b$ en el extremo libre de la barra.

C.7.1.3 — C.7.1.1 .3 Para estribos y ganchos de estribo solamente:

²³⁰ Aumento de 1 y 2 mm en el recubrimiento de concreto para las tuberías, conductos, y sus conexiones, para superficies en contacto con el suelo y sin él, respectivamente.

- (a) Barra No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores, doblez de 90° más 6d_b de extensión en el extremo libre de la barra, ó
(b) Barra No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) **18M (18 mm)**, No. 7 (7/8") **8 (1")** ó 22M (22 mm) **25M (25 mm)**, y No. 8 (1") ó 25M (25 mm), doblez de 90° más extensión de 12d_b en el extremo libre de la barra, ó
(c) Barra No. 8 (1") ó 25M (25 mm) y menor, doblez de 135° más extensión de 6d_b en el extremo libre de la barra.

C.7.1.4 **C.7.1.2** — En los estribos de confinamiento requeridos en el Capítulo C.21 en estructuras de capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES), para construcción sismo resistente, deben emplearse ganchos sísmicos con un doblez de 135° o más, con una extensión de 6d_b pero no menor de 75 mm, que abraza el refuerzo longitudinal del elemento y se proyecta hacia el interior de la sección del elemento. En los **ganchos estribos** suplementarios el doblez en los extremos debe ser un gancho sísmico de 135°, o más, con una extensión de 6d_b, pero no menor de 75 mm, y se permite que en uno de los extremos se utilice un gancho de 90°, o más, con una extensión de 6d_b. **Los ganchos sísmicos están definidos en C.2.2.**

C.7.4 — **Condiciones de la superficie Limpieza** del refuerzo

C.7.4.1 — En el momento **en** que es colocado **←** el concreto, el refuerzo debe estar libre de barro, aceite **u otros recubrimientos o cualquier otra substancia no metálicos metálica** que **reduzcan pueda disminuir** la adherencia **entre el acero y el concreto**. Se permiten **barras con los** recubrimientos epóxicos **de barras** que cumplan con las normas **citadas mencionadas** en C.3.5.3.8 y C.3.5.3.9. **C.3.5**

C.7.4.2 — El refuerzo **de acero**, excepto **el acero de cables para** preesforzado, con óxido, escamas **de laminación o una** combinación de ambos, **debe puede** considerarse satisfactorio, **si siempre y cuando** las dimensiones mínimas (incluyendo la altura de los resaltes del corrugado) y el peso de una muestra limpiada **utilizando un con cepillo de alambre de acero de mano, cumple con las especificaciones no sean menores que las indicadas en las normas NTC del ICONTEC (o y ASTM apropiadas en su defecto)** aplicables indicadas en C.3.5.

C.7.4.3 — **El acero los cables para de** preesforzado deben estar limpios y libre de óxido excesivo, aceite, mugre, escamas y picaduras. **Es admisible una oxidación se puede aceptar una ligera capa de oxido.**

C.7.5 — Colocación del refuerzo

C.7.5.1 — **El acero de El refuerzo, el acero de preesfuerzo incluyendo los tendones y los sus ductos de preesforzado**, debe colocarse **y apoyarse con precisión y estar adecuadamente cuidadosamente de acuerdo con las medidas indicadas en los planos y asegurado antes de colocar el concreto, y debe fijarse para evitar su desplazamiento dentro de las tolerancias aceptables dadas que se indican en la tabla C.7.5.2. C.7-2;** además, **debe asegurarse adecuadamente para evitar que se mueva al colocar o vibrar el concreto**

C.7.5.2 — A menos que el profesional facultado para diseñar especifique otra cosa, el refuerzo, incluyendo los tendones y ductos de preesforzado, debe colocarse en las posiciones especificadas dentro de las tolerancias indicadas en C.7.5.2.1 y C.7.5.2.2.

C.7.5.2.1 — La **tolerancia variación de la altura útil para d y para el o del recubrimiento no debe exceder las tolerancias que se dan en la tabla C.7-2** de concreto en elementos sometidos a flexión, muros y elementos sometidos a compresión **debe ser la siguiente:**

Tabla 85. Tolerancias para d y recubrimiento del concreto.

	Tolerancia en d	Tolerancia en el recubrimiento especificado del concreto
d ≤ 200 mm	± 10 mm	-10 mm
d > 200 mm	± 13 12 mm	-13 12 mm ²³¹

(Fuente: Inciso C.7.5.2.1 NSR-10, Tabla C.7-2 NSR-98. Editada por el autor)

excepto que además la tolerancia para la distancia libre al fondo a la parte inferior de elementos construidos de las con cimbras debe ser menos 6 mm. Además, la tolerancia para el recubrimiento tampoco no debe exceder de menos 1/3 del recubrimiento mínimo de concreto especificado requerido en los planos de diseño y especificaciones del proyecto.

C.7.5.2.2 — La tolerancia para la en la ubicación localización longitudinal de los puntos de dobleces doblez y extremos de barras del refuerzo, debe ser de ±50 mm, excepto en los extremos apoyos discontinuos terminales de las ménsulas o cartelas de vigas donde en los cuales la tolerancia no debe ser mayor de ±13 12 mm y en los extremos discontinuos de otros elementos donde la tolerancia debe ser ±25 mm. La tolerancia para el recubrimiento de concreto de C.7.5.2.1 también se aplica a los extremos discontinuos de los elementos.

C.7.5.3 — C.7.5.5 - El refuerzo electrosoldado de alambre (fabricado con alambre cuyo tamaño no sea superior a MW30 o MD30 ó 6.2 mm de diámetro) utilizada en losas con vanos menores de 3 m se puede doblar desde un punto situado cerca de la cara superior sobre el apoyo, hasta otro punto localizado cerca de la cara inferior en el centro del vano, siempre y cuando este refuerzo sea continuo sobre el apoyo o esté debidamente anclado en él. En losas macizas cuya luz libre no exceda de 3 metros puede colocarse una sola malla electrosoldada (con alambres de diámetro máximo de 6.5 mm) como refuerzo negativo y positivo a la vez, siempre y cuando este refuerzo sea continuo a través de los apoyos o esté debidamente anclado en ellos. La malla debe estar cerca de la parte superior de la losa sobre los apoyos y cerca a la parte inferior en los centros de las luces.

C.7.5.4 — No se permiten soldar soldaduras en los puntos de intersección de las barras que se intercepten cruzan con el fin de para sujetar ensamblar el refuerzo, a menos que lo autorice sean autorizadas el profesional facultado para diseñar. Por el Ingeniero Diseñador, o Supervisor Técnico.

C.7.5.6 - Para la colocación de acero preesforzado, en pretensado y en postensado, debe consultarse además el Capítulo C.18.

C.7.6 — Límites del espaciamiento del refuerzo. Separación entre barras

C.7.6.1 — La distancia libre mínima entre barras paralelas colocadas en una fila o de una capa no debe ser menor que el diámetro d_b , pero no menor de 25 mm ni menor de 1.33 veces el tamaño del agregado grueso. Véase también C.3.3.2. C.3.3.3.

C.7.6.2 — Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más filas (o capas) de barras, las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente directamente sobre encima las de las capas inferiores, con una distancia y la separación libre entre capas filas no debe ser menor de 25 mm.

C.7.6.3 — En elementos a compresión columnas reforzados con espirales o estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor mayor o igual de a $1.5d_b$, ni de 40 mm o 1.33 veces el tamaño máximo del agregado. Véase también C.3.3.2. C.3.3.3.

C.7.6.4 — La limitación especificación de distancia libre entre barras también se debe aplicar cumplir a la distancia en la separación libre entre un empalme por traslapo y los otros empalmes o u otras barras adyacentes.

C.7.6.5 — En muros y ← losas macizas, exceptuando las losas nervadas, la separación del las barras de refuerzo principal por a flexión no deben ser tener una separación máxima mayor de 3 veces el espesor del muro o de la losa, ni pero no mayor de 450 500²³² mm, excepto que en secciones críticas de losas en dos direcciones no debe exceder 2 veces el espesor de la

²³¹ Aumento de la tolerancia en 1 mm para la altura útil y recubrimiento.

²³² Disminuye en 5 mm la separación entre barras del refuerzo principal.

losa (véase el Capítulo C.13). Cuando se trate de refuerzo de temperatura en losas la separación máxima no debe exceder ser menor de 5 veces el espesor de la losa o muro ni pero no mayor de 450 500 mm (véase C.7.12).

C.7.6.6 — Paquetes de barras en paquetes

C.7.6.6.1 — En Los grupos paquetes de barras paralelas dispuestas en un paquete que se pongan en contacto para trabajar que actúen como una unidad, deben limitarse cumplirse los siguientes requisitos a 4 barras para cada paquete.

C.7.6.6.1 - Debe limitarse a 4 el número de barras por paquete.

C.7.6.6.2 — Todo Los paquetes de barras deben estar quedar colocados localizado en una esquina dentro de estribos o en el extremo de un estribo suplementario.

C.7.6.6.3 — En vigas las barras mayores a No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm)²³³ 32M (32 mm) no deben agruparse en paquetes.

C.7.6.6.4 — C.7.6.6.5 - En elementos sometidos a flexión, cada una de las barras individuales de un paquete que termina dentro la luz del vano debe terminarse suspenderse en lugares puntos diferentes separados con una separación al menos 40d_b.

C.7.6.6.5 — Cuando las limitaciones de espaciamiento y los requisitos de recubrimiento del concreto se basan en el diámetro de las barras d_b, un paquete de barras debe considerarse como una sola barra de diámetro equivalente al que se deduzca del área total de las barras del paquete. C.7.6.6.4 - El diámetro equivalente de un paquete, para efectos de las normas de separación y recubrimiento, debe ser el que se deduzca del área total de las barras colocadas en el paquete.

C.7.6.6.6 - En las columnas de estructuras de capacidad de disipación de energía especial (DES) como las define el Capítulo C.21, el número de barras en paquete se limita a dos.

C.7.6.7 — Tendones y ductos para preesforzado.

En cables y ductos para preesforzado deben cumplirse los siguientes requisitos:

C.7.6.7.1 — Aceros pretensados El espaciamiento La distancia libre entre el extremo y el centro de los tendones alambres, barras o cables, de pretensado a cada lado medida en los extremos de un elemento no debe ser menor que 4d_b 3d_b para torones o ni 5d_b 4d_b para alambres²³⁴, excepto que si la resistencia del concreto a la compresión especificada al momento del preesforzado inicial, f'_{ci}, es de 28 MPa o más, el espaciamiento mínimo, medido centro a centro, de los torones debe ser 45 mm para torones de 12.7 mm de diámetro nominal o menores, y de 50 mm para torones de 15.2 mm de diámetro nominal. Véase también C.3.3.2. Se permite un espaciamiento más cercano o agrupar tendones en el sector central del vano En la porción media de la luz, se permite una separación menor y el agrupamiento de torones.

C.7.6.7.2 — Se permite agrupar los ductos de postensado si se demuestra que el concreto puede colocarse satisfactoriamente, y se toman medidas para evitar que el acero de preesforzado rompa la separación entre ductos de postensado al tensionarlo.

C.7.6.7.2 - Aceros postensados - Los ductos de postensado adherido deben ser corrugados. Los ductos para colocar el acero de tensionamiento se pueden agrupar si se demuestra que no se dificulta la colocación del concreto. A cada lado del conjunto debe dejarse un espacio suficiente para que pueda introducirse un vibrador normal interno. Esta agrupación debe limitarse a dos ductos en contacto lateral y a no más de cuatro en conjunto. Además, deben tomarse medidas preventivas para evitar la rotura del acero a través del ducto cuando se tensiona el refuerzo.

Las distancias libres entre ducto o grupos de ductos en contacto, o entre estos ductos y las demás armaduras, deben ser al menos:

(a) En la dirección vertical la dimensión vertical del ducto o grupo de ductos, pero no menos de 1.33 veces el tamaño del agregado grueso.

(b) En la dirección horizontal, para ductos aislados la dimensión horizontal del ducto, para grupos de ductos en contacto, 1.6 veces la mayor de las dimensiones de las vainas individuales que forman el grupo, pero en ninguno de los dos casos menos de 1.33 veces el tamaño del agregado grueso.

(c) No se permiten ductos en contacto en dirección horizontal cuando éstos describen curvas horizontales.

²³³ Aumento del rango en la designación para barras milimétricas en paquete.

²³⁴ Disminución en un d_b para el espaciamiento entre el extremo y el centro de los tendones de pretensado a cada lado de un elemento para torones y para alambres.

C.7.7 — Protección de concreto para el Recubrimiento del refuerzo

C.7.7.1 — Concreto construido vaciado en sitio (no preesforzado)

A menos que en C.7.7.6 ó C.7.7.8 se exija un recubrimiento mayor de concreto, el recubrimiento especificado para el refuerzo no debe ser menor que lo siguiente:

	Recubrimiento de concreto, mm
(a) Concreto colocado contra directamente sobre el suelo y expuesto en contacto permanentemente a él con la tierra.....	75 70 mm
(b) Concreto expuesto a suelo de relleno o a la intemperie:	
Barras No.6 (3/4") ó 20M (20 mm) 18M (18 mm) a	
No.18 (2-1/4") ó 55M (55 mm).....	50
Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores	40
(c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo la tierra:	
Losas, muros, viguetas:	
Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm).....	40
Barras No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm) 32M (32 mm) y menores.....	20
Vigas, columnas:	
Armadura refuerzo principal, estribos, espirales.....	40
Cáscaras y placas plegadas:	
Barra No. 6 (3/4") ó 20M (20 mm) 18M (18 mm) y mayores.....	20
Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambres MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores.....	13 15

C.7.7.2 — C.7.7.3 — Concreto construido en sitio (preesforzado)²³⁵

A menos que en C.7.7.6 ó C.7.7.8 se exija un recubrimiento mayor de concreto, el Deben cumplirse los siguientes recubrimientos mínimos especificado para el refuerzo armaduras preesforzado(as) y no preesforzado(as), ductos y accesorios anclajes, excepto lo indicado C7.7.3.1 y C7.7.3.2: de los extremos, no debe ser menor que lo siguiente:

	Recubrimiento mínimo de concreto, mm
(a) Concreto colocado vaciado contra el suelo la tierra y expuesto permanentemente a él ella	75 70
(b) Concreto expuesto al suelo a la tierra o a la intemperie:	
Paneles de muros, losas, y viguetas.....	25 30
Otros elementos.....	40
(c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo la tierra:	
Losas, muros, y viguetas.....	
Vigas, y columnas:	
Refuerzo principal.....	40
Estribos, flejes y espirales.....	25 20
Cáscaras cascazones y losas plegadas:	
Barra No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm), alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro), y menores	10
Otros refuerzos.....	d _b
pero no menos de.....	20

²³⁵ Cambios en el recubrimiento para concreto construido en sitio.

C.7.7.3 — C.7.7.2 — Elementos Concreto prefabricados **construidos en** (fabricado bajo condiciones de control de planta)

A menos que en C.7.7.6 ó C.7.7.8 se exija un recubrimiento mayor de concreto, el recubrimiento especificado para el **En elementos prefabricados las barras de** refuerzo preesforzado y no preesforzado, ductos y accesorios de los extremos, **no deben ser tener menor que los siguientes recubrimientos mínimos:**

Recubrimiento **mínimo**
de concreto, mm

(a) Concreto expuesto **al suelo en contacto con la tierra** o a la **intemperie**:

En Paneles de muros:

Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm), **tendones de preesforzado mayores de 40 mm de diámetro**..... 40

Barras No. 11 (1-3/8") ó **36M (36 mm) 32M (32 mm)** y menores, **tendones de preesforzado de 40 mm de diámetro y menores, alambres MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores** 20

En Otros elementos:

Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm), **tendones de preesforzado mayores de 40 mm de diámetro**..... 50

Barras No. 6 (3/4") ó **20M (20 mm) 18M (18 mm)** al No. 11 (1-3/8") ó **36M (36 mm) 32M (32 mm)**, **tendones de preesforzado mayores de 16 mm de diámetro hasta 40 mm de diámetro** 40

Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores, **tendones de preesforzado de 16 mm de diámetro y menores, alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores**..... 30

(b) Concreto no expuesto a la **acción de la intemperie** ni en contacto con **el suelo la tierra**:

En Losas, muros, y viguetas:

Barras No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm), **tendones de preesforzado mayores a 40 mm de diámetro**..... 30

Tendones de preesforzado de 40 mm de diámetro y menores..... 20

Barras No. 11 (1-3/8") ó **36M (36 mm) 32M (32 mm)** y menores, **alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores**..... 16 15

En Vigas, y columnas:

Refuerzo principal d_b
pero no menor de **16 15 mm y no mayor de ni hay necesidad de exceder**40 mm

Estribos, **flejes y espirales**.....10

En Cáscaras cascarones, y losas placas plegadas:

Tendones de preesforzado..... 20

Barras No. 6 (3/4") ó **20M (20 mm) 18M (18 mm)** y mayores..... 16 15

Barras No. 5 (5/8") ó 16M (16 mm) y menores, **Alambre MW200 ó MD200 (16 mm de diámetro) y menores**..... 10

C.7.7.4 — Paquetes de barras

El recubrimiento de concreto mínimo especificado para los paquetes de barras **no debe ser menor igual que el al diámetro** equivalente del paquete, **pero no sin necesita necesidad de ser mayor de 50 mm**; excepto para concreto **construido vaciado** contra **el suelo la tierra** y permanentemente expuesto a **él ella, caso cuyo en el cual el recubrimiento mínimo de concreto especificado no debe ser menor que de 75 70 mm**.²³⁶

C.7.7.5 — Pernos con cabeza para refuerzo de cortante

²³⁶ Aumento de 5 mm.

Para los pernos con cabeza para refuerzo de cortante, el recubrimiento especificado de concreto para las cabezas y la base común no debe ser menor que el requerido para el refuerzo en el tipo de elemento en el que se colocará el perno soldado con cabeza.

C.7.7.6 — Ambientes corrosivos

En ambientes corrosivos u otras condiciones severas de exposición, la protección del concreto debe aumentarse adecuadamente convenientemente el espesor del recubrimiento de concreto y deben cumplir los requisitos pertinentes para el lo cual debe tenerse en cuenta la impermeabilidad del concreto, basados en las categorías de exposición aplicables del Capítulo C.4, o bien, de lo contrario debe disponerse proporcionarse de otro tipo de protección.

C.7.7.6.1 — Para elementos de concreto preesforzado expuestos a medios corrosivos o a otras categorías severas de exposición como las definidas en el Capítulo C.4, y que se encuentran clasificadas como Clase T ó C en C.18.3.3, el recubrimiento de concreto especificado no debe ser menor de 1.5 veces el recubrimiento para los refuerzos preesforzados requeridos por C.7.7.2 ó C.7.7.3. Este requisito puede obviarse si la zona precomprimida de tracción no se encuentra en tracción bajo la acción de las cargas permanentes.

C.7.7.7 — Ampliaciones futuras Refuerzo en espera

El refuerzo expuesto, los insertos aditamentos y las platinas que sean pretendan unir con ampliaciones futuras conexiones en espera deben protegerse contra de la corrosión.

C.7.7.8 — Protección contra el fuego

Si el Título J del Reglamento NSR-10 requiere un espesor de recubrimiento para protección contra el fuego mayor que el recubrimiento de concreto dado en C.7.7.1 a C.7.7.7, debe especificarse ese espesor mayor (véase J.3.5.2). Cuando a juicio del Ingeniero Diseñador, el Supervisor Técnico o por solicitud del propietario, se requieran recubrimientos mayores de los indicados en C.7.7, para protección contra el fuego, deben utilizarse los recubrimientos contra el fuego que determine el Ingeniero Diseñador. Además, deben cumplirse los requisitos del Título J de este Reglamento.

C.7.7.8 - CONCRETO ABUZARDADO - En los elementos de concreto cuya superficie exterior se pica o abuzarda por razones estéticas, los recubrimientos dados en esta sección deben aumentarse en 10 mm en aquellas caras que se piquen²³⁷.

C.7.12 — Refuerzo de retracción y temperatura

C.7.12.1 — En losas estructurales reforzadas en una dirección donde el debe colocarse un refuerzo secundario para efectos de a flexión se extiende en una sola dirección, se debe colocar refuerzo normal al refuerzo a flexión para resistir los esfuerzos debidos a retracción de fraguado y temperatura en la dirección perpendicular al refuerzo principal. La relación de área de refuerzo a área bruta de concreto debe tener, como mínimo, uno de los siguientes valores, los cuales son aplicables cuando la losa puede expandirse o contraerse libremente, o cuando se admite que se presente fisuración sin ningún control especial, o cuando el control de fisuración es innecesario:

C.7.12.1.1 — El refuerzo de retracción y temperatura debe proveerse de acuerdo con C.7.12.2 ó C.7.12.3.

C.7.12.1.2 — Cuando los movimientos por retracción y temperatura están restringidos de manera significativa, deben considerarse los requisitos de C.8.2.4 y C.9.2.3.

C.7.12.2 — El refuerzo corrugado, que cumpla con C.3.5.3, empleado como refuerzo de retracción y temperatura debe colocarse de acuerdo con lo siguiente:

C.7.12.2.1 — La cuantía de refuerzo de retracción y temperatura debe ser al menos igual a los valores dados a continuación, pero no menos que 0.0014:

- (a) En losas donde se empleen barras corrugadas Grado 280 o 350 Para barras lisas, o corrugadas, con resistencia a la fluencia f_y menor o igual a 350 MPa..... 0.0020
- (b) Para En losas donde se empleen barras corrugadas Grado con f_y igual a 420 MPa o refuerzo mallas electrosoldado(a) de alambre liso o corrugado 0.0018

²³⁷ Es recomendable seguir aplicando este requisito.

(c) Para En losas donde se utilice refuerzo de una resistencia a la con punto de fluencia mayor que de 420 MPa, medida correspondiente a una deformación unitaria de fluencia de $\frac{0.35}{0.0018 \times 420}$ por ciento %..... f_y
 Pero no menor de 0.0014

C.7.12.2.2 — Este El refuerzo de retracción y temperatura no debe colocarse con una tener una separación no mayor de 5 veces el espesor de la losa ni de o 450 500 mm, la que sea menor.

Cuando la losa esté restringida, o no pueda expandirse o contraerse libremente, o cuando se desee controlar la fisuración, las cuantías mínimas anteriores deben multiplicarse por los siguientes factores:

- (a) para concreto expuesto a la intemperie 1.5
- (b) para concreto que no esté expuesto a la intemperie 1.25

C.7.12.2 - En losas aligeradas, el refuerzo para efectos de retracción y temperatura, colocado perpendicularmente a la dirección de las viguetas, debe tener las mismas cuantías especificadas anteriormente con relación a la plaqueta superior y a la plaqueta inferior, independientemente.

C.7.12.2.3 — C.7.12.3 — En todas las secciones donde se requiera necesite, el refuerzo por de retracción y temperatura, debe ser capaz de debidamente anclado para desarrollar la resistencia nominal a la fluencia f_y en tracción de acuerdo con los requisitos del Capítulo C.12 de este reglamento.

C.7.12.3 — C.7.12.4 El acero de preesforzado, que cumpla con C.3.5.6, empleado como refuerzo de retracción y temperatura, debe suministrarse sustituirse de acuerdo con lo siguiente:

C.7.12.3.1 — C.7.12.4 Este refuerzo Se deben producir diseñar los tendones para que produzcan producir un esfuerzo promedio de compresión ← mínima de 0.7 MPa en el la área sección bruta del concreto usando Este esfuerzos de preesforzado efectivo debe calcularse, después de las pérdidas, de acuerdo con C.18.6.

C.7.12.3.2 — C.7.12.4 El máximo espaciamiento entre los tendones no debe exceder 1.8 m.

C.7.12.3.3 — C.7.12.4 Si Cuando el espaciamiento entre los tendones excede(a) 1.4 m se debe colocarse refuerzo no preesforzado adherido adicional de retracción y temperatura, de acuerdo con en una cantidad igual a la pedida C.7.12.2 C.7.12.1, entre los tendones en los bordes de la losa, en una zona que se extiende este ultimo refuerzo debe llevarse por desde el borde en una distancia igual al espaciamiento entre de los tendones medida a partir del borde de la losa.

C.21.1.7.2 — No se puede soldar estribos, insertos, u otros elementos similares al refuerzo longitudinal requerido por el diseño.

CAPÍTULO C.19 — CÁSCARAS Y LOSAS PLEGADAS²³⁸

APÉNDICE C-D
 ANCLAJE AL CONCRETO²³⁹

ANEXO 11. CUESTIONARIO

²³⁸ Según las modificaciones técnicas y científicas de la actualización del reglamento, este capítulo es una actualización, pero en verdad es un elemento nuevo, ya que no existe el título y sus incisos son completamente diferentes de aquellos con los cuales se pudieran comparar, y que se encuentran dispersos por toda la norma saliente. El recubrimiento especificado para estos elementos se halla en la tabla C.23-C.7.7.1. Este tema está fuera del alcance del presente documento.

²³⁹ Este apéndice, anteriormente correspondía al capítulo C.23.

N°	Encuesta para determinar tendencias en la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto					Página	
						1 de 3	
Responsable		Tiempo estimado		Tiempo Real		Fecha	
José Miguel Palomino Sepúlveda		12	min		min	20	11
Nombre/Razón Social							
Correo electrónico				Celular			
1							
1- Tipo de Persona				8- Profesión			
a. Natural				a. Arquitecto			
b. Jurídica				b. Ingeniero Civil			
				c. Constructor			
2- Tipo de empresa				9- Actividad actual			
a. Mediana				a. Asesoría			
b. Pequeña				b. Diseño			
3- Edad (En años)				c. Construcción			
4- Tiempo de la empresa (En años)				d. Interventoría			
5- Número de trabajadores a cargo				10- Área que maneja			
6- Contratante frecuente				a. Hidráulica/Sanitaria			
a. Público				b. Estructuras o edificaciones			
b. Privado				c. Puentes			
7- Experiencia Gral. (En años)				d. Suelos			
				e. Vías			
2							
11- ¿Posee usted una biblioteca de consulta?				13- ¿Conoce y consulta la NSR-10?			
a. Si				a. Si			
b. No				b. No			
12- ¿Qué tipo de material bibliográfico posee?				14- La consulta de la norma NSR-10 la realiza			
a. La NSR-10				a. Siempre			
b. Normas NTC				b. A veces			
c. Revistas técnicas				c. Casi nunca			
d. Catálogos de productos				d. Nunca			
e. Teoría del concreto				15- ¿Identifica los cambios relacionados con la			
f. Normas extranjeras				Supervisión Técnica entre NSR-10 y NSR-98?			
g. Manuales				a. Si			
h. Otro ¿Cuál?				b. No			

N°	Encuesta para determinar tendencias en la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto	Página
		2 de 3

		3
16- ¿Utiliza formatos para agilizar el proceso de Supervisión Técnica?		18- ¿Qué formatos utiliza?
a. Si <input type="checkbox"/>		a. Listas de chequeo <input type="checkbox"/>
b. No <input type="checkbox"/>		b. Diagramas de flujo <input type="checkbox"/>
		c. Organigramas <input type="checkbox"/>
		d. Tablas <input type="checkbox"/>
17- ¿Estos formatos fueron diseñados por usted?		e. Bitácora de Supervisión <input type="checkbox"/>
a. Si <input type="checkbox"/>		f. Control de documentación <input type="checkbox"/>
b. No <input type="checkbox"/>		g. Otro ¿Cuál? <input type="checkbox"/>

		4
19- Presta usted los servicios de		20- ¿Cuáles de ellos los realiza personalmente?
a. Residencia de obra <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
b. Supervisión Técnica <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
21- Subcontrata servicios para realizar ensayos y pruebas		22- ¿Qué metodología emplea?
a. Si <input type="checkbox"/>		a. Programa de Control de Calidad <input type="checkbox"/>
b. No <input type="checkbox"/>		b. Control de Calidad Certificada <input type="checkbox"/>
23- Las veces en las que ha delegado su función. En escala de 1-10 y en términos generales ¿Cómo califica el desempeño de esta(s) persona(s)?		<input type="checkbox"/>
24- En escala de 1-10. Califique el desempeño de esta persona en las siguientes áreas específicas.		
a. Aspecto social <input type="checkbox"/>	b. Aspecto profesional <input type="checkbox"/>	c. Aspecto ético <input type="checkbox"/>
25- Como supervisor ¿Sobre cual requisito hace usted mayor énfasis? (Puede marcar más de uno)		
a. Planos y especificaciones <input type="checkbox"/>		
b. Control de materiales <input type="checkbox"/>		
c. Ensayos <input type="checkbox"/>		
d. Sistemas, procesos constructivos y mano de obra <input type="checkbox"/>		

26- Años de experiencia específica (aproximados) en Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto	<input type="text"/>
--	----------------------

		5
27- En cuales de los siguientes elementos ha encontrado más errores u omisiones en los planos estructurales. Seleccione solamente 3 de ellos		
a. Grado de definición (completos en número y contenido)	<input type="checkbox"/>	
b. Definición y consistencia de dimensiones, cotas y niveles,	<input type="checkbox"/>	
c. Consistencia entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas,	<input type="checkbox"/>	
d. Definición de las calidades de los materiales,	<input type="checkbox"/>	
e. Indicación de Cargas de diseño	<input type="checkbox"/>	
f. Casos Especiales: obras falsas, procedimientos, aditivos, tolerancias u otros.	<input type="checkbox"/>	
g. Coordinación de los planos arquitectónicos con los demás planos técnicos,	<input type="checkbox"/>	
h. Indicaciones generales.	<input type="checkbox"/>	
i. Otro ¿Cuál?	<input type="checkbox"/>	

ANEXO 12. FICHAS DE ENCUESTADOS

A continuación se muestran algunos de las respuestas de los encuestados:

N°	Encuesta para determinar tendencias en la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto		Página
			1 de 3
Responsable		Tiempo estimado	Tiempo Real
José Miguel Palomino Sepúlveda		12 min	min
		Fecha	
		dd	mm aa
Nombre/Razón Social Anibal Carrascal Luna			
Correo electrónico			
Celular			
			1
1- Tipo de Persona		8- Profesión	
a. Natural	1	a. Arquitecto	
b. Jurídica		b. Ingeniero Civil	1
		c. Constructor	
2- Tipo de empresa		9- Actividad actual	
a. Mediana		a. Asesoría	
b. Pequeña		b. Diseño	
3- Edad (En años)	38	c. Construcción	1
4- Tiempo de la empresa (En años)		d. Interventoría	
5- Número de trabajadores a cargo		10- Área que maneja	
6- Contratante frecuente		a. Hidráulica/Sanitaria	
a. Público		b. Estructuras o edificaciones	1
b. Privado	1	c. Puentes	
7- Experiencia Gral. (En años)	10	d. Suelos	
		e. Vías	
			2
11- ¿Posee usted una biblioteca de consulta?		13- ¿Conoce y consulta la NSR-10?	
a. Sí		a. Sí	1
b. No	1	b. No	
12- ¿Qué tipo de material bibliográfico posee?		14- La consulta de la Norma NSR-10 la realiza	
a. La NSR-10	1	a. Siempre	
b. Normas NTC		b. A veces	1
c. Revistas técnicas	1	c. Casi nunca	
d. Catálogos de productos	1	d. Nunca	
e. Teoría del concreto		15- ¿Identifica los cambios relacionados con la	
f. Normas extranjeras		Supervisión Técnica entre NSR-10 y NSR-98?	
g. Manuales		a. Sí	1
h. Otro ¿Cuál?		b. No	

N°	Encuesta para determinar tendencias en la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto		Página 2 de 3
			3
16-	¿Utiliza formatos para agilizar el proceso de Supervisión Técnica?		
a.	Si	<input type="text" value="1"/>	
b.	No		
17-	¿Estos formatos fueron diseñados por usted?		
a.	Si	<input type="text" value="1"/>	
b.	No		
18-	¿Qué formatos utiliza?		
a.	Listas de chequeo		
b.	Diagramas de flujo		
c.	Organigramas		
d.	Tablas		
e.	Bitácora de Supervisión		<input type="text" value="1"/>
f.	Control de documentación		
g.	Otro ¿Cuál?		
			4
19-	Presta usted los servicios de		
a.	Residencia de obra	<input type="text" value="Si"/>	
b.	Supervisión Técnica		<input type="text" value="Si"/>
21-	Subcontrata servicios para realizar ensayos y pruebas		
a.	Si	<input type="text" value="1"/>	
b.	No		
22-	¿Qué metodología emplea?		
a.	Programa de Control de Calidad		<input type="text" value="1"/>
b.	Control de Calidad Certificada		
23-	Las veces en las que ha delegado su función. En escala de 1-10 y en términos generales ¿Cómo califica el desempeño de esta(s) persona(s)?		<input type="text" value="7"/>
24-	En escala de 1-10. Califique el desempeño de esta persona en las siguientes áreas específicas.		
a.	Aspecto social	<input type="text" value="5"/>	
b.	Aspecto profesional	<input type="text" value="9"/>	
c.	Aspecto ético		<input type="text" value="8"/>
25-	Como supervisor ¿Sobre cual requisito hace usted mayor énfasis? (Puede marcar más de uno)		
a.	Planos y especificaciones		<input type="text" value="1"/>
b.	Control de materiales		<input type="text" value="1"/>
c.	Ensayos		
d.	Sistemas, procesos constructivos y mano de obra		<input type="text" value="1"/>
26-	Años de experiencia específica (aproximados) en Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto		<input type="text" value="3"/>
			5
27-	En cuales de los siguientes elementos ha encontrado más errores u omisiones en los planos estructurales (Seleccione máximo 3)		
a.	Grado de definición (completos en número y contenido)		<input type="text" value="1"/>
b.	Definición y consistencia de dimensiones, cotas y niveles,		
c.	Consistencia entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas,		
d.	Definición de las calidades de los materiales,		<input type="text" value="1"/>
e.	Indicación de Cargas de diseño		<input type="text" value="1"/>
f.	Casos Especiales: obras falsas, procedimientos, aditivos, tolerancias u otros.		
g.	Coordinación de los planos arquitectónicos con los demás planos técnicos,		
h.	Indicaciones generales.		
i.	Otro ¿Cuál?		

N°	Encuesta para determinar tendencias en la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto	Página
		3 de 3

28- Los resultados inesperados en los ensayos de control de calidad, en su mayoría se han debido a:

a. Mano de obra	1
b. Materiales	
c. Manipulación de las muestras	
d. Otro ¿Cuál?	

29- ¿En cuales de los siguientes factores de la ejecución, ha encontrado usted más errores?

(Seleccione máximo 5)

a. Almacenamiento de materiales.	
b. Dosificación de las mezclas de concreto y aplicación de aditivos.	1
c. Preparación del equipo y del lugar de colocación del concreto.	
d. Montaje de cimbras y encofrados.	1
e. Figurado del acero	
f. Colocación del refuerzo	1
g. Mezclado y transporte del concreto.	
h. Colocación y vibrado y curado del concreto.	
i. Cuidados para clima frío y cálido.	
j. Descimbrado, puntales y reapuntalamiento.	
k. Colocación de embebidos y anclajes al concreto.	
l. Trazado de juntas de construcción.	

30- De manera personal y profesional emita (brevemente) recomendaciones que según su criterio se deben tener en cuenta a la hora de ejercer la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto.

Supervisión directa del enfocado y colocación del acero para fundición de elementos.

Tiempo de desencofre.

Si el concreto es preparado en sitio, dirigir la preparación bajo diseño de mezcla o garantizar buena dosificación y materiales no contaminados.

Gracias por su atención

N°	Encuesta para determinar tendencias en la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto		Página 2 de 3
			3
16- ¿Utiliza formatos para agilizar el proceso de Supervisión Técnica?	18- ¿Qué formatos utiliza?		
a. Si	a. Listas de chequeo	1	1
b. No	b. Diagramas de flujo		1
	c. Organigramas		1
	d. Tablas		1
17- ¿Estos formatos fueron diseñados por usted?	e. Bitácora de Supervisión		1
a. Si	f. Control de documentación		1
b. No	g. Otro ¿Cuál?	1	
			4
19- Presta usted los servicios de	20- ¿Cuáles de ellos los realiza personalmente?		
a. Residencia de obra			
b. Supervisión Técnica		Si	Si
21- Subcontrata servicios para realizar ensayos y pruebas	22- ¿Qué metodología emplea?		
a. Si	a. Programa de Control de Calidad	1	1
b. No	b. Control de Calidad Certificada		
23- Las veces en las que ha delegado su función. En escala de 1-10 y en términos generales ¿Cómo califica el desempeño de esta(s) persona(s)?			7
24- En escala de 1-10. Califique el desempeño de esta persona en las siguientes áreas específicas.			
a. Aspecto social	6	b. Aspecto profesional	8
c. Aspecto ético			5
25- Como supervisor ¿Sobre cual requisito hace usted mayor énfasis? (Puede marcar más de uno)			
a. Planos y especificaciones			1
b. Control de materiales			1
c. Ensayos			
d. Sistemas, procesos constructivos y mano de obra			1
26- Años de experiencia específica (aproximados) en Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto			
			5
27- En cuales de los siguientes elementos ha encontrado más errores u omisiones en los planos estructurales (Seleccione máximo 3)			
a. Grado de definición (completos en número y contenido)			
b. Definición y consistencia de dimensiones, cotas y niveles,			
c. Consistencia entre las diferentes plantas, alzados, cortes, detalles y esquemas,			
d. Definición de las calidades de los materiales,			1
e. Indicación de Cargas de diseño			
f. Casos Especiales: obras falsas, procedimientos, aditivos, tolerancias u otros.			1
g. Coordinación de los planos arquitectónicos con los demás planos técnicos,			1
h. Indicaciones generales.			
i. Otro ¿Cuál?			

N°	Encuesta para determinar tendencias en la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto	Página
		3 de 3

28- Los resultados inesperados en los ensayos de control de calidad, en su mayoría se han debido a:

a. Mano de obra	1
b. Materiales	
c. Manipulación de las muestras	
d. Otro ¿Cuál?	

29- ¿En cuales de los siguientes factores de la ejecución, ha encontrado usted más errores?

(Seleccione máximo 5)

a. Almacenamiento de materiales.	
b. Dosificación de las mezclas de concreto y aplicación de aditivos.	1
c. Preparación del equipo y del lugar de colocación del concreto.	1
d. Montaje de cimbras y encofrados.	
e. Figurado del acero	
f. Colocación del refuerzo	
g. Mezclado y transporte del concreto.	1
h. Colocación y vibrado y curado del concreto.	1
i. Cuidados para clima frío y cálido.	1
j. Descimbrado, puntales y reapuntalamiento.	
k. Colocación de embebidos y anclajes al concreto.	
l. Trazado de juntas de construcción.	

30- De manera personal y profesional emita (brevemente) recomendaciones que según su criterio se deben tener en cuenta a la hora de ejercer la Supervisión Técnica de Estructuras de Concreto.

Selección de los materiales de construcción.

Presencia de un profesional durante el mezclado.

Gracias por su atención