


Consideraciones técnicas para la revisión de diseños y planos estructurales de edificaciones de concreto reforzado según la NSR-10

Technical considerations for the review of designs and structural plans of reinforced concrete buildings according to NSR-10

a Jesús David Márquez Montejó, b. Yeiber Alexander Vargas Martínez, c Nelson Afanador García

 a. Ingeniero Civil, jdmarquezm@ufpso.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia

 b. Esoecialista, yavargasm@ufpso.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia

 c. Doctor en estructuras, nafanadorg@ufpso.edu.co, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia

Recibido: Julio 1 de 2021 Aceptado: Noviembre 8 de 2021

Forma de citar: J.D Márquez-Montejó, Y.A Vargas-Martínez, N. Afanador-García “Consideraciones técnicas para la revisión de diseños estructurales de edificios de concreto reforzado según la NRS-10”,

Mundo Fesc, vol. 12, no. 24, pp. 98-106, 2022

Resumen

El municipio de Ocaña, Norte de Santander, ha venido presentando un crecimiento de población en los últimos años, lo cual se ve reflejado significativamente en la construcción de edificaciones ejecutadas en algunos casos por empresas privadas o públicas, las cuales deben realizar los respectivos tramites de licencia que exigen como requisito principal los diseños estructurales. Dichos diseños, deben cumplir los requisitos mínimos de diseño y construcción para edificaciones sismo resistentes junto con lineamientos técnicos de materiales y aquellos que requieran su uso. Teniendo en cuenta lo anterior, el proyecto planteado ofrece a entidades públicas y privadas dedicadas al diseño estructural consideraciones técnicas basadas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 para agilizar revisiones de planos estructurales y memorias de cálculo que involucren el análisis y diseño estructural de todos los elementos que componen el sistema estructural y elementos estructurales secundarios de edificaciones de concreto reforzado. La investigación recopila y ordena los criterios técnicos y normativos mínimos para realizar la revisión técnica a elementos estructurales mediante información del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y bibliografía complementaria.

Palabras clave: Cargas, concreto, diseño estructural, edificación, planos estructurales

Autor para correspondencia: *Correo electrónico:
jdmarquezm@ufpso.edu.co



Abstract

The municipality of Ocaña, Norte de Santander, has been presenting a population growth in recent years, which is significantly reflected in the construction of buildings executed in some cases by private or public companies, which must carry out the respective procedures of license required as a main requirement for structural designs. These designs must meet the minimum design and construction requirements for earthquake resistant buildings together with technical guidelines for materials and those that require their use. Taking into account the above, the proposed project offers public and private entities dedicated to structural design technical considerations based on the Colombian Regulation for Earthquake Resistant Construction NSR-10 to expedite reviews of structural plans and calculation reports that involve structural analysis and design. of all the elements that make up the structural system and secondary structural elements of reinforced concrete buildings. The research compiles and orders the minimum technical and regulatory criteria to carry out the technical review of structural elements through information from the Colombian Regulation of Seismic Resistant Construction NSR-10 and complementary bibliography.

Keywords: Loads, concrete, structural design, building, structural plans

Introducción

Los diseños estructurales en Colombia de edificaciones deben dar cumplimiento al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, el cual contiene los lineamientos técnicos mínimos a considerar para garantizar el correcto comportamiento estructural de las edificaciones según su uso. Sin embargo, en muchas empresas que no cuentan con especialistas en estructuras o en su defecto alcaldías municipales donde la secretaria de planeación reemplaza la curaduría, la función de revisión de los diseños y planos estructurales la realizan ingenieros civiles o arquitectos que normalmente no cuentan con el conocimiento de la normatividad respectiva haciendo las revisiones superficialmente, debido a que una revisión profunda implicaría estudiar varios títulos de [1] como el título A, título B y título C en lo que se refiere al diseño de edificaciones de concreto reforzado.

En Ocaña, al igual que en numerosos municipios de Colombia, la mayoría de construcciones se llevan a cabo de manera empírica, sin ningún apego a los criterios normativos. En relación con la vulnerabilidad sísmica que tienen las edificaciones en el municipio de Ocaña, la investigación realizada al barrio Cristo Rey demostró que es altamente vulnerable a eventos sísmicos, pues sus construcciones presentan diversas patologías que van desde irregularidades en planta, vertical y riesgo geológico, además las viviendas fueron construidas sin atender las

disposiciones de códigos de construcción [2].

Lo anterior evidencia la importancia de que las construcciones en la etapa de diseño se realicen teniendo en cuenta requisitos mínimos de diseño y construcción, efectuando el estudio detallado del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 compuesto por 11 títulos, los cuales se dividen en capítulos. Es así, que la presente investigación ofrece de forma organizada los diferentes criterios técnicos para lograr una correcta supervisión de los diseños estructurales y planos de los elementos de concreto reforzado de las edificaciones como zapatas, vigas, columnas, losas aligeradas y escaleras, como apoyo tanto para el ámbito profesional como para el académico.

Metodología

El tipo de investigación desarrollada tuvo un enfoque descriptivo cualitativo, donde se establecieron consideraciones técnicas para la revisión de los diseños estructurales y sus respectivos planos con criterios técnicos y normativos mínimos dados por la NSR-10. A continuación, se describen las fases realizadas para el desarrollo de la investigación:

Fase 1.

Revisión documental del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Normas Técnicas Colombianas y fuentes bibliográficas complementarias para la identificación de normatividad aplicable

a la revisión de diseños estructurales y planos de edificaciones de concreto reforzado.

Fase 2.

Identificación de las consideraciones técnicas para revisión de diseños estructurales de edificaciones de concreto reforzado.

Fase 3.

Identificación de las consideraciones técnicas para revisión de planos estructurales de los elementos de concreto reforzado pertenecientes a edificaciones.

Resultados

Para cada fase descrita anteriormente, se tienen los siguientes resultados:

Revisión documental

Realizando una revisión exhaustiva de varios documentos, como las Normas Técnicas Colombianas (NTC), el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 y diversas fuentes bibliográficas, se identificó la normativa vigente y aplicable para la revisión de los diseños estructurales y planos de edificaciones de concreto reforzado. La normativa más importante identificada con su respectiva sección o capítulo fue la siguiente:

Procedimiento de diseño. El diseño y construcción de edificaciones se debe establecer de acuerdo con la siguiente normatividad:

Capítulo A.1.3, Título C, NSR-10, Procedimiento de diseño y construcción de edificaciones, de acuerdo con el reglamento [3].

Diseño estructural. Para el diseño estructural de los diferentes elementos estructurales de concreto reforzado se debe tener en cuenta la siguiente normatividad:

- Título A, NSR-10, Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente [4].
- Título B, NSR-10, Cargas [5].
- NTC 2289 (o ASTM A706M). Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto [6].
- Capítulo C.3, Título C, NSR-10, Materiales [7].
- Capítulo C.4, Título C, NSR-10, Requisitos de durabilidad [8].
- Capítulo C.7, Título C, NSR-10, Detalles del

refuerzo [9].

- Capítulo C.9, Título C, NSR-10, Requisitos de resistencia y funcionamiento [10].
- Capítulo C.15, Título C, NSR-10, Cimentaciones [11].
- Capítulo C.21, Título C, NSR-10, Requisitos de diseño sismo resistente [12].

Planos estructurales.

Para el control de planos y revisión de los mismos se debe tener en cuenta la siguiente normatividad:

- Capítulos A.1.5, Título A, NSR-10, Diseños, planos, memorias y estudios [13].
- Capítulo I.2.4.2, Título I, Control de planos [14].
- Capítulo 15.2, AIS 114-17, Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado de tamaño y altura limitados [15].

Identificación de las consideraciones técnicas para diseños estructurales.

Tras realizar la revisión documental, se establecieron las consideraciones para determinar tanto los criterios técnicos como normativos para la revisión de diseños estructurales de los elementos estructurales de edificaciones de concreto reforzado. En cuanto al procedimiento de diseño se debe garantizar los siguientes pasos, los cuales se resumen de la Tabla A.1.3-1 del título A de [1]:

- Dimensionamiento inicial de los elementos estructurales.
- Análisis de las cargas definitivas.
- Determinación de la amenaza sísmica del sitio.
- Movimientos debido al sismo de diseño.
- Determinación de la capacidad de disipación de energía de la estructura.
- Determinación de las irregularidades y método de análisis de la estructura.
- Cálculo de la masa de la edificación y cortante basal sísmico.
- Análisis sísmico de la estructura.
- Obtención de los desplazamientos horizontales de la estructura.
- Control de derivas.
- Definición de las combinaciones de cargas.
- Diseño estructural de los elementos.

A continuación, se describen los parámetros

básicos para la revisión de diseños estructurales.

Dimensiones de zapatas. La altura de la zapata sobre el refuerzo inferior no debe ser menor de 150 mm para zapatas apoyadas sobre el suelo, ni menor de 300 mm en el caso de zapatas apoyadas sobre pilotes [16]. Teniendo en cuenta lo anterior, si se considera el recubrimiento inferior de la zapata (7.5 mm) la altura de la zapata apoyada sobre el suelo debe ser mayor a 22.5 mm (ver Figura 1).

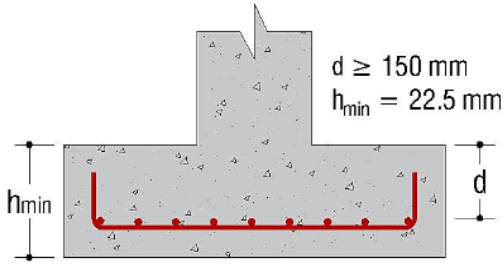


Figura 1. Zapata sobre el suelo

Dimensiones vigas de amarre. Las dimensiones de las vigas de amarre deben establecerse en función de las solicitaciones que las afecten [17]. La sección C.15.13.3.1 del título C de [1], indica que las dimensiones mínimas de las vigas de amarren se relacionan directamente con la capacidad de disipación de energía de la estructura y la luz, estableciendo las siguientes dimensiones mínimas de la sección transversal: para estructuras con capacidad de disipación de energía especial (DES) la luz (L) dividida entre 20 (L/20); para estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) la luz dividida entre 30 (L/30); y finalmente para estructuras con capacidad de disipación de energía mínima (DMI) la luz dividida entre 40 (L/40).

Alturas o espesores mínimos de vigas aéreas. Según la NSR-10 se deben definir dimensiones tentativas para realizar una evaluación preliminar de las solicitaciones de la estructura, para dicho fin un buen predimensionamiento de la altura de la viga se puede realizar con las siguientes tablas: Tabla C.9.5(a), Título C, NSR-10, Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones [18]; y la Tabla CR.9.5, Título C, NSR-10, Alturas o espesores mínimos recomendados para vigas no preesforzadas o losas reforzadas

en una dirección que soporten muros divisorios y particiones frágiles susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes, a menos que se calculen las deflexiones [18].

Base mínima de vigas aéreas. Para determinar el predimensionamiento de la base de la viga se debe tener en cuenta la capacidad de disipación de energía de la estructura, de tal forma que: para vigas con capacidad de disipación de energía (DMO) el ancho del elemento, bw, no debe ser menor que 200 mm [19]; para vigas con capacidad especial de disipación de energía (DES) el ancho del elemento, bw, no debe ser menor que el mayor valor entre 0.3h y 250 mm [20].

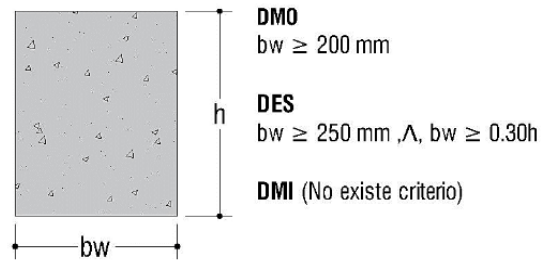


Figura 2. Criterio para la base de vigas

Dimensiones mínimas de columnas. Las dimensiones mínimas de columnas están en función del grado de disipación de energía de la estructura, como se muestra en la Tabla 1:

Tabla I. Dimensiones mínimas de columnas, NSR-10

Amenaza sísmica y capacidad de disipación de energía	Referencia Título C, NSR-10	Área mínima (cm ²)	Sección transversal (cm)
Baja (DMI)	No aplica	No aplica	No aplica
Intermedia (DMO)	C.21.3.5.1	625	25 x 25
Alta (DES)	C.21.6.1.1	900	30 x 30

Losa aligerada en una dirección. Los criterios para el predimensionamiento de los elementos de una losa aligerada en una dirección se encuentran registrado en el capítulo C.8.13 del Título C de [1]. Para la altura de la losa (h), esta debe cumplir los criterios de las tablas C.9.5 (a) y CR.9.5 según sea el caso con el fin de no chequear deflexiones [21]. En la Figura 3 se puede observar los elementos de una losa aligerada en una dirección.

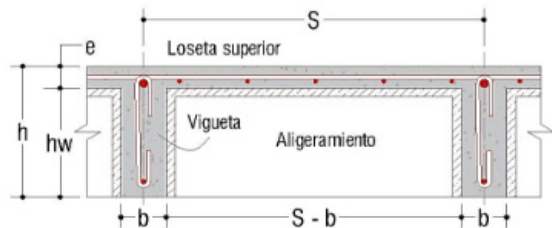


Figura 3. Losa aligerada en una dirección

El ancho de las nervaduras no debe ser menor de 100 mm en su parte superior y su ancho promedio no puede ser menor de 80 mm; y debe tener una altura no mayor de 5 veces su ancho promedio [22]. En referencia al ancho aferente (S) se tiene que, para losas nervadas en una dirección, la separación máxima entre nervios, medida centro a centro, no puede ser mayor que 2,5 veces el espesor total de la losa, sin exceder 1,20 m [22]. Para la loseta superior (e), la porción vaciada en sitio de la losa superior debe tener al menos 45 mm de espesor, pero esta no debe ser menor de $1/20$ de la distancia libre entre los nervios. El espesor de la losa de concreto vaciada en sitio sobre aligeramientos permanentes de concreto, de arcilla cocida, o plaquetas prefabricadas, la parte vaciada en sitio del espesor mínimo de la loseta superior puede reducirse a 40 mm [22].

Acero de refuerzo. El refuerzo debe ser corrugado. El refuerzo liso solo puede utilizarse en estribos, espirales o tendones, y refuerzo de repartición y temperatura [23]. Las barras de refuerzo corrugado deben ser de acero de baja aleación que cumpla con la norma NTC 2289 (ASTM A706M) [24].

Resistencia a la fluencia. El acero de refuerzo corrugado utilizado en estructuras DMO y DES deben cumplir la NTC 2289, grado 420 MPa. Según la NSR-10, en elementos de estructuras tipo pórtico, muros estructurales y vigas de acople donde el acero de refuerzo tiene la obligación de resistir fuerzas tanto axiales como de flexión causadas por evento sísmico deben cumplir lo siguiente en cuanto a resistencia a la fluencia: (a) La resistencia real a la fluencia basada en ensayos 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 [25].

Protección de concreto para el refuerzo. Según el capítulo C.7.7 del título C de [1] para concreto

construido en sitio: para zapatas 75 mm; para losas, muros y viguetas con barra No. 11 o 36M y menores, 20 mm; y para vigas y columnas con armadura principal, estribos y espirales, se tiene un recubrimiento mínimo de 40 mm.

Ganchos sísmicos. Para estructuras sismo resistente diseñadas con capacidad de disipación DMO y DES, los estribos de confinamiento deben tener ganchos sísmicos con doblez de 135° o mayor y la extensión del mismo debe tener un valor de seis veces el diámetro de la barra ($6db$) pero mayor a 75 mm. Para ganchos suplementarios igualmente se aplica el doblez de 135° , o mayor, con la extensión de $6db$ pero mayor a 75 mm y adicional se permite que uno de los extremos tenga un doblez de 90° , o mayor, con la extensión de $6db$. Los ganchos sísmicos están definidos en C.2.2 [9].

Diámetros mínimos de doblado. Los diámetros de doblado para barras con excepción de estribos de $3/8''$ ó 10 mm a $5/8''$ ó 16 mm deben cumplir con los valores mínimos en la tabla C.7.2 del título C de [1].

Estribos cerrados de confinamiento en vigas DMO. En vigas con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) se debe considerar una zona confinada a ambos extremos de la viga con una longitud de 2 veces la altura de la viga ($2h$) donde se debe proporcionar estribos cerrados de confinamiento mínimo de $3/8''$ o 10 mm. El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados no debe exceder el menor de (a), (b), (c) y (d) [26]: ver Figura 4.

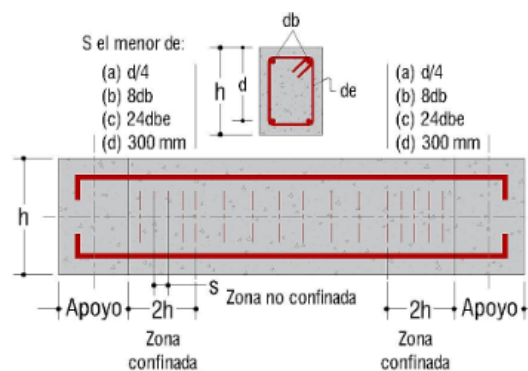


Figura 4. Estribos cerrados de confinamiento DMO

Diámetro mínimo de barra longitudinal para vigas DMO. Para vigas como capacidad DMO debe colocarse como mínimo dos barras de longitud continua con diámetro igual o mayor a 1/2" o 12 mm en la parte superior y en la parte inferior.

Empalmes por traslapes en vigas DMO. No se permiten empalmes por traslapes dentro de los nudos [26]. Esto se realiza con el fin de que los esfuerzos concentrados en los nodos de las vigas no debiliten los traslapes y puedan transmitirse de manera adecuada los esfuerzos en las barras.

Estribos cerrados de confinamiento en vigas DES. Aplica zona de confinamiento a 2h de la cara del apoyo. El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de (a),

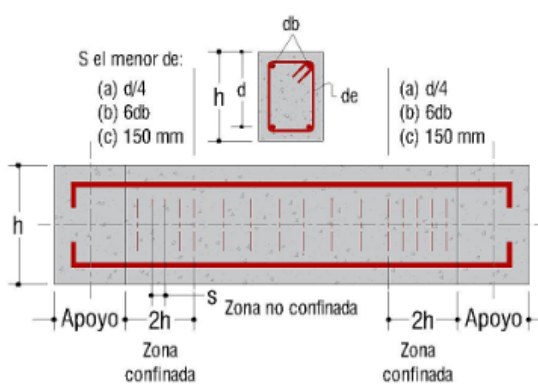


Figura 5. Estribos cerrados de confinamiento DES

Empalmes por traslapes en vigas DES. Los traslapes del refuerzo a flexión se permiten cuando en su longitud se colocan estribos cerrados de confinamiento o espirales. En la longitud traslapada se debe proporcionar refuerzo transversal con una separación que no supere a la altura efectiva de la viga dividida entre 4 (d/4) y 100 mm. Con el fin de que los traslapes cumplan su función de transmisión de esfuerzo en las barras estos no se deben ubicar en ninguna de las siguientes posiciones: en los nudos; en la zona confinada (2h) en los extremos de la viga; y donde el análisis indique fluencia por flexión causada por desplazamientos laterales inelásticos del pórtico [20].

Acero de refuerzo transversal para columnas. La Figura 6 se construye teniendo en cuenta

el capítulo C.21.3.5, del título C de [1] para columnas DMO y el capítulo C.21.6.4 del título C de [1] para columnas DES.

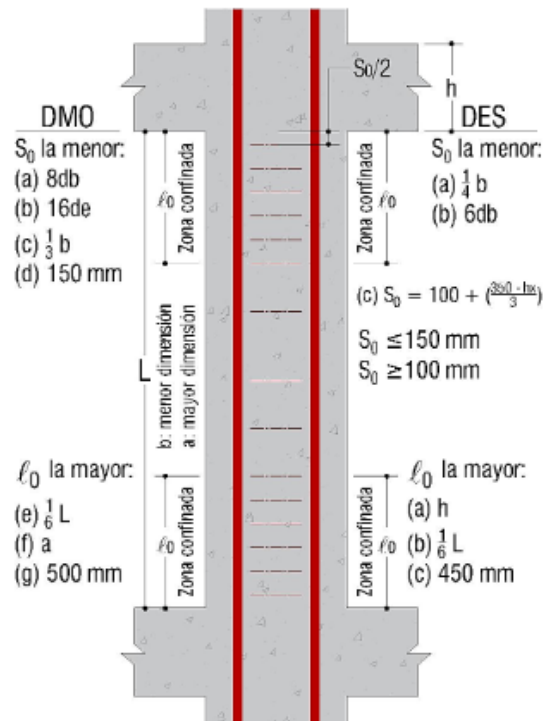


Figura 6. Acero de refuerzo transversal columnas

Identificación de las consideraciones técnicas para planos estructurales.

Al realizar la revisión documental, se determinaron las consideraciones para establecer los criterios tanto técnicos como normativos para la revisión de planos estructurales en cuanto a especificaciones y contenido:

Contenido de planos estructurales. Los planos estructurales deben ir firmados por un ingeniero civil facultado para ese fin y quien obra como diseñador estructural responsable [13]. Realizando un resumen de las especificaciones que debe contener los planos estructurales se tienen las siguientes:

Especificaciones de materiales. Los planos deben llevar explícito las especificaciones de la resistencia del concreto y del acero, así como las especificaciones de calidad de materiales como mampostería, mortero y madera estructural. En general, se debe plasmar dentro de los planos todos los parámetros relevantes para la construcción y seguimiento de la estructura.

Dimensiones y localización. Los elementos estructurales deben contar con las especificaciones de tamaño, localización y refuerzo según los cálculos del diseño estructural.

Precauciones. Se debe especificar los valores de contraflechas si son necesarios con el fin de garantizar el estado de servicio de la estructura. Conexiones. Es de gran importancia especificar las características de las conexiones tales como: tipo, localización, empalmes entre los elementos de refuerzo y detalles entre otros.

El grado de capacidad de disipación de energía. Se debe evidenciar en los planos la capacidad de disipación de energía de la estructura con la que fue diseñada.

Cargas verticales. Se debe registrar tanto las cargas vivas como las muertas con la cual se realizaron los cálculos en el diseño.

Grupo de uso. Grupo de uso al cual pertenece la edificación. [13]

Memorias.

Los planos deben ir acompañados por memorias de diseño y cálculo en las cuales se describan los procedimientos por medio de los cuales se realizaron los diseños [13]. Para mayor detalle de las memorias estructurales se debe consultar el capítulo A.1.5.3.1, título C de [1].

Control de planos.

El control de planos por parte del supervisor técnico independiente consistirá, como mínimo, en constatar la existencia de todas las indicaciones necesarias para poder realizar la construcción de la cimentación, la estructura y los elementos no estructurales de una forma adecuada, con los estudios geotécnicos, planos estructurales y de elementos no estructurales del proyecto [14]. El supervisor técnico independiente según el alcance del control de planos, no estará obligado a la revisión de los estudios, diseños y planos, sin embargo, si detecta errores o falta de indicaciones para la construcción en lo referente a los estudios geotécnicos, diseños estructurales o de los elementos no estructurales, este llevará su función a la notificación oportuna de la novedades a los profesionales encargados de cada estudio (Geotecnista, diseñador estructural y diseñador de los elementos no estructurales).

Planos estructurales y especificaciones

Los planos estructurales se deben dividir en planos estructurales generales y planos de detalles y colocación de refuerzo, o listados relacionados. Todos los planos estructurales deben estar firmados por el diseñador estructural y deben incluir: Nombre del proyecto, fecha en que se realizó el proyecto, nombre del diseñador estructural, nombre y fecha de adopción de la versión del reglamento utilizado en el diseño, carga viva y demás cargas empleadas en el diseño, resistencia a la compresión del concreto especificada a las edades establecidas para la construcción para cada miembro de la estructura, resistencia especificada o grado del refuerzo y relación de las limitaciones con respecto a: ocupación, número máximo de pisos, área máxima por piso, luz máxima de vanos, número mínimo de vanos, longitud máxima de voladizo, pendiente máxima de losas, vigas maestras, vigas y viguetas, y pendiente máxima del terreno [15].

Cargas.

Las cargas diferentes a las sísmicas utilizadas en el diseño deben estar sujetas a los requisitos del título B de la [1] y el diseño de los elementos que componen la estructura de la edificación debe hacerse para la combinación de carga crítica [5]. Las cargas empleadas en el diseño estructural deben registrarse en las respectivas memorias de cálculo y planos estructurales.

Es de tener en cuenta, que los requisitos y procedimientos planteados anteriormente son requisitos mínimos según la NSR-10. En vivienda es de gran importancia debido a que los nuevos proyectos de vivienda tipo VIS han sido diseñados para cumplir las normas referentes a sismo resistencia a nivel estructural [27]

Conclusiones

Identificar la normativa aplicable a diseños y planos estructurales conduce a que los profesionales se desempeñen adecuadamente en cargos como residentes de obra, interventores, supervisores y revisores. En la revisión documental, se determina que la NTC 2289, es de gran ayuda para evaluar las propiedades del acero de refuerzo a utilizar en los diseños estructurales, sin embargo, la normativa más aplicable al diseño estructural de edificaciones

de concreto reforzado fue el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, especialmente el Título A, Título B y el Título C.

Las consideraciones técnicas establecidas para los diseños estructurales en el presente artículo son criterios técnicos y normativos mínimos que un profesional puede chequear en un proyecto de edificación de concreto reforzado para detectar posibles inconsistencias. Sin embargo, es de aclarar que, si se detectan inconsistencia en la revisión del cumplimiento de los requisitos mínimos, el revisor no podrá realizar ningún cambio, debido a que esto solo lo podrá hacer el Ingeniero civil responsable del diseño estructural quien firma las memorias de cálculo y planos estructurales. Asimismo, se debe tener en cuenta que las dimensiones finales y las cuantías de acero de refuerzo de los elementos estructurales se obtienen del análisis estructural y el diseño de los elementos estructurales con la utilización de software especializados y el conocimiento del diseñador estructural responsable.

Es de vital importancia que los planos estructurales presentados como requisito de licencia de construcción a las curadurías municipales, cumplan con los requisitos mínimos aquí planteados, debido a que estos planos estructurales deben describir los detalles necesarios para la construcción de la edificación. Los planos estructurales deben ser explícitos en la ubicación de los elementos estructurales, dimensiones, detalle del refuerzo, niveles, especificaciones técnicas de los materiales, cargas utilizadas y recomendaciones específicas y generales que el diseñador estructural crea necesarias.

Referencias

- [1] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [2] D. M. Criado Rodríguez, W. A. Pacheco Vergel y N. Afanador García, “Vulnerabilidad sísmica de centros poblados: estudio de caso,” *Rev. Ingenio*, vol. 17, n° 1, pp. 43-48, Enero 2020. Doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2441>
- [3] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título A: capítulo A.1.3 - Procedimiento de diseño y construcción de edificaciones, de acuerdo con el reglamento”. de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [4] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título A: Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente”. de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [5] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título B: cargas”. de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [6] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Barras corrugadas y lisas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto, NTC 2289, Bogotá, 2007
- [7] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.3 - Materiales”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [8] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.4 - Requisitos de durabilidad”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [9] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.7 - Detalles del refuerzo”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [10] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.9 - Requisitos de resistencia y funcionamiento”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [11] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.15 - Cimentaciones”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [12] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.21 - Requisitos

- de diseño sismo resistente”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [13] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título A: capítulo A.1.5 - Diseños, planos, memorias y estudios”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [14] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título I: capítulo I.2.4.2 - Control de Planos”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [15] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Capítulo 15.2 - Planos estructurales”. de Requisitos esenciales para edificaciones de concreto reforzado de tamaño y altura limitados AIS 114-17, Bogotá, 2017
- [16] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.15.7 - Altura mínima de las zapatas”. de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [17] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.15.13.3”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [18] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.9.5 - Control de deflexiones”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [19] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.21.3.4 - Viga con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [20] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.21.5 - Elementos sometidos a flexión en pórticos especiales resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (DES)”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [21] J. D. Márquez Montejo, N. Afanador García y G. Guerrero Gómez, “Capítulo 2: predimensionamiento de la estructura”, de GUÍA DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL II, Análisis estructural de una edificación con sistema estructural de pórtico resistente a momentos de concreto reforzado según la NSR-10, Primera ed., Bogotá, Ecoe Ediciones, 2021
- [22] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.8.13 - Viguetas en losas nervadas”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [23] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.3.5 - Acero de refuerzo”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [24] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.3.5.3 - Acero corrugado”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [25] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.21.1.5 - Refuerzo en estructuras con capacidad de disipación de energía moderada (DMO) y especial (DES)”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [26] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, “Título C: capítulo C.21.3.4 - Vigas con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)”, de Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Bogotá, 2010
- [27] J. A. Vallejo Borda, “Comparación de procesos de evacuación en edificaciones residenciales multifamiliares”, *Revista Ingenio*, vol. 17, n° 1, pp. 49-55, 2020. Doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2379>