

**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA
REVISIÓN, EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROYECTOS ESTRUCTURALES
DE LA CURADURÍA URBANA PRIMERA DE POPAYÁN**



**PRESENTADO POR:
ADRIANA CADENA DURAN
Cód. 100411023940**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
POPAYÁN-CAUCA
2016**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS**

**PARTICIPACIÓN COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA
REVISIÓN, EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PROYECTOS ESTRUCTURALES
DE LA CURADURÍA URBANA PRIMERA DE POPAYÁN**



**PROYECTO FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD PRÁCTICA
PROFESIONAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:
ADRIANA CADENA DURAN
Cód. 100411023940**

**DIRECTOR:
ING. ALFER LEIBER SILVA CERÓN**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS
POPAYÁN-CAUCA
2016**



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
1. JUSTIFICACIÓN.....	6
2. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo General.....	7
2.2. Objetivos Específicos.....	7
2.3. Antecedentes	8
2.4. Alcance	9
3. ENTIDAD RECEPTORA.....	10
3.1. Contratista Independiente.....	10
3.2. Ubicación De La Empresa.....	10
3.3. Actividades Desarrolladas Por La Entidad.....	10
4. MARCO TEÓRICO	11
4.1. Artículo 2.2.6. Definición de Curaduría Urbana	11
4.2. Licencias Expedidas Por las Curadurías.....	11
4.2.1. Artículo 2.2.6.1.1.4. Licencia de urbanización.	11
4.2.2. Artículo 2.2.2.1.5.2.2. Licencia de parcelación.	12
4.2.3. Artículo 2.2.6.1.1.6. Licencia de subdivisión	12
4.2.4. Artículo 2.2.6.1.1.7. Licencia de construcción y sus modalidades.	12
4.2.4.1. Modalidades de la licencia de construcción.	13
4.3. Documentación Necesaria en los Proyectos Estructurales.....	15
4.3.1. Edificación Nueva.....	15
4.3.2. Edificación Existente	18
5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PRÁCTICA	19
5.1. Cronograma de Actividades:.....	19
5.2. Funciones:	20
6. REVISION DE LOS PROYECTOS ESTRUCTURALES.....	21
6.1. Revisión de la parte Arquitectónica.....	21



El Curador Urbano, quien es el encargado de realizar las revisiones arquitectónicas procede entre otras actividades técnicas a: 21

6.2. Revisión Memoria Geotécnica: 22

6.3. Revisión de la Memoria Estructural: 25

6.4. Revisión de los Planos Estructurales de la Edificación 38

6.4.1. Revisar las Plantas Estructurales 38

6.4.2. Revisar la Cimentación: 39

6.4.3. Columnas: 48

6.4.4. Vigas Aéreas: 55

6.4.5. Muros Estructurales: 59

6.4.6. Losas 60

7. ERRORES FRECUENTES EN LOS PROYECTOS ESTRUCTURALES 64

9. DOCUMENTOS DE NOTIFICACIÓN 76

10. FORMATOS ELABORADOS POR EL PASANTE PARA OBTENCIÓN DE MAYOR EFICIENCIA EN LAS REVISIONES DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DEL REGLAMENTO NSR-10. 84

11. CONTROL DE CALIDAD EN LAS OBRAS 86

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 89

13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 91

14. ANEXOS 92



INTRODUCCIÓN

Es de vital importancia conocer los requerimientos que exige el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10 para el diseño de las edificaciones, pues toda estructura debe ser capaz de soportar las diferentes acciones que la puedan solicitar durante la construcción y el periodo de vida útil, por ello, se han establecido diversos controles para garantizar el cumplimiento de las exigencias del reglamento en cada uno de los proyectos sometidos a estudio.

Popayán, al estar en una zona de amenaza sísmica alta, presenta un alto riesgo respecto a los daños que puede sufrir una estructura a causa de un sismo. Es por ello que se pretende realizar diseños apropiados en donde se garantice que estas estructuras serán capaces de soportar un sismo de diseño de manera dúctil permitiendo que se logren así edificaciones seguras, resistentes y duraderas.

Para realizar el control de lo antes descrito, existen entidades conocidas como las Curadurías Urbanas, quienes se encargan de hacer las respectivas revisiones de cada uno de los proyectos, las cuales consisten en supervisar planos arquitectónicos, estudios de suelos, memorias de cálculo, planos estructurales, y diseño de elementos no estructurales, con el objetivo de que se pueda lograr diseños confiables, factibles y duraderos y de acuerdo a los requerimientos del Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.



1. JUSTIFICACIÓN

La pasantía es un medio ideal para acercarse al ambiente laboral y desempeñar los conocimientos adquiridos durante la formación académica. Por lo anterior, el desarrollo de la práctica profesional con el ingeniero JOHN JAIRO LEDEZMA SOLANO constituye una importante contribución que permite obtener experiencia en un escenario real, donde se aprende acerca de los procesos y requerimientos mínimos necesarios para la realización de un adecuado diseño estructural, adquiriendo además un amplio conocimiento en el manejo de herramientas tecnológicas para dibujo y análisis estructural, así mismo como en la interpretación de planos, de acuerdo a las exigencias del Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.

En este orden de ideas, este proyecto de pasantía, fue encaminado a desarrollar las labores que se llevaron a cabo en la Curaduría Urbana Primera de Popayán (Cauca – Colombia), las cuales consistieron en la participación de los procesos de revisión de proyectos que se someten a estudio, específicamente en el área de estructuras, para verificar la conformidad de los estudios de suelos, memorias de cálculo, diseño y presentación de los planos de acuerdo al Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Participar como auxiliar de ingeniería civil en los procesos de revisión y evaluación de proyectos estructurales para la aprobación de licencias de construcción en la curaduría urbana primera de Popayán, de acuerdo a los requerimientos del REGLAMENTO COLOMBIANO DE SISMO RESISTENCIA NSR-10 para zonas de amenaza sísmica alta (DES).

2.2. Objetivos Específicos

- Aprender cuales son los requerimientos mínimos que exige el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10, para las zonas de sismicidad alta (DES).
- Participar en el proceso de revisión de: Planos Estructurales, Estudios de Suelos y Memorias de Cálculo de los proyectos que se presentan en la Curaduría Urbana Primera de Popayán que buscan obtener la licencia urbanística.
- Elaborar listados de literales que incumplen los proyectos presentados en la curaduría, conforme al Reglamento de Sismo Resistencia NSR-10 para luego ser revisados por el ingeniero estructural.
- Colaborar en la elaboración de documentos de notificación para los ingenieros estructurales responsables de los proyectos presentados.



- Colaborar en la elaboración de formatos sobre lo que deben contener los proyectos estructurales conforme a los requerimientos del Reglamento de Sismo Resistencia NSR-10, para tener mayor eficiencia en las revisiones.
- Obtener experiencia en el área estructural para de esta manera enriquecer y complementar los conocimientos adquiridos en la academia.
- Participar de las visitas técnicas programadas por el ingeniero JOHN JAIRO LEDEZMA, ingeniero especialista encargado de la revisión de los proyectos estructurales de la curaduría urbana primera de Popayán.
- Aplicar en la práctica profesional los saberes teóricos adquiridos en el área de estructuras y cimentaciones durante el transcurso de toda la formación académica.

2.3. Antecedentes

De acuerdo con las especificaciones técnicas para el diseño de edificaciones el Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10 en su numeral A.1.2.2.2 establece que una edificación diseñada siguiendo los requisitos de este reglamento, debe ser capaz de:

- Resistir además de las fuerzas, que le impone su uso, temblores de poca intensidad sin daño.
- Resistir temblores moderados sin daño estructural, pero posiblemente con algún daño a los elementos estructurales.
- Resistir un temblor fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales pero sin colapso.



A lo largo de la historia sísmica del país, los movimientos sísmicos que han ocurrido destacan el hecho de que aun cuando se diseña de acuerdo al código vigente, existe la posibilidad de que ocurra un sismo de magnitud superior al espectro de diseño establecido en el Reglamento NSR-10, inevitablemente al ocurrir esto el impacto del sismo ocasionará daños en la estructura.

Con la finalidad de mitigar los riesgos de vulnerabilidad sísmica de las estructuras en Colombia el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, establece requisitos mínimos, para el análisis y diseño sísmico, que están sujetos a nuevas actualizaciones producto del comportamiento observado durante sismos de características diferentes originados años atrás, y que permiten corregir y mejorar los problemas que se han presentado en el cálculo de las variables de diseño sísmico de edificaciones.

2.4. Alcance

Con la realización del presente Trabajo Final, se pretende elaborar unos Formatos que agilicen la revisión geotécnica y estructural de los proyectos sometidos a estudio de acuerdo a las exigencias del Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.



3. ENTIDAD RECEPTORA

3.1. Contratista Independiente.

JOHN JAIRO LEDEZMA SOLANO.

NIT: 900.453.787-6

3.2. Ubicación De La Empresa

Calle 2 Nte 8N-28, Coobra, oficina 202

3.3. Actividades Desarrolladas Por La Entidad

Revisión de proyectos estructurales de la Curaduría Urbana Primera de Popayán.



4. MARCO TEÓRICO

En la actualidad se ha modificado la ley 388 de 1997 mediante el decreto número **2218 del 18 de Noviembre del 2015** expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la república de Colombia, con el objeto de hacer más eficiente el trámite de licenciamiento, lo cual hizo necesario ajustar las disposiciones existentes, especialmente en cuanto a la precisión del procedimiento, la racionalización de términos y la simplificación de los requisitos que deben acompañar la solicitud de las licencias urbanísticas.

De acuerdo al decreto número **2218 del 18 de Noviembre del 2015** expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la república de Colombia, se define:

4.1. Artículo 2.2.6. Definición de Curaduría Urbana

Las curadurías son oficinas que fueron creadas con la función principal de estudiar, tramitar y expedir licencias de urbanización, construcción y subdivisión de predios, a petición del interesado en adelantar proyectos de esta índole.

4.2. Licencias Expedidas Por las Curadurías

4.2.1. Artículo 2.2.6.1.1.4. Licencia de urbanización.

Es la autorización previa para ejecutar en uno o varios predios localizados en suelo urbano, la creación de espacios públicos y privados, así como las vías públicas y la ejecución de obras de infraestructura de servicios públicos domiciliarios que



permitan la adecuación, dotación y subdivisión de estos terrenos para la futura construcción de edificaciones con destino a usos urbanos, de conformidad con el Plan de Ordenamiento Territorial, los instrumentos que lo desarrollen y complementen, las leyes y demás reglamentaciones que expida el Gobierno, la Nación.

4.2.2. Artículo 2.2.2.1.5.2.2. Licencia de parcelación.

Es la autorización previa para ejecutar en uno o varios predios localizados en suelo rural y suburbano, la creación de espacios públicos y privados, y la ejecución de obras para vías públicas que permitan destinar los predios resultantes a los usos permitidos por el Plan de Ordenamiento Territorial, los instrumentos que lo desarrollen y complementen y la normatividad ambiental aplicable a esta clase de suelo.

4.2.3. Artículo 2.2.6.1.1.6. Licencia de subdivisión

Es la autorización previa para dividir uno o varios predios, ubicados en suelo rural, urbano o de expansión urbana, de conformidad con lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento Territorial, los instrumentos que lo desarrollen y complementen y demás normatividad vigente aplicable a las anteriores clases de suelo.

4.2.4. Artículo 2.2.6.1.1.7. Licencia de construcción y sus modalidades.

Es la autorización previa para desarrollar edificaciones, áreas de circulación y zonas comunales en uno o varios predios, de conformidad con lo previsto en el Plan de Ordenamiento Territorial, los instrumentos que lo desarrollen y complementen, los Planes Especiales de Manejo y Protección de Bienes de Interés Cultural, y demás normatividad que regule la materia. En las licencias de construcción se concretarán de manera específica los usos, edificabilidad, volumetría, accesibilidad y demás aspectos técnicos aprobados para la respectiva edificación.



4.2.4.1. Modalidades de la licencia de construcción.

- **Obra nueva.** Es la autorización para adelantar obras de edificación en terrenos no construidos o cuya área esté libre por autorización de demolición total.
- **Ampliación.** Es la autorización para incrementar el área construida de una edificación existente, entendiéndose por área construida la parte edificada que corresponde a la suma de las superficies de los pisos, excluyendo azoteas y áreas sin cubrir o techar.
- **Adecuación.** Es la autorización para cambiar el uso de una edificación o parte de ella, garantizando la permanencia total o parcial del inmueble original.
- **Modificación.** Es la autorización para variar el diseño arquitectónico o estructural de una edificación existente, sin incrementar su área construida.
- **Restauración.** Es la autorización para adelantar las obras tendientes a recuperar y adaptar un inmueble o parte de este, con el fin de conservar y revelar sus valores estéticos, históricos y simbólicos. Se fundamenta en el respeto por su integridad y autenticidad. Esta modalidad de licencia incluirá las liberaciones o demoliciones parciales de agregados de los bienes de interés cultural aprobadas por parte de la autoridad competente en los anteproyectos que autoricen su intervención.
- **Reforzamiento Estructural.** Es la autorización previa para intervenir o reforzar la estructura de uno o varios inmuebles, con el objeto de



acondicionarlos a niveles adecuados de seguridad sismo-resistente de acuerdo con los requisitos de la Ley 400 de 1997.

- **Demolición.** Es la autorización para derribar total o parcialmente una o varias edificaciones existentes en uno o varios predios y deberá concederse de manera simultánea con cualquiera otra modalidad de licencia de construcción. No se requerirá esta modalidad de licencia cuando se trate de programas o proyectos de renovación urbana, del cumplimiento de orden judicial o administrativa, o de la ejecución de obras de infraestructura vial o de servicios públicos domiciliarios que se encuentren contemplados en el Plan de Ordenamiento Territorial o en los instrumentos que lo desarrollen y complementen.
- **Reconstrucción.** Es la autorización que se otorga para volver a construir edificaciones que contaban con licencia o con acto de reconocimiento y que fueron afectadas por la ocurrencia de algún siniestro. Esta modalidad de licencia se limitará a autorizar la reconstrucción de la edificación en las mismas condiciones aprobadas por la licencia original, los actos de reconocimientos y sus modificaciones.
- **Cerramiento.** Es la autorización para encerrar de manera permanente un predio de propiedad privada.



4.3. Documentación Necesaria en los Proyectos Estructurales.

4.3.1. Edificación Nueva

- **Estudio de suelos:** necesario para identificar las falencias del suelo, capacidad portante, valor del asentamiento, identificar futuros movimientos de tierra que permitan determinar la viabilidad de un futuro desarrollo, conforme a las exigencias del **Título H**, del reglamento colombiano de sismo resistencia **NSR-10**.
- **Memoria de cálculo estructural:** según los requerimientos del numeral **A.1.5.3.1** del Reglamento antes mencionado, en esta memoria debe incluirse una descripción del sistema estructural usado, y además deben anotarse claramente las cargas verticales, el grado de capacidad de disipación de energía del sistema de resistencia sísmica, el cálculo de la fuerza sísmica, el tipo de análisis estructural utilizado y la verificación de que las derivas máximas no fueron excedidas. Cuando se use un equipo de procesamiento automático de información, además de lo anterior, debe entregarse una descripción de los principios bajo los cuales se realiza el modelo digital y su análisis estructural y los datos de entrada al procesador automático debidamente identificados. Los datos de salida pueden utilizarse para ilustrar los resultados y pueden incluirse en su totalidad en un anexo a las memorias de cálculo, pero no pueden constituirse en sí mismos como memorias de cálculo, requiriéndose de una



memoria explicativa de su utilización en el diseño. Teniendo como base las exigencias de los Títulos A, B, C, D, E, F, H, K del reglamento NSR-10.

- **Memoria de elementos no estructurales:** Debe contener la información de muros divisorios, escaleras y parapetos, además los requerimientos establecidos en el numeral A.1.3.6 del reglamento NSR-10.
- **Planos Estructurales:** según el numeral A.1.5.2.1 del reglamento NSR-10 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 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. 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.
 - e. El grado de capacidad de disipación de energía bajo el cual se diseñó el material estructural del sistema de resistencia sísmica.
 - f. Las cargas vivas y de acabados supuestas en los cálculos.
 - g. El grupo de uso al cual pertenece la edificación.
- **Planos Arquitectónicos:** Deben contener como mínimo la siguiente información; dos cortes (longitudinal y transversal), fachada, plantas arquitectónicas, planta de cubiertas y cuadro de áreas: fundamentales para que el curador, que es el encargado de revisar los planos arquitectónicos, verifique que cumplan con las normas locales de urbanismo (POT). Debe ser firmado por el profesional responsable, además los requerimientos presentados en el numeral A.1.5.2.2 del Reglamento NSR-10.
 - **Memoriales de responsabilidad:** Se hace para cada una de las memorias.
 - **Anexo de identificación estructural.** Formato propio de la curaduría en donde se proporciona información estructural de la edificación diseñada, este puede ser observado en el Anexo1.



4.3.2. Edificación Existente

Además de los nombrados en el numeral 4.3.1 del presente documento, se anexan los siguientes documentos, los cuales deben ser presentados de acuerdo a lo establecido en el numeral A.10.1.4 del Reglamento NSR-10.

- **Peritaje técnico:** sirve para evaluar la estabilidad de la construcción y si es necesario recomendar una intervención estructural para adaptarla al Reglamento vigente sismo resistente (NSR-10) o que disminuyan al máximo la vulnerabilidad sísmica a la que la edificación está sometida. Este peritaje debe ser realizado y firmado por un profesional matriculado y capacitado para tal fin (ingeniero civil o estructural). Y debe contener lo especificado en el numeral A.10.2 del Reglamento NSR-10.
- **Levantamiento arquitectónico:** necesario para conocer la edificación y verificar que cumplan con las normas locales de urbanismo (POT), este documento debe ir firmado por un arquitecto.
- **Declaración de antigüedad:** Documento elaborado por el dueño, donde constata la fecha en la que la construcción fue realizada, que servirá de apoyo para saber si la edificación fue construida con un código anterior al Reglamento NSR-10.
- **Anexo de identificación estructural para peritaje:** Formato propio de la curaduría en donde se proporciona información estructural de la edificación existente, este puede ser observado en el Anexo1.



5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PRÁCTICA

5.1. Cronograma de Actividades:

La jornada de trabajo fue realizada de lunes a Jueves en un horario de 8:00 am - 11:00 am, de 2:00pm – 6:00 pm, viernes, sábado de 8:00 am-12:00 pm y 2:00pm-6:00 pm cubriendo una intensidad de 44 horas a la semana, para un total de 13 semanas completando 576 horas.

ACTIVIDADES	MES 1 (MARZO)				MES 2 (ABRIL)				MES 3 (MAYO)				MES 4 (JUNIO)			
	SEMANA				SEMANA				SEMANA				SEMANA			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Lectura de los títulos de la NSR-10																
2. Interpretación de los títulos de la NSR-10																
3. Participación en la revisión de los estudios de suelo																
4. Participación en la revisión de las memorias de cálculo																
5. Participación en la revisión de los planos estructurales																
6. Participación en la modelación de la estructura en ETABS.																
7. Realización del listado de literales que el proyecto está incumpliendo																
8. Asistencia al Ingeniero en la elaboración de memos																
9. Participar en las visitas técnicas que realiza el ingeniero John Jairo Ledezma.																
10. Entrega de informe final a la Universidad del Cauca. (Ingeniero Alfer Silva Cerón)																

Tabla 1. Cronograma de actividades. *Fuente: Elaboración propia.*



Las actividades laborales consistieron en realizar un análisis teórico – práctico del Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10 y su correcta aplicación en la revisión de proyectos estructurales recibidos por la Curaduría Urbana Primera de Popayán, los cuales buscaban obtener la licencia de construcción.

5.2. Funciones:

Las funciones realizadas en calidad de Ingeniera Auxiliar fueron:

- Revisar los proyectos estructurales recibidos por la curaduría con un enfoque principal a la memoria de cálculo y planos estructurales incorporados en dichos proyectos, con el fin de determinar si estos cumplían a cabalidad con el Reglamento vigente, esto con la debida supervisión del ingeniero a cargo John Jairo Ledezma.
- Elaborar documentos de notificación, en donde se le informa al diseñador, los errores y literales incumplidos en el proyecto estructural de acuerdo al Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.



6. REVISION DE LOS PROYECTOS ESTRUCTURALES

La estructura debe diseñarse para que sea funcional, resistente, durable y económica, es decir, soportar eficientemente todas las fuerzas aplicables tales como cargas muertas, cargas vivas, efectos sísmicos y de viento, de acuerdo a los requerimientos del Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10, por ello se sigue una serie de pasos que consiste en la revisión detallada de cada una de las partes del diseño en donde se pretende garantizar que la estructura tendrá una larga vida útil. Estos pasos se muestran a continuación:

6.1. Revisión de la parte Arquitectónica

El Curador Urbano, quien es el encargado de realizar las revisiones arquitectónicas procede entre otras actividades técnicas a:

- Verificar que se tenga una adecuada distribución de espacios, cada uno con su respectiva ventilación e iluminación, cumpliendo a cabalidad la norma empleada para el diseño arquitectónico.
- Revisar que el proyecto cumpla con las normas locales de urbanismo (POT), verificando el cumplimiento de la documentación legal necesaria para la aprobación del mismo.
- Observar con gran atención los planos arquitectónicos para conocer cuántas plantas estructurales, cortes, elevaciones y cubiertas contiene el proyecto, todo esto a escalas adecuadas.



- Verificar que se tenga planos detallados de carpintería, obras metálicas, decorados fijos, escaleras, baños, prefabricados, cortes de fachadas, enchapados, cielorrasos, pisos, etc.
- Revisar que se presenten esquemas eficaces de desagües, iluminación, instalaciones técnicas, como de aire acondicionado y otras similares, que requieran solución arquitectónica.
- Inspeccionar que se encuentren especificaciones detalladas que complementen los planos arquitectónicos e indiquen los materiales que deben usarse en la estructura y su forma de aplicación.
- Debe realizar la respectiva tramitación ante las autoridades distritales o municipales para obtener la aprobación del proyecto arquitectónico.
- Revisar que en los planos arquitectónicos se incluyan las obras exteriores necesarias para la operación del edificio o del conjunto de edificios, como: peatonales, accesos, jardines, parqueos, juegos y servicios comunales.

6.2. Revisión Memoria Geotécnica:

Consiste en la revisión del estudio de suelos, en donde este debe contener:

- Descripción general del proyecto sobre el cual realiza el estudio.
- Reporte de la exploración geotécnica realizada.
- Reporte de los ensayos de laboratorio realizados
- Memoria de diseños geotécnicos y justificación de los criterios adoptados
- Recomendaciones para el diseño estructural de la cimentación
- Recomendaciones de Construcción.



Además se deben tener en consideración las siguientes observaciones de acuerdo a los requerimientos establecidos por el reglamento NSR-10:

- Primero se debe justificar que los estratos de suelos son netamente cohesivos o poseen fricción aplicando el Artículo H.2.5 del Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.
- Determinar el tipo de perfil de Suelo y los valores de los coeficientes de Sitio según el Artículo A.2.4 Efectos Locales del reglamento NSR-10 en su literal A.2.4.3.
- Determinar la capacidad portante del suelo, indicando el método utilizado y la expresión del mismo, además el criterio usado para hallar el valor de la cohesión y peso unitario del suelo, empleados en el cálculo de la capacidad portante.
- La descripción del subsuelo debe contener el resumen del reconocimiento de campo y de la investigación adelantada en el sitio específico de la obra, las características físico-mecánicas y la descripción de los niveles freáticos con una interpretación de su significado para el comportamiento del proyecto. Para una mejor interpretación es conveniente plasmar el resumen de los resultados en un perfil estratigráfico o en forma de gráficos y tablas tal como aparece en el numeral H.2.2.2.1 (h) ANEXOS del citado reglamento.
- Se debe estudiar el efecto o descartar la presencia de suelos con características especiales como suelos expansivos, dispersivos, colapsables y los efectos de la presencia de vegetación o de cuerpos de agua cercanos.



- Identificar los análisis geotécnicos por capacidad de carga, asentamiento y estabilidad global. Se deben justificar los métodos analíticos de la mecánica de suelos, los factores de seguridad empleados y prestar especial atención al cálculo de asentamientos inmediatos, por consolidación primaria y secundaria cuya suma se considera como asentamientos totales. En el artículo H.4.2.3 el Reglamento Colombiano Sismo Resistente establece que la capacidad admisible de diseño para la cimentación deberá ser el menor valor entre el esfuerzo límite de falla (Véase H.4.2.1), reducido por el factor de seguridad y el que produzca asentamientos iguales a los permitidos (Véase H.4.8). Esta capacidad debe ser claramente establecida en los informes geotécnicos.
- En el análisis de asentamientos, debe aparecer la expresión o método geotécnico empleado para el cálculo de las diferentes variables. Por tal motivo se debe anexar la expresión matemática usada para la evaluación de los asentamientos y al menos un ejemplo de cálculo donde se correlacionen las cargas de diseño con los datos de laboratorio.
- La caracterización de las propiedades de los suelos cohesivos y granulares se debe obtener en el laboratorio. No se admite el uso de correlaciones de suelos para determinar pesos unitarios, límites de consistencia, resistencias a la compresión, resistencia a cortante, ángulo de fricción interna, relación de vacíos, gravedad específica e índice de compresibilidad.



- Se permite emplear el ensayo de compresión simple o resistencia no drenada para los casos de análisis en materiales cohesivos saturados y no fisurados tal como aparece en H.2.4.2 del reglamento NSR-10.
- Las cimentaciones y demás elementos estructurales en contacto con el suelo deben ser dimensionadas de modo que la resistencia no sea menor que los efectos de las cargas mayoradas y demás requerimientos contemplados adicionalmente en el artículo H.4.10, Diseño Estructural de la Cimentación, del Reglamento ya mencionado.

6.3. Revisión de la Memoria Estructural:

En esta memoria debe incluirse una descripción del sistema estructural usado, también anotarse claramente las cargas verticales, verificar la existencia de irregularidades, indicar el grado de capacidad de disipación de energía del sistema de resistencia sísmica, anexar el cálculo de la fuerza sísmica, el tipo de análisis estructural utilizado y la verificación de que las derivas máximas permisibles no son excedidas. También debe incluirse el diseño de los elementos estructurales. Véase el numeral A.1.5.3.1 del Reglamento NSR-10.

a) Tipos de Fuerzas

- **Carga Muerta [D]:** Es la fuerza producida por el peso propio, carga sobreimpuesta y equipos permanentes. Capítulo B.3 del Reglamento NSR-10.



- **Carga Viva [L]:** Es la fuerza producida debido al uso y ocupación de la estructura, objetos móviles y cargas de impacto. Ver tabla B.4.2.1-1 del Reglamento NSR-10.
- **Carga viva sobre la cubierta [L_r]:** Son las mismas fuerzas utilizadas en la carga viva, pero aplicadas a la cubierta. Véase el numeral B.4.2.1-2 del Reglamento NSR-10.
- **Fuerza Sísmica [F_s]:** Es la fuerza producida por el sismo (estas fuerzas son utilizadas únicamente para el cálculo de derivas). Véase el numeral B.2.3.2 del Reglamento NSR-10.
- **Fuerzas sísmicas reducidas [E]:** Es (F_s/R) donde el coeficiente de disipación de energía R , es un factor de reducción. (Estas fuerzas son utilizadas para el diseño de los elementos estructurales). Véase el numeral B.2.4.2.1 del Reglamento NSR-10.
- **Fuerzas por variación de temperatura [T]:** Fuerza producida por la retracción o fraguado del concreto. Véase numeral B.1.2.1.3 del Reglamento NSR-10.
- **Carga de viento [W]:** Este tipo de carga es importante en estructuras altas o muy flexibles, o con gran superficie lateral. Los factores que influyen en su magnitud es la velocidad de viento, altura, condiciones naturales del terreno, la zona o región. Véase el numeral B.6.4-1 del Reglamento NSR-10.
- **Empozamiento de agua [L_e]:** Es la carga sobre la cubierta causada por el volumen del agua que puede acumularse antes que el sistema auxiliar de drenaje de exceso opere. Véase el numeral B.4.8.2 del Reglamento NSR-10.



- **Carga debido al granizo [G]:** Según el numeral B.4.8.3, debe tenerse en cuenta en regiones que se encuentren a más de 2000 metros de altura sobre el nivel del mar. Por lo tanto no aplica para Popayán.

Nota: Las fuerzas por variación de temperatura son controladas por el Reglamento NSR-10, a través de la cuantía mínima por retracción de fraguado.

b) Movimientos Sísmicos de Diseño

Para definir los movimientos sísmicos de diseño de una edificación, el Reglamento NSR-10 requiere la definición de varios parámetros dentro de los cuales se cuentan:

- I. La localización de la edificación dentro de una de las zonas de amenaza sísmica en que está dividido el territorio nacional según el mapa dado en la Figura A.2.3-1 del reglamento NSR-10 o dentro del listado de municipios contenido en el Apéndice A-4 del reglamento en mención. La amenaza del lugar donde se localiza la edificación debe calificarse como baja, intermedia o alta.
- II. Definición del parámetro de aceleración horizontal pico efectiva en roca Aa, obtenida del mapa dado en la Figura A.2.3-2 del reglamento NSR-10 o dentro del listado de municipios contenido en el Apéndice Ha-4 de la NSR-10. Los valores del parámetro Aa van desde un mínimo de 0.05 hasta un máximo 0.50 dentro del territorio nacional y la definición de la velocidad horizontal pico efectiva a nivel de roca Av obtenido del mapa en la figura A.2.3-3 del Reglamento NSR-10.



- III. La clasificación del suelo localizado debajo de la edificación dentro de uno de los cuatro tipos de perfil de suelo que se indican en la sección A.2.4. Esta clasificación la debe hacer un ingeniero geotecnista con base en datos geotécnicos debidamente sustentados. De acuerdo con el tipo de perfil de suelo y los coeficientes sísmicos de aceleración pico efectiva A_a y velocidad pico efectiva A_v , se determinan unos parámetros F_a (para zonas de periodos cortos del espectro A.2.4-3) y F_v (para zonas de periodos intermedios del espectro A.2.4-4), los cuales indican la mayor o menor susceptibilidad del sitio de interés de amplificar las ondas sísmicas.
- IV. La asignación de un coeficiente de importancia I , que se define en función del uso que tiene la edificación dentro de los cuatro grupos de uso prescritos en la sección A.2.5 del Reglamento NSR-10. El valor del coeficiente de importancia varía desde $I = 1.0$ para edificaciones de ocupación normal, hasta un valor $I = 1.5$ para edificaciones indispensables para la recuperación de la comunidad después de la ocurrencia de un sismo. Una vez se han obtenido estos parámetros se puede definir un espectro de diseño de acuerdo con lo prescrito en la sección A.2.6. Este espectro permite definir la magnitud de las fuerzas sísmicas que pueden afectar la edificación de acuerdo con sus características vibratorias.



c) Características de la estructuración y el material estructural

Tal como se observa en la figura N°1, el sistema estructural de resistencia sísmica de la edificación debe clasificarse dentro de uno de los sistemas estructurales prescritos en el Capítulo A.3.2.1 del Reglamento NSR-10, tales como: sistema de muros de carga, sistema combinado, sistema de pórtico, y sistema dual.

SISTEMAS ESTRUCTURALES DE RESISTENCIA SISMICA		
SISTEMA	CARGAS VERTICALES	FUERZAS HORIZONTALES
MUROS DE CARGA		
COMBINADO		
PORTICO		
DUAL		

Fuente NSR-10 Prefacio-Apéndice I

Figura N° 1 sistemas estructurales de resistencia sísmica

El Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10, en las tablas A.3-1 y A.3-2 define limitaciones en el empleo de los sistemas estructurales de resistencia sísmica, una de ellas está en función de la zona de amenaza sísmica donde se encuentre localizada la



edificación. Otro limitante muy importante para definir el sistema, es el tipo de material estructural empleado en el diseño y la forma como este se disponga en los elementos estructurales, esto se puede apreciar en la figura N°2. La posibilidad de responder adecuadamente ante movimientos sísmicos por medio de su capacidad de disipación de energía es otro factor determinante, en la Figura N°3 se muestra la definición de capacidad de energía en el rango inelástico, esta puede ser: especial (DES), moderada (DMO) o mínima (DMI) y por último la altura de la edificación, y su grado de irregularidad es otro factor determinante para la escogencia del sistema estructural

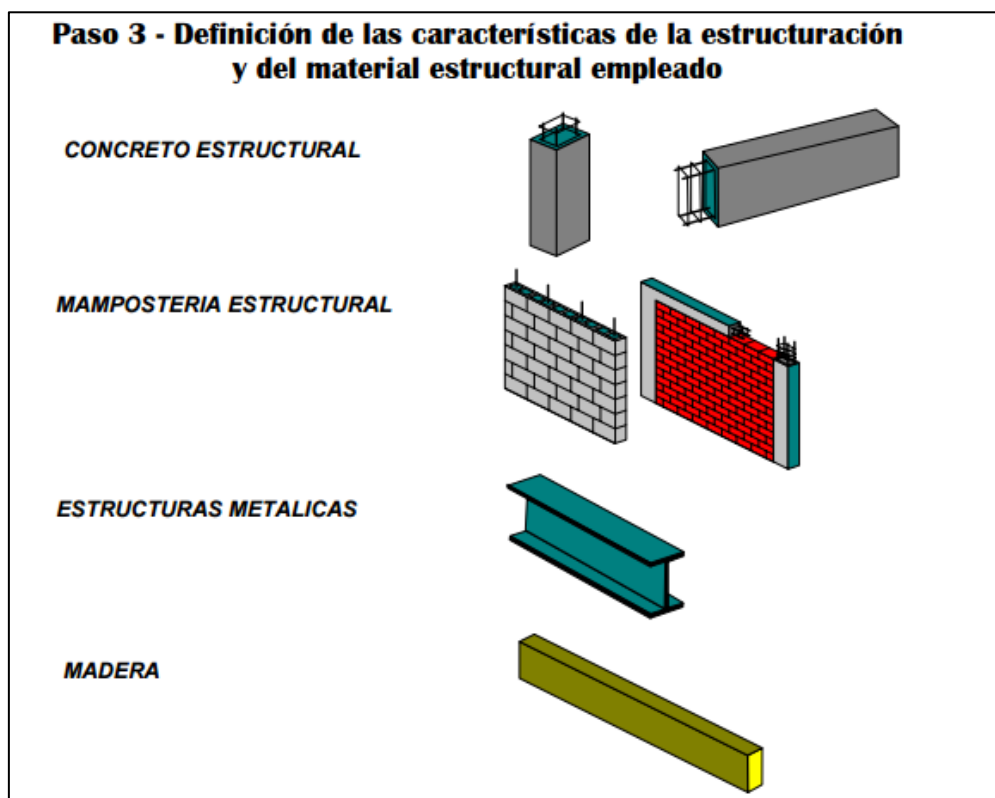


FIGURA N°2. Definición de la capacidad de las características de la estructuración y del material estructural empleado. Fuente: NSR-10- Prefacio- Apéndice 1.

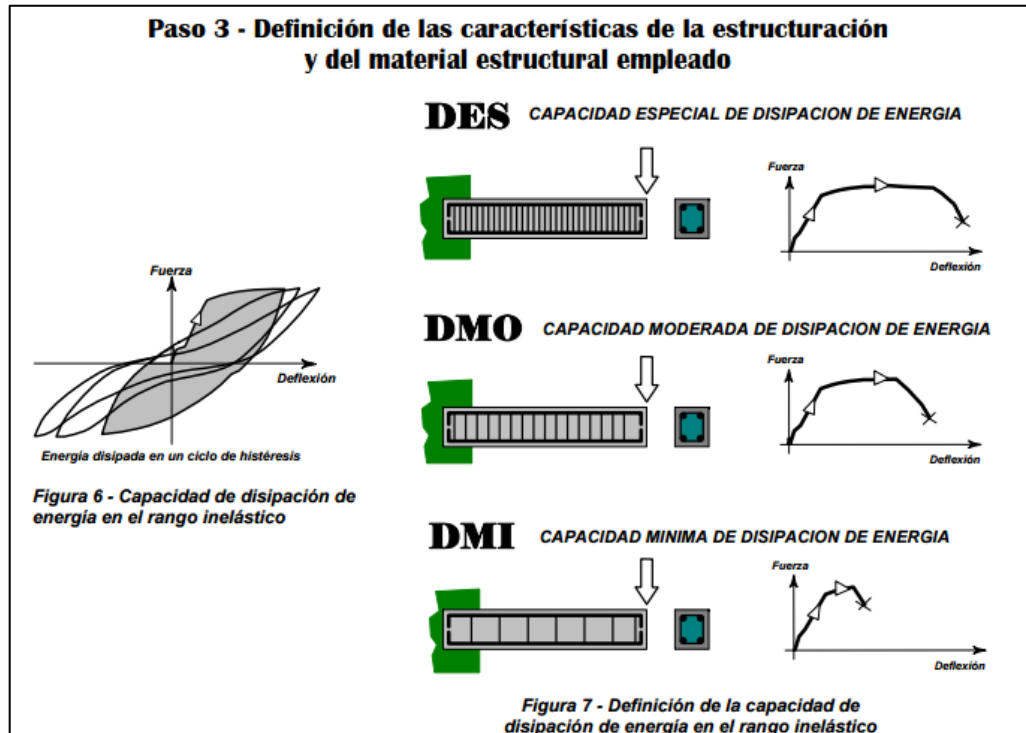


FIGURA N°3. Definición de la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico. Fuente: NSR-10- Prefacio- Apéndice 1.

d) Irregularidades de la estructura

De este chequeo depende la definición del procedimiento de análisis sísmico de la estructura de acuerdo con la regularidad o irregularidad de la configuración de la edificación, tanto en planta como en altura, su grado de redundancia o de ausencia de ella en el sistema estructural de resistencia sísmica, su altura, las características del suelo en el lugar, y el nivel de amenaza sísmica, siguiendo los preceptos dados en el Capítulo A.3.3 del Reglamento NSR-10. En la Figura N°4, se indica el procedimiento para definir el grado de irregularidad de la estructura y el método de análisis sísmico.



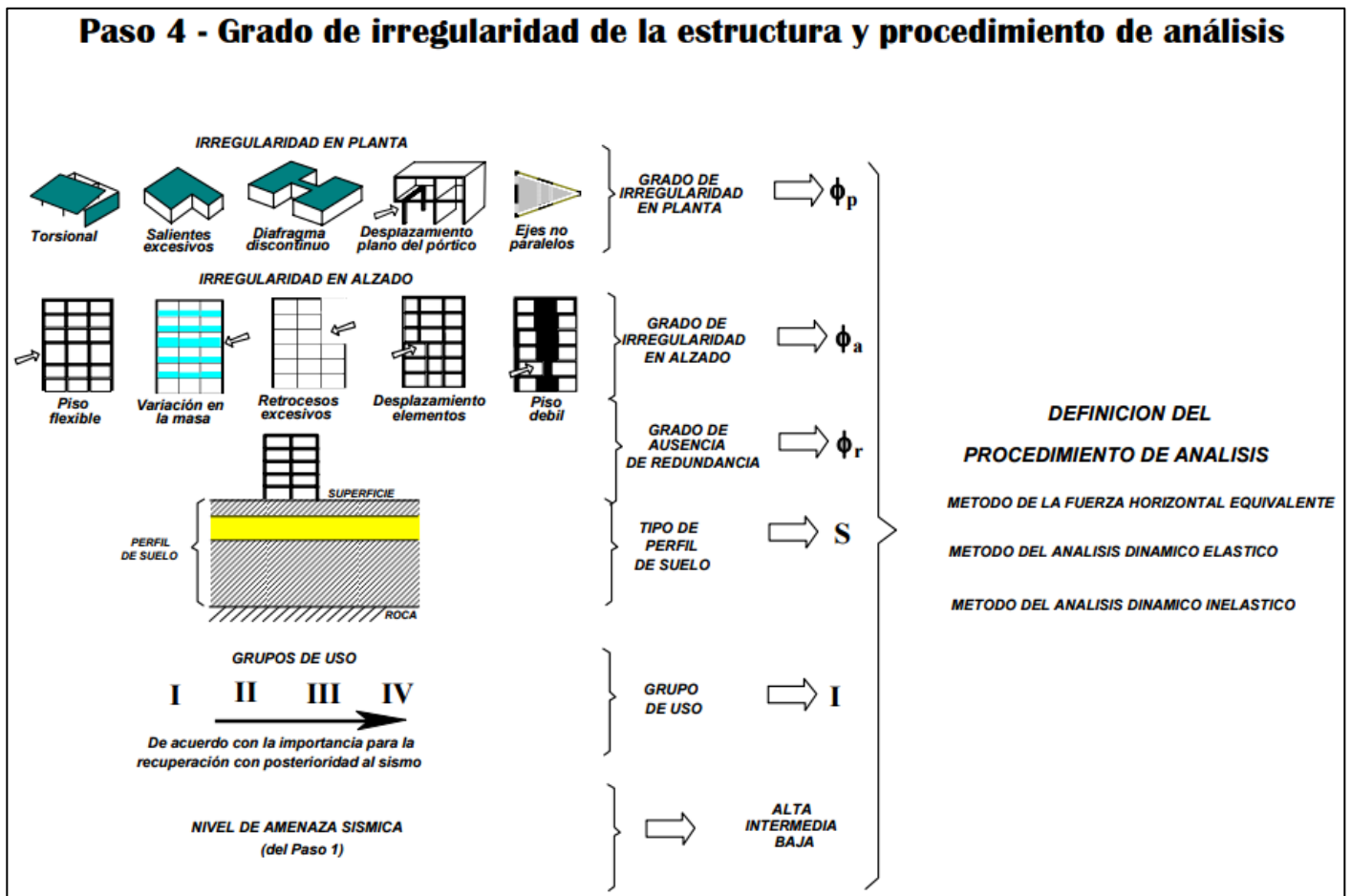


FIGURA N° 4. Grado de irregularidad de la estructura y procedimiento de análisis.
Fuente: NSR-10- Prefacio- Apéndice 1.

- ϕ_a = coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en altura de la edificación. Véase A.3.3.3 de la NSR-10.
- ϕ_p = coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por irregularidades en planta de la edificación. Véase A.3.3.3 de la NSR-10.
- ϕ_r = coeficiente de reducción de la capacidad de disipación de energía causado por ausencia de redundancia en el sistema de resistencia sísmica. Véase A.3.3.8 de la NSR-10.



- Reducción del valor de R_o

Esta reducción se realiza cuando una estructura se clasifique como irregular, el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía R que se utilice en el diseño sísmico de la edificación, debe reducirse multiplicándolo por ϕ_p , debido a irregularidades en planta, por ϕ_a debido a irregularidades en altura, y por ϕ_r debido a ausencia de redundancia, como indica la ecuación A.3.3-1. Cuando una edificación tiene varios tipos de irregularidad en planta simultáneamente, se aplicará el menor valor de ϕ_p . Análogamente, cuando una edificación tiene varios tipos de irregularidad en altura simultáneamente, se aplicará el menor valor de ϕ_a .

e) Fuerzas sísmicas

Se debe definir el método de análisis entre el método de la fuerza horizontal equivalente en su capítulo A.4. (Método de análisis sísmico, el cual puede realizarse por medio de metodologías manuales) o método del análisis dinámico en su capítulo A.5. (Método de análisis sísmico, el cual en general requiere el uso de computador digital).

Los elementos del sistema estructural de resistencia sísmica, y sus conexiones, deben diseñarse utilizando todas las sollicitaciones requeridas por el Título B del Reglamento, debidamente combinadas según se exige en el capítulo B.2 de la NSR-10. Las fuerzas sísmicas F_s obtenidas del análisis se pueden apreciar en la figura N°5, estas se reducen, dividiéndolas por el coeficiente de capacidad de disipación de energía R , correspondiente al sistema estructural de resistencia sísmica, para



obtener las fuerzas sísmicas reducidas de diseño ($E = F_s / R$) que son las empleadas en las combinaciones de carga prescritas en el Título B.2 y con las cuales finalmente se diseñará cada elemento estructural de la edificación.

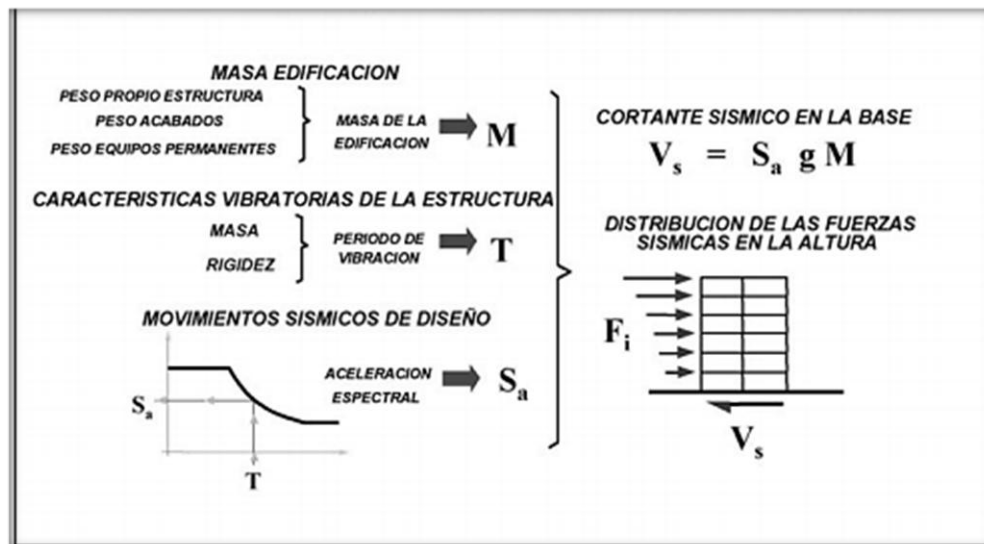


FIGURA N°5. Fuerzas sísmicas en la estructura.

Fuente: Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.

- Excentricidades

La asimetría en la distribución en planta de los elementos estructurales resistentes de un edificio causa una vibración torsional ante la acción sísmica y puede generar fuerzas elevadas en los elementos de la periferia del edificio. La vibración torsional ocurre cuando el centro de masa de un edificio no coincide con su centro de rigidez. Ante esta acción el edificio tiende a girar respecto a su centro de rigidez, lo que podría causar grandes incrementos en las fuerzas laterales que actúan sobre los elementos perimetrales de soporte de manera proporcional a sus distancias al centro de rigidez.



✓ Centro de masa:

El centro de masa de un sistema discreto o continuo es el punto geométrico que dinámicamente se comporta como si en él estuviera aplicada la resultante de las fuerzas externas al sistema.

✓ Centro de rigidez:

Es el punto con respecto al cual el edificio se mueve desplazándose como un todo, es el punto donde se pueden considerar concentradas las rigideces de todos los pórticos. Si el edificio presenta rotaciones estas serán con respecto a este punto.

✓ Excentricidad:

La excentricidad se presenta cuando no hay coincidencia entre el centro de masa y centro de rigidez de la estructura.

f) Evaluación de Derivas

Las derivas de diseño límite para el diseño estructural, deben fijarse de acuerdo al párrafo A.6.4.1 NSR-10, tal como se observa en la figura N°6.

Tabla A.6.4-1 Derivas máximas como porcentaje de h_{pi}	
<i>Estructura de:</i>	<i>Deriva máxima</i>
Concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	$1.0\% (\Delta_{\max}^i \leq 0.01h_{pi})$
De mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	$0.5\% (\Delta_{\max}^i \leq 0.005h_{pi})$

FIGURA N°6. Derivas máximas permisibles

Fuente: Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.



La deriva máxima para cualquier piso determinada con el procedimiento A.6.3.1, no puede exceder los límites establecidos en la tabla A.6.4-1, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso h_{pi} .

Deriva Máxima (A.6.3.1). La deriva máxima para cualquier piso debe obtenerse así:

- ✓ **A.6.3.1.1-** En edificaciones regulares e irregulares que no tengan irregularidades en planta de los tipos 1aP ó 1bP (tabla A.3-6), o edificaciones con diafragma flexible, la deriva máxima para el piso i , Δ^i_{max} , corresponde a la mayor deriva de las dos direcciones principales en planta, j , calculada como el valor absoluto de la diferencia algebraica de los desplazamientos horizontales del centro de masa del diafragma del piso i , $\delta_{cm,j}$, en la dirección principal en planta bajo estudio con respecto a los del diafragma del piso inmediatamente inferior ($i - 1$) en la misma dirección, incluyendo los efectos P-Delta.
- ✓ **A.6.3.1.2** — En edificaciones que tengan irregularidades en planta de los tipos 1aP o 1bP (tabla A.3-6) la deriva máxima en cualquier punto del piso i , se puede obtener como la diferencia entre los desplazamientos horizontales totales máximos, de acuerdo con A.6.2.4, del punto en el piso i y los desplazamientos horizontales totales máximos de un punto localizado en el mismo eje vertical en el piso inmediatamente inferior ($i - 1$), por medio de la ecuación (A.6.3-1).



❖ REQUISITOS DE SEPARACIÓN SÍSMICA A.6.5 -NSR-10

Es de vital importancia tener en consideración lo relacionado con la separación sísmica entre las edificaciones vecinas, pues todas las estructuras deben tener un espacio suficiente con respecto a las edificaciones adyacentes, ya que en el momento de un sismo, cada una vibrará de manera distinta y esto puede conducir a que se golpeen entre ellas, produciéndose daños severos en las estructuras. Aunque el Reglamento NSR-10 en su numeral A.6.5 (véase figura N° 7) especifica claramente la necesidad de dicha separación, en la mayoría de los proyectos revisados se encontró que en los planos arquitectónicos no se reflejaba claramente o no se realizaba recomendaciones acerca del tema.

Tabla A.6.5-1
Separación sísmica mínima en la cubierta entre edificaciones colindantes que no hagan parte de la misma construcción

Altura de la edificación nueva	Tipo de Colindancia		
	Existe edificación vecina que no ha dejado la separación sísmica requerida		No existe edificación vecina o la que existe ha dejado la separación sísmica requerida
	Coinciden las losas de entrepiso	No coinciden las losas de entrepiso	
1 y 2 pisos	no requiere separación	no requiere separación	no requiere separación
3 pisos	no requiere separación	0.01 veces la altura de la edificación nueva (1% de h_n)	no requiere separación
Más de 3 pisos	0.02 veces la altura de la edificación nueva (2% de h_n)	0.03 veces la altura de la edificación nueva (3% de h_n)	0.01 veces la altura de la edificación nueva (1% de h_n)

FIGURA N°7. Separación sísmica mínima.

Fuente: Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10.



6.4. Revisión de los Planos Estructurales de la Edificación

El diseño estructural de una edificación culmina con la elaboración de los planos estructurales en los que se establece las dimensiones de los elementos que conforman la estructura y para cada uno de ellos, se encuentra definido el acero de refuerzo, su configuración, espesor del recubrimiento, diámetro, longitud, ubicación y longitudes de los traslajos, distribución de flejes y separación entre ellos, etc. Cada elemento estructural debe poseer identificación al igual que debe señalarse su sección recta y en ella la disposición del refuerzo.

6.4.1. Revisar las Plantas Estructurales

En estas se observa que:

- ❖ Las plantas estructurales deben corresponder con los planos arquitectónicos tanto en dimensiones, vacíos y cantidad.
- ❖ Deben indicar los niveles donde se encuentran ubicadas.
- ❖ Las plantas estructurales deben estar debidamente acotadas a una escala específica. Esta actividad es revisada minuciosamente con escalímetro.
- ❖ Se debe revisar que las vigas de cimentación, vigas aéreas y los muros, estén debidamente amarrados.
- ❖ Se verifica que en los planos se encuentre plasmado el detalle del despiece de cada tipo de viga, columna y zapata.



6.4.2. Revisar la Cimentación:

✚ Zapatas:

- Tipos de zapatas (cuadradas, rectangulares o corridas)
- Detalle de cada una de los tipos de zapatas (planta y perfil).
- Dimensiones de las zapatas.
- La profundidad de cimentación del detallado debe corresponder a lo especificado en el estudio de suelos.
- Hacer la revisión de la zapata tanto en planta como en perfil, siguiendo lo establecido en el reglamento NSR-10.

✓ Especificaciones de las Zapatas En perfil:

❖ **Cuantía mínima longitudinal en las zapatas:** El reglamento NSR-10 en su literal C.10.5.4 establece que el área de acero mínimo longitudinal en una zapata, es el refuerzo de retracción y temperatura indicado en el literal C.7.12.2.1 de dicho reglamento, el cual debe cumplir con las siguientes condiciones:

- La cuantía mínima debe ser ≥ 0.0014
- Se calcula siguiendo los literales (a,b, c), de C.7.12.2.1 de la NSR-10.

❖ **Altura mínima de las zapatas:** En el numeral C.15.7 del reglamento NSR-10 se especifica que la altura mínima de las zapatas sobre el refuerzo inferior debe cumplir los siguientes requisitos:

- Zapata apoyada sobre suelo $\geq 150\text{mm}$
- Zapata apoyada sobre pilote $\geq 300\text{mm}$



- ❖ **Recubrimiento mínimo de las zapatas:** El recubrimiento en las zapatas no debe ser menor que lo especificado en el numeral C.7.7.1(a) de la NSR-10 en donde se establece lo siguiente:
 - Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a el $R \geq 75\text{mm}$.
- ❖ **Longitud de desarrollo de la barra en la zapata:**
 - La longitud de desarrollo de barras corrugadas a compresión L_{dc} se calcula de acuerdo al numeral C.12.3 de la NSR-10, donde se especifica lo siguiente:
 - $l_{dc} \geq 200\text{mm}$
 - Se calcula de acuerdo a las ecuaciones de C. 12.3.2 de la NSR – 10, teniendo en cuenta los factores de multiplicación de l_{dc} en C.12.3.3 de la NSR-10.
 - La longitud de desarrollo de barras en tracción L_{dh} y l_d , se calcula de acuerdo a los numerales C.12.5 (longitud de desarrollo en barras a tracción que termina en gancho estándar), C.21.7.5 (longitud de desarrollo de barras a tracción con gancho estándar a 90°) de la NSR-10 y C.21.7.5.2 (longitud de desarrollo a tracción para una barra recta).
 - En el numeral C.21.7.5.1 del reglamento NSR-10, se establece que la longitud de desarrollo para gancho estándar l_{dh} debe ser \geq que el mayor Valor entre:
 - I. $8db$ ($db = \text{diametro de la barra}$)
 - II. 150mm .

La longitud de desarrollo en barras a tracción con gancho estándar L_{dh} , se calcula de acuerdo a la ecuación del literal C.12.5.2 de la NSR-10 presentada a continuación:

$$L_{dh} = \left(\frac{0.24\psi_e F_y}{\lambda \sqrt{F'_c}} \right) db \quad \text{Ecuación- C.12.5.2}$$



- Según el numeral C.21.7.5.1 del reglamento NSR-10, la longitud de desarrollo en barras a tracción para gancho estándar l_{dh} se calcula como sigue :

$$l_{dh} = \left(\frac{F_y}{5.4\sqrt{F'_c}} db \right) \text{ Ecuación C.21-9}$$

- De acuerdo al numeral C.21.7.5.2 del reglamento NSR-10, la longitud de desarrollo en barras a tracción para una barra recta l_d se calcula como sigue:
 - a) $l_d = 2.5l_{dh}$, si $d' \leq 300\text{mm}$
 - b) $l_d = 3.25l_{dh}$, si $d' > 300\text{mm}$

En la figura N°8, se puede apreciar gráficamente la longitud de desarrollo a tracción para una barra que termina con gancho estándar, como también para una barra que termina recta, de acuerdo a numerales C.21.7.5.1 y C.21.7.5.2 respectivamente.

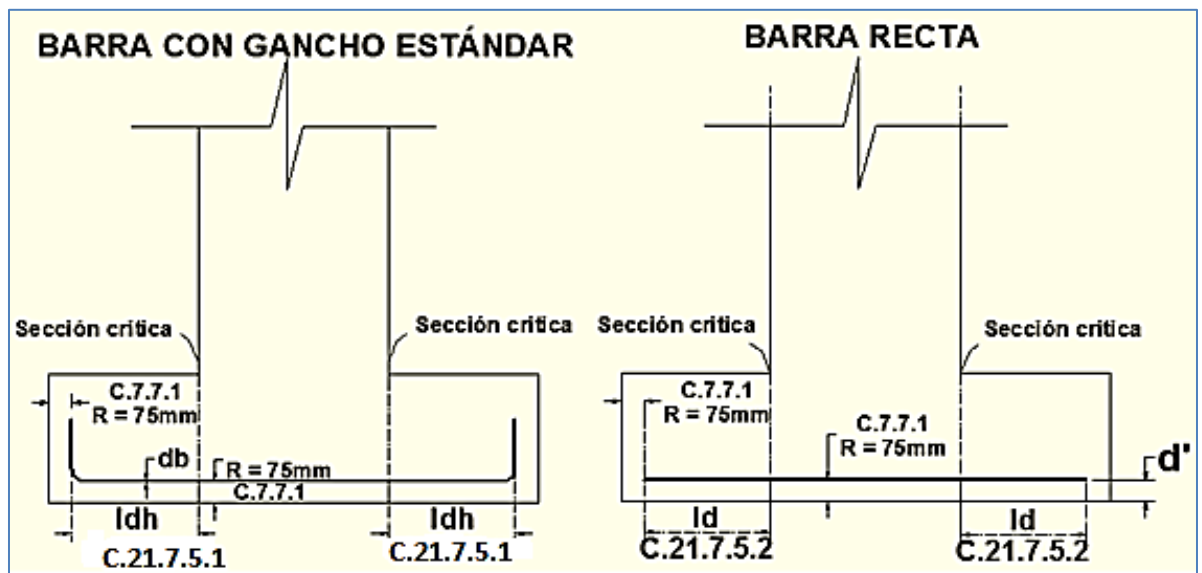


FIGURA N° 8. Longitud de Desarrollo a Tracción en Zapatas Aisladas.

Fuente: Elaboración propia.



✓ **Especificaciones de las Zapatas en Planta:**

- ❖ **Área mínima en planta:** Debido a que el reglamento NSR-10, en sus títulos, no especifica el área mínima en planta de una zapata, se recurrió a tomar la recomendación del numeral 14.5.3.4 del libro “*requisitos esenciales para edificios de concreto reforzado para edificaciones de tamaño y altura limitados. Basado en ACI 318-02*” en donde se establece que la menor dimensión en planta debe ser 1m.
- Cabe aclarar que aunque el reglamento NSR-10 no especifica una dimensión mínima en planta, esta puede ser calculada teniendo en cuenta la longitud de desarrollo de las barras de refuerzo utilizadas, esta consideración prima sobre cualquier otra.
- ❖ **Separación máxima refuerzo en la zapata (S):** El espaciamiento máximo del refuerzo en una zapata, no debe exceder lo establecido en el numeral C.10.5.4 de la NSR-10, donde se especifica lo siguiente:
 - $S \leq 3$ espesor y 450mm.

Para tener mayor claridad respecto a las especificaciones que el reglamento NSR-10 establece para las zapatas aisladas, se recomienda observar la figura N°9, en la cual se ilustra las condiciones tanto en planta como en perfil de dichas zapatas.



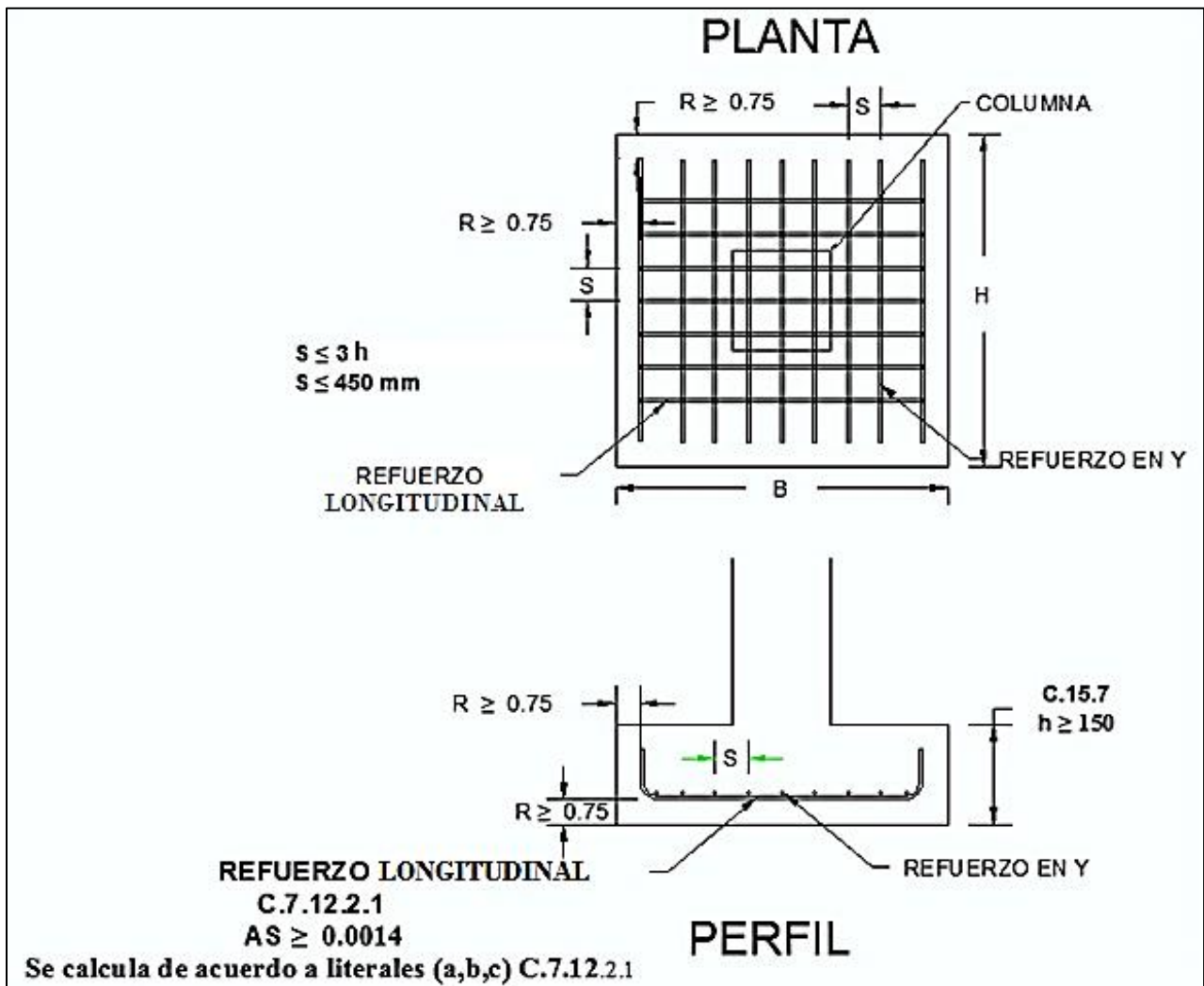


FIGURA N° 9. Transcripción gráfica especificaciones NSR-10 para zapata aislada.
Fuente: Elaboración propia.



✚ Vigas de cimentación:

Teniendo en cuenta el Numeral C.21.12.3.3 del reglamento NSR-10 y las consideraciones presentadas en el Anexo H. plano C.21.5.1 de especificaciones de columnas y vigas, el pasante revisa el cumplimiento de los siguientes parámetros:

❖ **Materiales viga de cimentación:** Debe definirse la calidad del concreto y el tipo de acero de refuerzo, por ello el reglamento NSR-10 en su numeral C.21.1.4.2, especifica el valor mínimo de resistencia a la compresión del concreto y en su numeral C.3.5.3.1, establece la resistencia a la fluencia del refuerzo cuyos valores son los siguientes:

- Concreto de $F'c \geq 21$ Mpa
- Acero corrugado de $Fy = 420$ Mpa

❖ **Recubrimiento viga de cimentación (R):** Hacer un adecuado dimensionamiento del recubrimiento, es de vital importancia, pues este influye en la durabilidad del elemento estructural y por lo tanto de la estructura, por ello teniendo en cuenta la figura N°10, el reglamento NSR-10, en sus numerales C.7.7.1 (a) y C.7.7.1 (b) establece como dimensión mínima la siguiente:

- C.7.7.1 (a) - R inferior = 75mm (Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él).
- C.7.7.1 (b) - R lateral = 40mm (Concreto expuesto a suelo o a la intemperie).

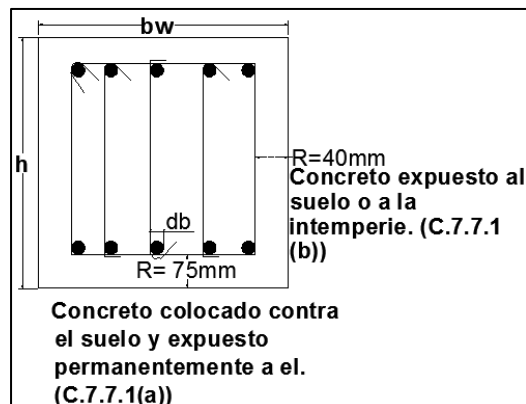


FIGURA N° 10. Recubrimiento en viga de cimentación.

Fuente: Elaboración propia.



❖ **Dimensiones mínimas viga de cimentación:** ancho C.21.5.1.3 y altura C.9.5.2.1 de la NSR-10.

❖ **Cuantía longitudinal viga de cimentación:** El refuerzo longitudinal o principal corresponde al que se coloca tanto abajo como arriba de forma continua o fraccionada de acuerdo con las condiciones de apoyo y de las derivadas de la mecánica estructural del elemento, el Reglamento NSR-10 en su numeral C.21.5.2.1 establece lo siguiente:

- As mínima $A_{s_{\min}} = \frac{0.25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d \rightarrow$ Se toma el mayor valor.

- As máxima = 0.025 bw*d

d: distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.

❖ **Refuerzo transversal fleje en la viga de cimentación:** El reglamento NSR-10, en su literal C.7.10.5.1 y en el C.21.3.5.8, establece que todas las barras debe estar confinadas por medio de estribos transversales que por lo menos cumplan la siguiente condición:

- Estribos de diámetro N° 3 (3/8”) ó 10 M (10mm).

Teniendo en cuenta el Anexo I. plano C.21.5 vigas con y sin traslapos, el pasante revisa el cumplimiento de los siguientes parámetros:

❖ **longitud de confinamiento viga de cimentación:** El Reglamento NSR-10 en su numeral C.21.5.3.1 establece que deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en las siguientes regiones de los elementos pertenecientes a pórticos:



- En una longitud igual a $2h$ (h : altura del elemento), dicha longitud se mide desde la cara de elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión.
 - En longitudes iguales a $2h$ a ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión debido a desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.
- ❖ **Separación geométrica de los estribos en la viga de cimentación:** Según el numeral C.21.5.3.2 de la NSR-10, el espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor valor de los siguientes:
- $S1 \leq d/4$
 $\leq 6db$ longitudinal menor
 ≤ 150 mm
- ❖ **Separación de los estribos en la longitud no confinada viga de cimentación:** Cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, el numeral C.21.5.3.4 del Reglamento NSR-10 especifica que se deben utilizar estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos con una separación $S2 \leq d/2$.
- ❖ **Empalmes por traslapos viga de cimentación:** El reglamento NSR-10, en su numeral C.12.15.1 establece que la longitud mínima de empalme por traslapo en tracción, debe cumplir las siguientes condiciones:
- Empalme por traslapo Clase A $1.0 ld$
 - Empalme por traslapo Clase B $1.3 ld$
 - Longitud del empalme por traslapo ≥ 300 mm
- Además para considerar si se toma el de clase A o clase B se debe tener en cuenta lo especificado en el numeral C.12.15.2 del Reglamento NSR-10, donde se indica lo siguiente:



- Los empalmes por traslapo de alambres y barras corrugadas sometidas a tracción deben ser empalmes por traslapo Clase B, excepto que se admiten empalmes por traslapo de Clase A cuando:
 - a) El área de refuerzo proporcionada es al menos el doble que la requerida por análisis a todo lo largo del empalme por traslapo.
 - b) La mitad, o menos, del refuerzo total está empalmado dentro de la longitud de empalme por traslapo requerido.
- El numeral C.21.7.5.2 del reglamento NSR-10, establece que la longitud del empalme por traslapo se calcula como sigue:
 - c) $Ld = 2.5Ldh$, si $d' \leq 300\text{mm}$
 - d) $Ld = 3.25Ldh$, si $d' > 300\text{mm}$
- También se puede considerar la recomendación del libro el libro “*requisitos esenciales para edificios de concreto reforzado para edificaciones de tamaño y altura limitados. Basado en ACI 318-02*” “5.8.2.1-barras de refuerzo”, donde se indica que la longitud del traslapo sea igual a 50 veces el diámetro de la barra longitudinal mayor.

❖ **Espaciamiento del refuerzo que confina las barras traslapadas (S3):** Según el numeral C.21.5.2.3, el espaciamiento del refuerzo transversal que confina las barras traslapadas no debe exceder al menor entre:

- $S3 \leq d/4$
- $S3 \leq 100\text{mm}$.

En la figura N°11 se observa claramente las separaciones de los estribos en cada una de las zonas de la viga de cimentación, representadas como sigue:



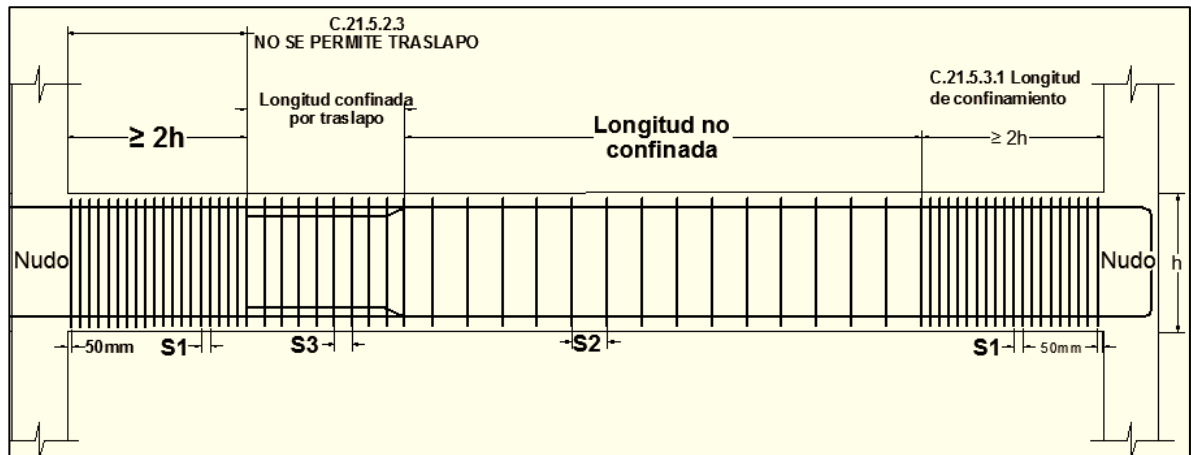


FIGURA N° 11. Separación del refuerzo transversal en las zonas de la viga.

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ **Necesidad y colocación de los flejes suplementarios:** Cuando no se requiera estribos cerrados de confinamiento, el reglamento NSR-10 en su numeral C.21.5.3.3 específica que las barras longitudinales deben tener soporte lateral (Estribos suplementarios, ver figura N° 19 del presente documento).

6.4.3. Columnas:

Las columnas son uno de los elementos más importantes dentro de una edificación, ya que en ellas debe suministrarse capacidad adicional y especial de trabajo en el rango inelástico; es por ello que deben tener un correcto detallamiento del refuerzo, cumpliendo con las exigencias de la NSR-10, con el fin de garantizar mayor seguridad e integridad a la estructura, evitando fallas de piso que desencadene un tipo de falla global de la estructura.

Teniendo en cuenta el Anexo H. plano C.21.5.1 de especificaciones de vigas y columnas, el pasante revisa el cumplimiento de los siguientes parámetros:



- ❖ **Materiales de la columna:** Debe definirse la calidad del concreto y el tipo de acero de refuerzo, por ello el reglamento NSR-10 en su numeral C.21.1.4.2, especifica el valor mínimo de resistencia a la compresión del concreto y en su numeral C.3.5.3.1, establece la resistencia a la fluencia del refuerzo cuyos valores son los siguientes:
 - Concreto de $F'c \geq 21$ Mpa
 - Acero corrugado de $Fy = 420$ Mpa
- ❖ **Recubrimiento de la columna:** En el numeral C.7.7.1 (c) del Reglamento NSR-10, se establece la dimensión mínima de recubrimiento en una columna:
 - columnas: 40mm (armadura principal, estribos y espirales).
- ❖ **Consideración Principal :** El reglamento NSR-10 en su numeral C.21.6.1, establece que para que una columna no trabaje como viga, la fuerza axial mayorada de compresión debe cumplir lo siguiente:
 - $Pu > \frac{A_g f'c}{10}$, donde $A_g = \text{Area bruta de la sección en concreto}$.Si se cumple con esta condición, se tomará en consideración las siguientes especificaciones:
- ❖ **Dimensiones mínimas de la columna:** En el numeral C.21.6.1.1 del reglamento NSR-10, se establecen las siguientes dimensiones mínimas para columnas:
 - Sección rectangular ≥ 300 mm
 - Sección T,C o I ≥ 250 mm
 - Área ≥ 0.09 m²
- ❖ **Cuantía longitudinal en la columna:** Los requisitos para refuerzo longitudinal indican un límite inferior en cuantías de refuerzo longitudinal del 1% de la sección transversal de la columna, y un límite superior del 4%. El límite inferior pretende evitar que el acero fluya para cargas inferiores a la de fluencia teórica que pudiera darse por el flujo plástico del concreto, el cual causa una transferencia de esfuerzos



entre el concreto y el refuerzo; el límite inferior también pretende proporcionar a la columna una resistencia mínima a flexión. El límite superior tiene como objetivo evitar el congestionamiento de refuerzo transversal en columnas, y en la intersección con vigas, así como un comportamiento satisfactoriamente dúctil. En el numeral C.21.6.3.1 de la NSR-10, se establece lo siguiente:

- As mínima = $0.01 A_g$ (A_g : Área bruta de la sección en concreto)
- As máxima = $0.04 A_g$ (A_g : Área bruta de la sección en concreto)

❖ **Refuerzo transversal flejes en la columna:** Los requisitos de refuerzo transversal tienen como objetivo primordial proporcionar un alto confinamiento a los extremos de las columnas, este debe proporcionar una resistencia al cortante suficiente para que se puedan desarrollar articulaciones plásticas en los extremos de las vigas. El numeral C.7.10.5.1 del reglamento NSR-10 especifica el diámetro mínimo de estribos como el siguiente:

- Diámetro Mínimo: Estribos N° 3 (3/8”).

Teniendo en cuenta el *Anexo J. plano C.21.6 columna sin traslapos* o *Anexo K. plano C.21.6 columna con traslapos*, según sea el caso, el pasante revisa el cumplimiento de los siguientes parámetros:

❖ **longitud de confinamiento columnas (l_o)** : El refuerzo transversal debe suministrarse en una longitud l_o medida desde cada cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del pórtico. La longitud l_o no debe ser menor que lo especificado C.21.6.4.1 de la NSR-10:

- $l_o \geq C1 \text{ Ó } C2$, donde C1 y C2, son las dimensiones de la columna rectangular.
- $l_o \geq \frac{1}{6} l_n$, donde l_n es la luz libre medida entre caras de los apoyos.
- $l_o \geq 450mm$



- ❖ **Separación de los estribos en la longitud confinada (S1):** La separación geométrica de los estribos en la longitud confinada se debe hacer de acuerdo a las especificaciones del numeral C.21.6.4.3 del Reglamento NSR-10, donde se establece lo siguiente:

- $S1 \leq \frac{1}{4} b_w$
- $S1 \leq 6d_b$
- $S1 \leq S_o = 100 + \left(\frac{350 - hx}{3} \right)$

- La NSR-10, en su numeral C.21.6.4.4(b), establece la separación volumétrica de los estribos cerrados de confinamiento, la cual no debe ser menor que la requerida en las ecuaciones C.21-7 y C.21-8, presentadas a continuación y observada en la figura N°10:

$$S1 = \frac{Ash * Fyt}{0.3 * bc * F'c * \left(\left(\frac{Ag}{Ach} \right)^{-1} \right)} \quad \text{Ecuación C.21-7.}$$

$$S1 = \frac{Ash * Fyt}{0.09 * bc * F'c} \quad \text{Ecuación C.21-8.}$$

Ash: Área total de refuerzo transversal en la dirección de estudio (incluyendo ganchos suplementarios).

Fyt: Resistencia especificada a la fluencia f_y del refuerzo transversal.

bc: Dimensión transversal del núcleo del elemento medida entre los bordes externos del refuerzo transversal con área Ash .

Ach: Área de la sección transversal de un elemento estructural, medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal.

Ag: Área bruta de la sección de concreto.

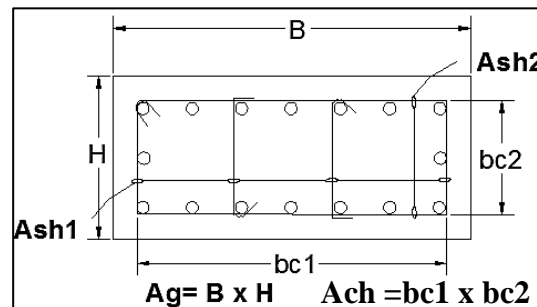


Figura N°12. Separación volumétrica de los estribos cerrados de confinamiento.

Fuente: Elaboración propia.



- ❖ **Separación de los estribos en la longitud no confinada:** Más allá de la longitud confinada, el espaciamiento del refuerzo transversal debe cumplir con el numeral C.21.6.4.5 del Reglamento NSR-10, donde se especifica lo siguiente:
 - $S2 \leq 6db$ longitudinal menor
 ≤ 150 mm
- ❖ **Empalmes por traslapos:** De acuerdo al numeral C.21.6.3.3, el reglamento NSR-10 establece que los empalmes por traslapo se permiten sólo dentro de la mitad central de la longitud del elemento, deben diseñarse como empalmes por traslapo de tracción y deben estar confinados dentro del refuerzo transversal de acuerdo con C.21.6.4.2 , C.21.6.4.3 y C.21.6.4.4.
- ❖ **Espaciamiento del refuerzo que confina las barras traslapadas:** según el numeral C.21.6.4.3 y C.21.6.4.4 dicho espaciamiento debe ser menor que los siguientes:
 - a) $S3 \leq 1/4 C1$ y $1/4 C2$
 - b) $S3 \leq 6db$ longitudinal más pequeña.
 - c) $S3 \leq S_o = 100 + (350-hx)/3$ Ec. C.21-5.

En la figura N°13, se ilustra el espaciamiento geométrico de los estribos cerrados de confinamiento en cada una de las zonas de la columna.

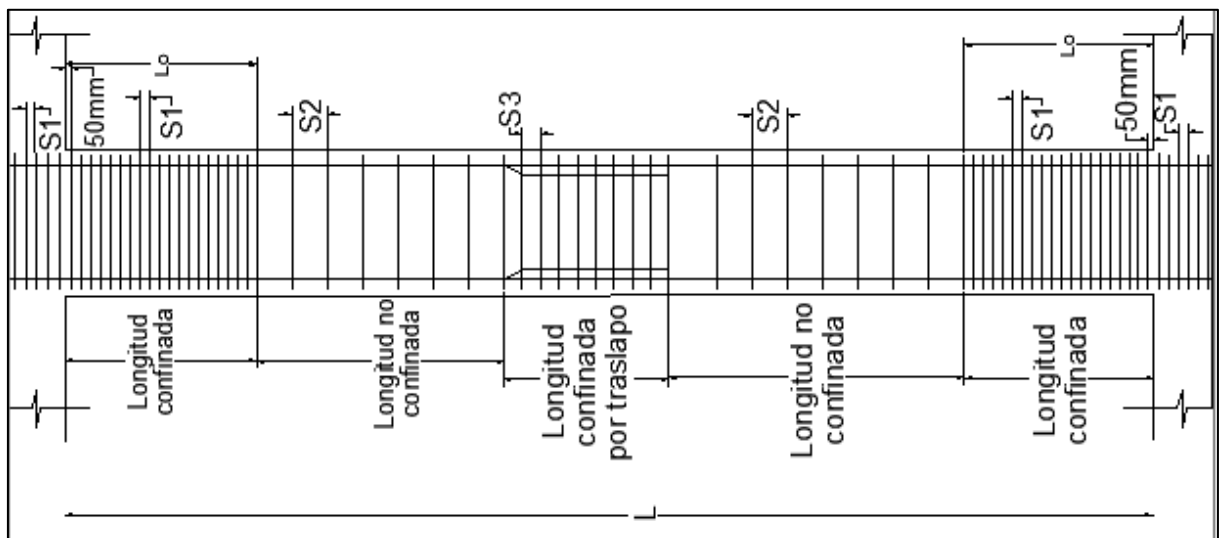


Figura N°13. Separación Geométrica de los estribos cerrados de confinamiento columnas.

Fuente: Elaboración propia.



- ❖ **Nudos C.21.7:** El numeral C.21.7.2.2 especifica que el refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna, debe prolongarse hasta la cara más distante del núcleo confinado de la columna y anclarse allí, de acuerdo a las longitudes de desarrollo normativas a tracción o compresión, tal como se aprecia en la figura N°14.



Figura N°14. Transcripción Gráfica numeral C.21.7.2.2 -NSR-10
Fuente: Elaboración Propia.

- Otra condición en los nudos, es lo establecido en el numeral C.21.7.2.3 del reglamento NSR-10, el cual es ilustrado en la figura N° 15, donde se especifica que si el refuerzo longitudinal de una viga atraviesa un nudo viga-columna, la dimensión de la columna paralela al refuerzo de la viga no debe ser menor que 20 veces el diámetro de la barra longitudinal de viga de mayor diámetro.

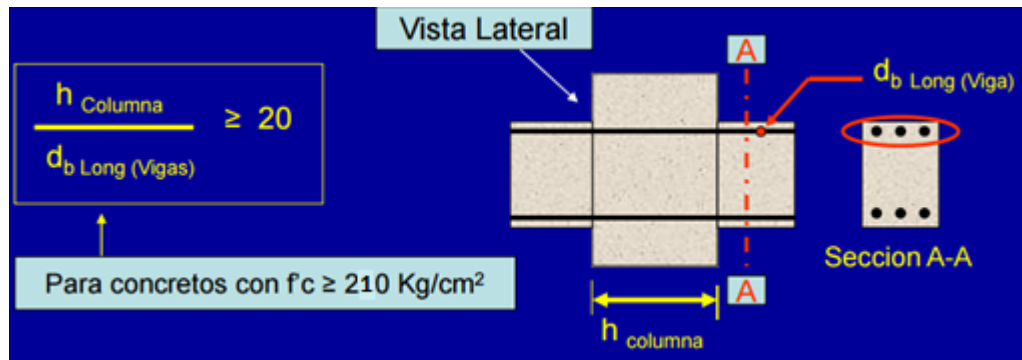


Figura N°15. Transcripción Gráfica numeral C.21.7.2.3 -NSR-10.
Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ **Refuerzo transversal en los nudos:** Dentro del nudo deben colocarse estribos cerrados de confinamiento como refuerzo transversal, dispuestas de la misma forma que en las zonas de confinamiento de las columnas que llegan al nudo, tal como lo especifica C.21.7.3.1.

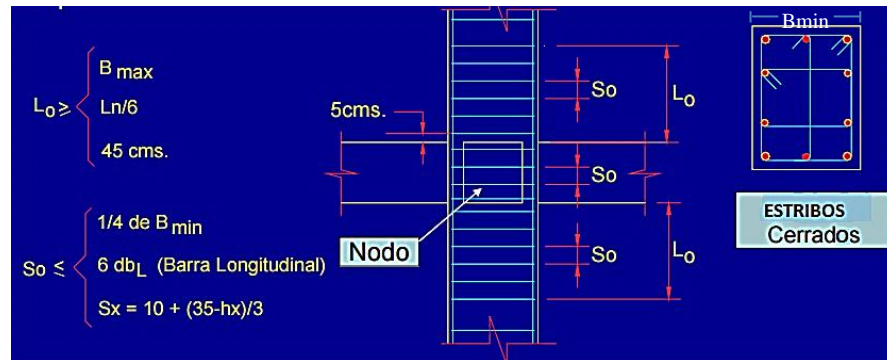


Figura N°16. Transcripción Gráfica numeral C.21.7.3.-NSR-10.
Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ **Longitud de desarrollo a Tracción para barra que termina con gancho estándar:**

- Según el numeral C.21.7.5 de la NSR –

10, la longitud de desarrollo en barras a tracción ldh se calcula como sigue :

$$Ldh = \left(\frac{Fy}{5.4\sqrt{F'c}} db \right) \text{ Ecuación C.21-9}$$

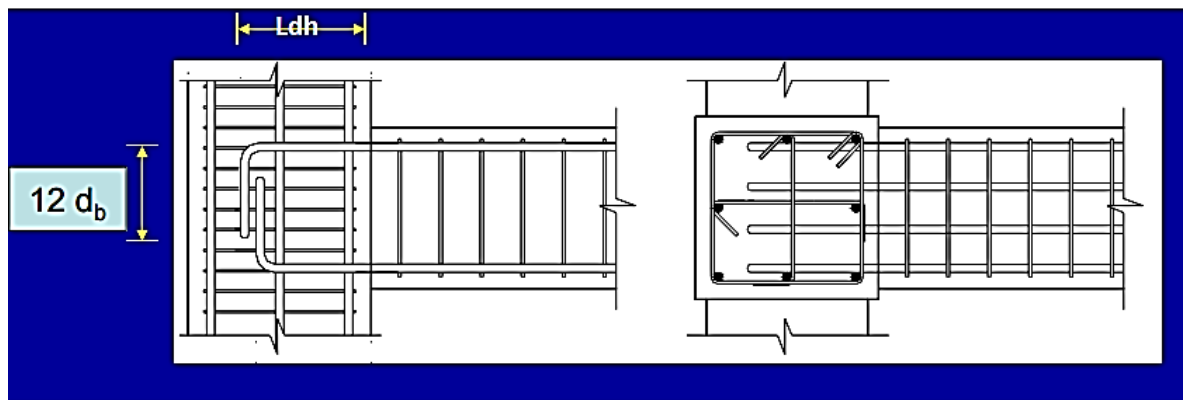


Figura N°17. Transcripción Gráfica numeral C.21.7.5 -NSR-10.
Fuente: Elaboración Propia.

6.4.4. Vigas Aéreas:

Las vigas son elementos horizontales que forman parte de la estructura, y están encargadas de transmitir cargas que reciben de losas y elementos planos a las columnas, para ello el NSR-10, dispone una serie de requisitos indicados a continuación.

Teniendo en cuenta el Anexo H. plano C.21.5.1 de especificaciones de vigas y columnas, el pasante revisa el cumplimiento de los siguientes parámetros

❖ **Materiales viga aérea:** C.21.1.4.2 y C.3.5.3.1 de la NSR-10.

- Concreto de $F'c \geq 21$ Mpa
- Acero corrugado de $Fy = 420$ Mpa

❖ **Recubrimiento viga aérea:** C.7.7.1 (c) de la NSR-10.

- En vigas y columnas: 40mm (armadura principal, estribos y espirales).

❖ **Dimensiones mínimas viga aérea:**

- Ancho b_w , C.21.5.1.3 de la NSR-10.

$$\checkmark \quad b_w < \begin{cases} 0.3h \\ 250\text{mm} \end{cases} \quad \longrightarrow \quad \text{Se toma el mayor valor}$$

Donde h es el espesor de la viga obtenido de acuerdo a la tabla C.9.5(a) del Reglamento NSR-10.

- Altura h , C.9.5.2.1 de la NSR-10.

✓ Se calcula de acuerdo a la tabla C.9.5(a) de la NSR-10.

❖ **Dimensiones Máximas viga aérea:**

- Ancho máximo: El reglamento NSR-10, en su numeral C.21.5.1.4 establece que en ancho máximo b_w no debe exceder el ancho del elemento de apoyo c_2 más una distancia a cada lado del elemento de apoyo que sea igual al menor entre (a) y (b), esto puede ser observado en la figura N°18.



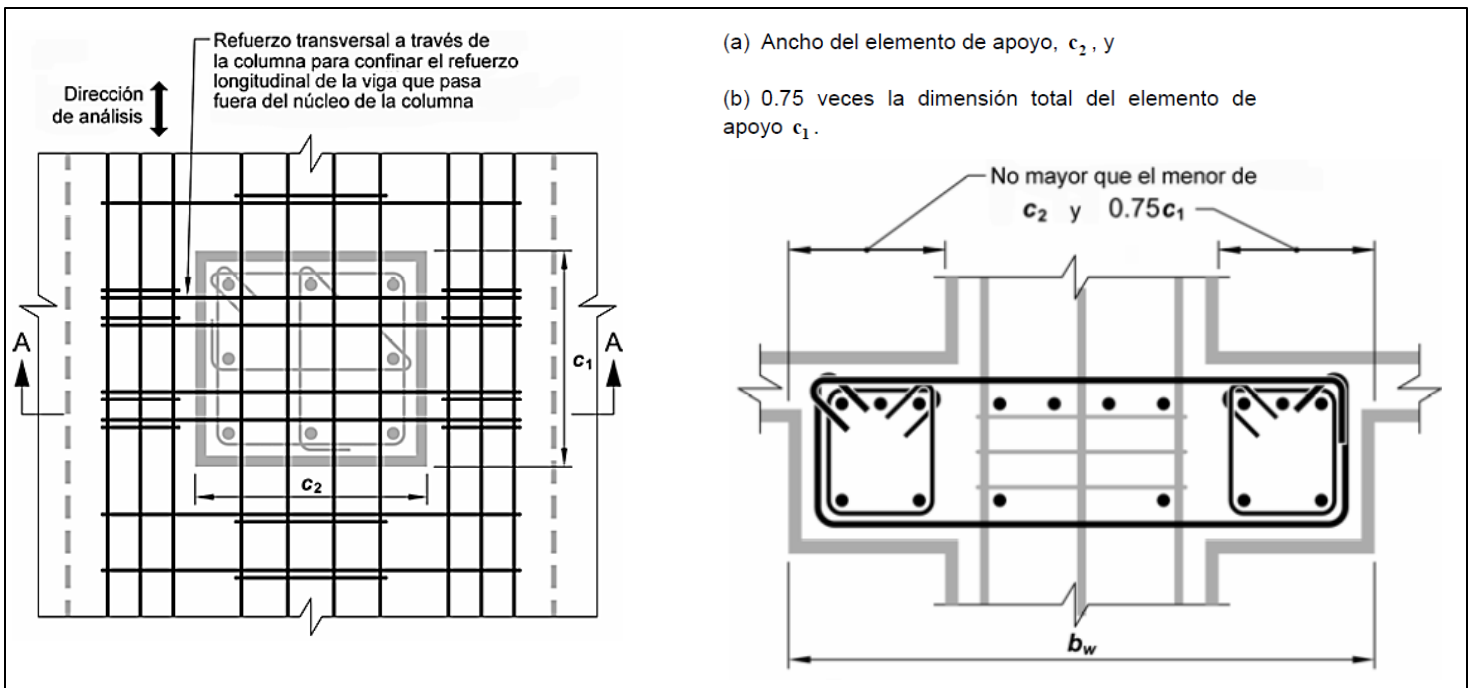


Figura N°18. Ancho máximo de una viga aérea.

Fuente: Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia Titulo A NSR-10

- ❖ **Cuantía Longitudinal viga aérea:** El límite inferior del área de refuerzo longitudinal es para controlar las deformaciones dependientes del tiempo y para que el momento de fluencia exceda al momento de fisuración. El límite superior refleja principalmente la preocupación por la congestión del acero y por otra parte, evitar obtener secciones de comportamiento frágil. El Reglamento NSR-10 en su numeral C.21.5.2.1 establece lo siguiente:

- As mínima $A_{s\min} = \frac{0.25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d \geq \frac{1.4}{f_y} b_w d \rightarrow$ Se toma el mayor valor.

- As máxima = $0.025 b_w d$

d: distancia desde la fibra extrema en compresion hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción.



❖ **Refuerzo Transversal flejes viga aérea:** Es de vital importancia controlar la colocación de refuerzo transversal pues este es necesario para proveer la adecuada resistencia al corte, además permitir la formación de rótulas plásticas a flexión, como también confinar la sección, evitar el pandeo de las barras longitudinales y mejorar la adherencia en zonas de traslapos, El numeral C.7.10.5.1 y en el numeral C.21.3.5.8 de la NSR-10, establece la siguiente condición:

- Mínimo estribos N° 3 (3/8”).

Teniendo en cuenta el Anexo I. plano C.21.5 vigas con y sin traslapos, el pasante revisa el cumplimiento de los siguientes parámetros:

❖ **longitud de confinamiento viga aérea:** El Reglamento NSR-10 en su numeral C.21.5.3.1 establece que deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en las siguientes regiones de los elementos pertenecientes a pórticos:

- Longitud = 2h (h: altura del elemento) desde la cara del apoyo al centro de la luz.
- Longitud = 2h (h: altura del elemento) a ambos lados de una sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión.

❖ **Separación geométrica de los estribos viga aérea:** En el numeral C.21.5.3.2 del a NSR-10, se especifica que el espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de los siguientes valores:

- $S1 \leq d/4$
 $\leq 6db$ longitudinal menor
 ≤ 150 mm

- Posición primer estribo de confinamiento ≤ 50 mm

❖ **Separación de los estribos en la longitud no confinada viga aérea:** Cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, el numeral C.21.5.3.4 del Reglamento



NSR-10 especifica que se deben utilizar estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos con una separación $S2 \leq d/2$.

❖ **Empalmes por traslapes viga aérea:** El numeral C.21.5.2.3 del reglamento NSR-10, establece que no deben emplearse empalmes por traslapo en las siguientes consideraciones:

- Dentro de los Nodos.
- En una distancia de dos veces la altura del elemento, medida desde la cara del nodo.
- Donde el análisis indique fluencia por flexión, causada por desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.

❖ **Espaciamiento del refuerzo que confina las barras traslapadas:** Según el numeral C.21.5.2.3, el espaciamiento del refuerzo transversal que confina las barras traslapadas no debe exceder al menor entre:

- $S3 \leq d/4$
- $S3 \leq 100 \text{ mm}$.

❖ **Necesidad y colocación de los flejes suplementarios:** En el numeral C.21.5.3.3 de la NSR-10, se establece que cuando la separación entre ramas de estribos hx es mayor a 350mm se debe utilizar flejes suplementarios, en la figura N° 19, se representa dicha especificación.

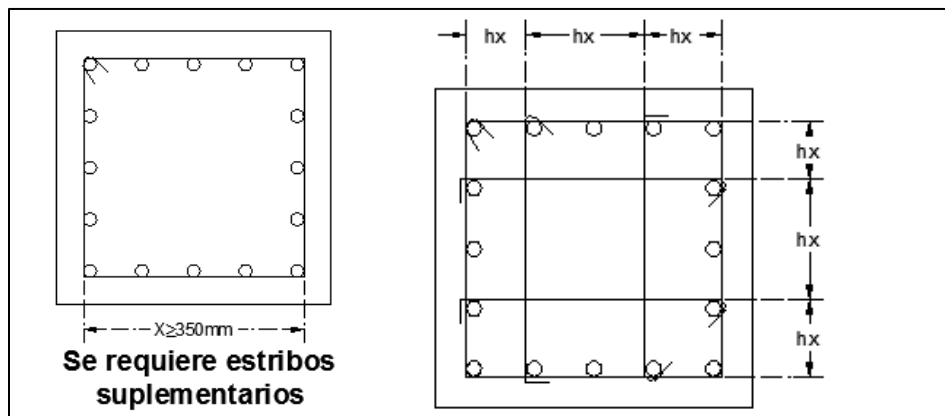


Figura N° 19. Necesidad de flejes suplementarios.

Fuente: Elaboración propia.



6.4.5. Muros Estructurales:

Se toma en cuenta el Anexo L. Plano C.21.9 Muros estructurales sin elemento de borde o Anexo M. Plano C.21.9 Muros estructurales con elemento de borde, el pasante revisa el cumplimiento de los siguientes parámetros:

- ❖ **Espesor mínimo** C.14.5.3 de la NSR-10.
- ❖ **Cuantía mínima** C.21.9.2.1 de la NSR-10.
- ❖ **Separación del refuerzo vertical y horizontal** C.14.3.5 de la NSR-10.
- ❖ **Necesidad de colocar 2 cortinas de refuerzo:**
 - Condición y separación de las capas C.14.3.4 de la NSR-10.
 - C.14.3.6 de la NSR-10.
 - C.21.9.2.3 de la NSR-10.

Se toma en cuenta el Anexo N. plano C.21.9.6 Elemento de borde. Según esto se evalúan los siguientes parámetros:

- ❖ **Elementos de Borde:** C.21.9.6 de la NSR-10:

En donde se requieran elementos especiales de borde, se deberá cumplir con lo siguiente: C.21.9.6.4- El elemento especial de borde se debe extender horizontalmente desde la fibra extrema en compresión hasta una distancia “ L_{mb} ” no menor que el mayor valor entre: $(c - 0.1 L_w)$ y $c/2$. Además el refuerzo transversal de los elementos especiales de borde en la base del muro, debe extenderse dentro del apoyo al menos en la longitud de desarrollo del refuerzo longitudinal de mayor diámetro de los elementos especiales de borde tal como se observa en la figura N°20, a menos que los mismos terminen en una zapata o losa de fundación, en donde el refuerzo transversal de los



elementos especiales de borde se debe extender, como mínimo, 30 cms dentro de la zapata o losa de fundación. El refuerzo horizontal en el alma del muro debe estar anclado para desarrollar f_y , dentro del núcleo confinado del elemento de borde. En las secciones con alas, los elementos de borde deben incluir el ancho efectivo del ala en compresión y se deben extender por lo menos 30 cms dentro del alma.

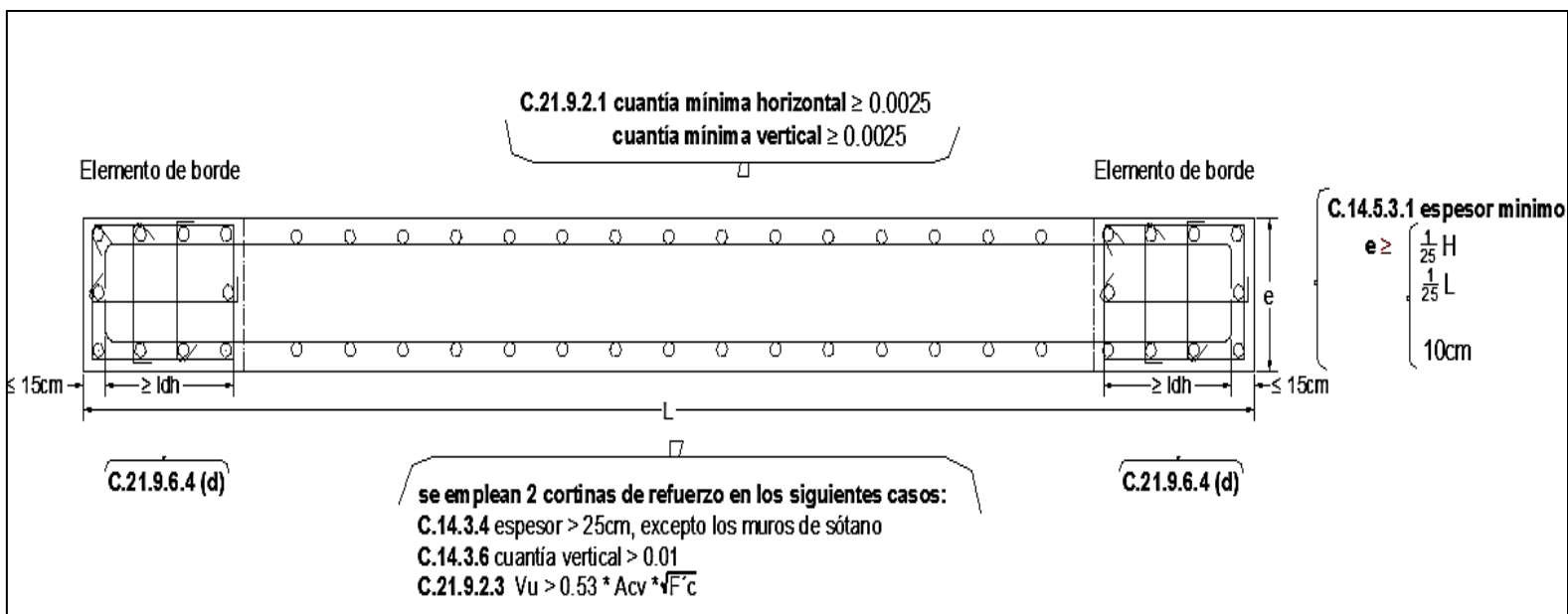


Figura N°20. Elementos de borde.

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.6. Losas

Las losas son elementos estructurales horizontales, que constituyen los pisos de los edificios, es un componente de flexión que distribuye la carga horizontalmente en una o más direcciones, y cuya función principal es el transmitir cargas a las vigas. El reglamento NSR-10 establece los siguientes requisitos:



✚ LOSAS MACIZAS:**❖ Cuantías Máximas y Mínimas:**

- ✓ Refuerzo de retracción y temperatura C.7.12.2 o C.7.12.3 de la NSR-10.

❖ Separación del Refuerzo

- ✓ S_{max} refuerzo principal C.7.6.5 de la NSR-10.
- ✓ S_{max} de retracción y temperatura C.7.12.2.2 de la NSR-10.

❖ Recubrimiento Mínimo

- ✓ $R = 20\text{mm}$ C.7.7.1(C) de la NSR-10

✚ LOSAS ALIGERADAS:

- Dimensionamiento de viguetas
- Según el numeral C.8.13.2, 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.
- Para losas nervadas en una dirección, el numeral C.8.13.3 especifica que 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. Para losas nervadas en dos direcciones, la separación máxima entre nervios, medida centro a centro, no puede ser mayor que 3.5 veces el espesor total de la losa, sin exceder 1.50 m.
- También es necesario tomar en cuenta el numeral C.8.13.3.1 del reglamento NSR-10, este establece que cuando se trate de losas nervadas en una dirección, deben colocarse viguetas transversales de repartición con una separación libre máxima de 10 veces el espesor total de la losa, sin exceder 4.0 m.
- Estas viguetas transversales de repartición deben diseñarse, a flexión y a cortante, de tal manera que sean capaces de transportar la carga total (muerta más viva) de cada nervio a los dos nervios adyacentes. C.8.13.3.2.



6.5. Revisión del Diseño de Elementos No Estructurales. Numeral A.9 NSR-10

El diseño de elementos no estructurales dentro del Reglamento Sismo Resistente tiene por objeto definir las provisiones sísmicas, de evacuación y de protección, que deben tenerse en la construcción de elementos que no hacen parte de la estructura de la edificación.

El diseñador de elementos no estructurales debe identificar el tipo de comportamiento ante acciones sísmicas y ante eventos de incendio de los elementos no estructurales teniendo en cuenta el tipo de elemento, el material que lo constituye, las fuerzas sísmicas que lo pueden afectar y la capacidad de acomodar los desplazamientos que le impone la estructura en los diferentes pisos que la componen.

El diseñador debe definir el tipo de anclajes y soportes del elemento y producir los planos constructivos adecuados e incluir las especificaciones técnicas que garanticen la adecuada resistencia del elemento.

El diseñador de elementos no estructurales debe entregar dentro del proyecto:

- Memoria de cálculos descriptiva de los diseños realizados. Para el diseño de elementos resistentes al fuego la memoria debe incluir el método de cálculo que determina la resistencia al fuego del elemento, o el estándar y método de ensayo ejecutado en un laboratorio que emite una calificación de resistencia al fuego con sus respectivas especificaciones técnicas del fabricante.
- Lista del contenido mínimo de las guías de mantenimiento para proteger la integridad de los sistemas constructivos como puertas, muros, losas y juntas, que deben ser recopiladas y organizadas por el Director de Construcción según A.1.3.8.5 de NSR-10.



- Planos constructivos de los elementos de anclaje y soporte de los elementos no estructurales.
- Especificaciones de construcción de los elementos de anclaje y soporte.
- Planos constructivos y memoria de diseño para los sistemas hidráulicos de extinción de incendio y para los sistemas eléctricos de detección y alarma de incendio.
- El grado de complejidad de los diseños en función del grado de desempeño mínimo requerido para el elemento no estructural, tal como lo define A.9.2. El desempeño se clasifica en grado superior, bueno y bajo según el uso de la edificación.
- Clasificar los elementos en uno de los grados de desempeño A.9.2.2 de la NSR-10 .La edificación debe clasificarse dentro de uno de los tres grados de desempeño de los elementos no estructurales definidos en A.9.2.1. Este grado de desempeño no puede ser inferior al mínimo permisible fijado en A.9.2.3. El propietario de la edificación, de manera voluntaria, puede exigir que los diseños se realicen para un grado de desempeño mejor que el mínimo exigido, comunicándolo por escrito a los diseñadores. En ausencia de esta comunicación, los diseñadores solo están obligados a cumplir con el grado mínimo permisible fijado en A.9.2.3.



7. ERRORES FRECUENTES EN LOS PROYECTOS ESTRUCTURALES

Se logró establecer algunos de los errores más comunes en la presentación y elaboración de los proyectos estructurales, los cuales se observan en las imágenes que se presentan a continuación:

- Un error muy común en los proyectos que se sometieron a estudio, es el no indicar el diámetro de doblado de las barras de refuerzo principal en el despiece de las secciones, esto se puede apreciar en la figura N° 21, ahí no se observa ningún tipo de diámetro de doblado, ni extensión de la barra, que permita verificar que se está cumpliendo con los valores mínimos establecido en la tabla C.7.2 de la NSR-10. En este caso debido a que se están utilizando barra #4, dicho diámetro debe ser de $6db$ (diámetro de la barra), además debe contener una extensión de $12db$ establecida en C.7.1.2, además cabe recalcar que tampoco se indica la longitud de desarrollo a tracción del refuerzo en este caso para barra con gancho estándar, establecida en el numeral C.21.7.5.2 de la NSR-10.

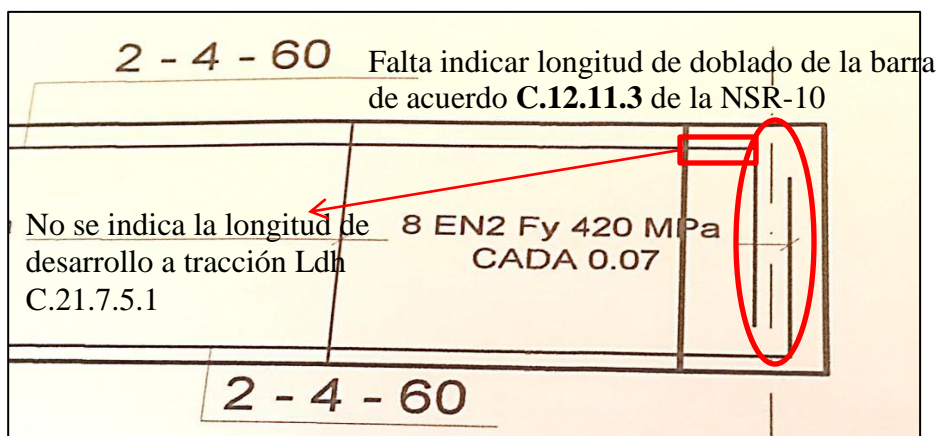


FIGURA N° 21. Error despiece viga de entrepiso.



- En la figura N° 22, se puede observar un error muy común encontrado en los proyectos sometidos a estudio, este es el empalme por traslapo dentro del nudo, el reglamento NSR-10 en su numeral C.21.5.2.3(b) prohíbe realizar dicho empalme, en esta zona, pues es una zona crítica para fallar por cortante, además en la figura N°23, se muestra la transcripción gráfica del numeral C.21.5.2.3 NSR-10, donde se ilustra las zonas donde se prohíbe realizar empalme por traslapo.

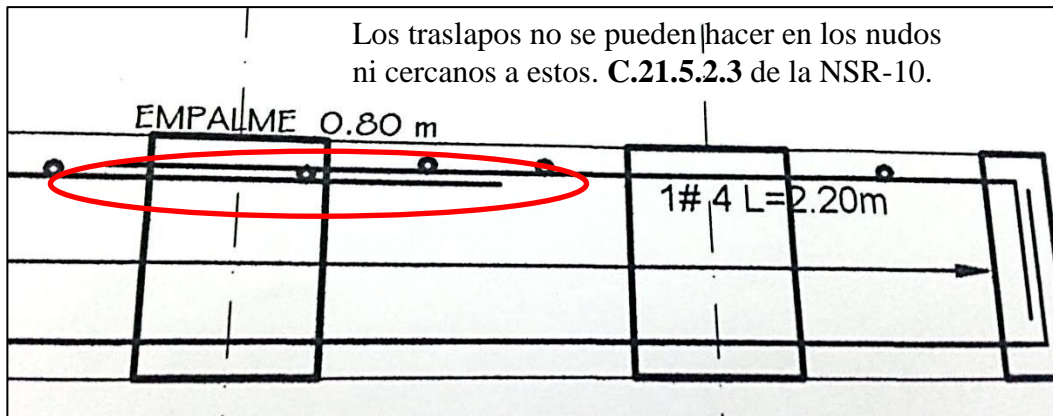


FIGURA N° 22. Error traslapo viga de entrepiso.

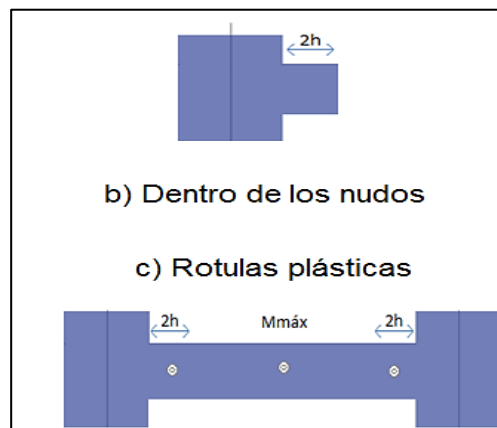


FIGURA N° 23. Zonas donde no se debe realizar empalmes por traslapo.
Fuente: Elaboración Propia.

- En la figura N°24, se puede apreciar el escaso recubrimiento del refuerzo en los elementos que conforman la estructura en este caso una viga principal, este es un problema común encontrado en el diseño de las edificaciones revisadas, pues al tener tan escaso recubrimiento se disminuye la sección y sobretodo deja al acero expuesto a la intemperie lo que ocasiona la corrosión al interactuar con agentes externos como el agua y el aire. El excesivo grado de corrosión puede ocasionar la formación de fisuras longitudinales en el concreto. El concreto además protege al acero de temperaturas elevadas que se pueden alcanzar en incendios.

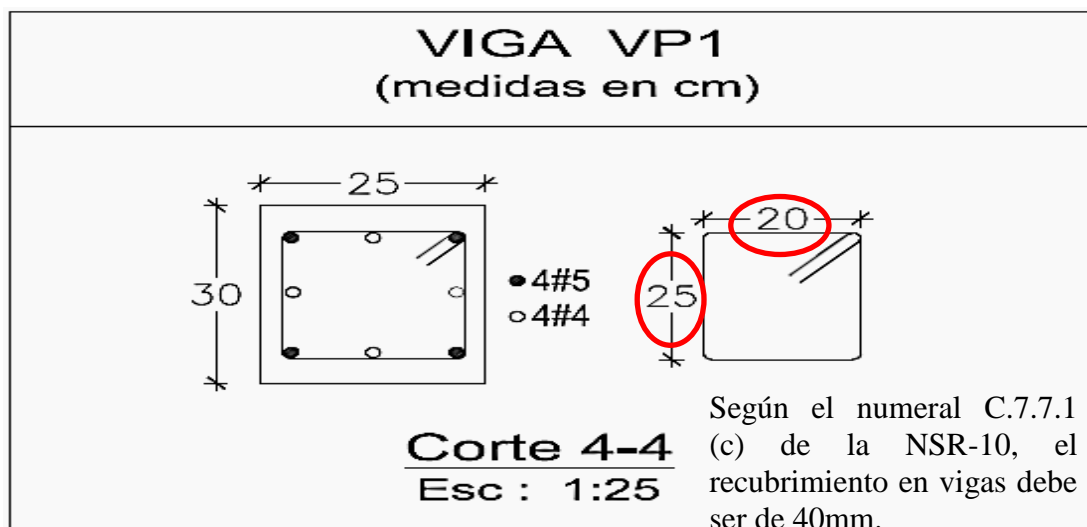


FIGURA N° 24. Error Recubrimiento viga VP1

- La falta de acotación de las plantas de la estructura es otro de los errores comunes encontrados, esto puede ser evidenciado en la figura N°25, donde falta indicar dimensión del voladizo, y elementos estructurales como la viga V2.





FIGURA N° 25. Errores planta de la losa propuesta.

En la figura N° 26, se observa que la orientación del gancho del refuerzo longitudinal de la columna cerca del fondo de la cimentación está hacia fuera, incumpliendo la especificación C.21.12.2.2 de la NSR-10, la cual menciona que “el refuerzo longitudinal que resiste la flexión debe tener ganchos de 90 grados cerca del fondo de la cimentación, con el extremo libre de las barras orientado hacia el centro de la columna”, el recubrimiento de la zapata no cumple con lo establecido en C.7.7.1, pues este debe ser de por lo menos 75mm, además no se indica cuantías de refuerzo ni dimensionamiento de la misma.

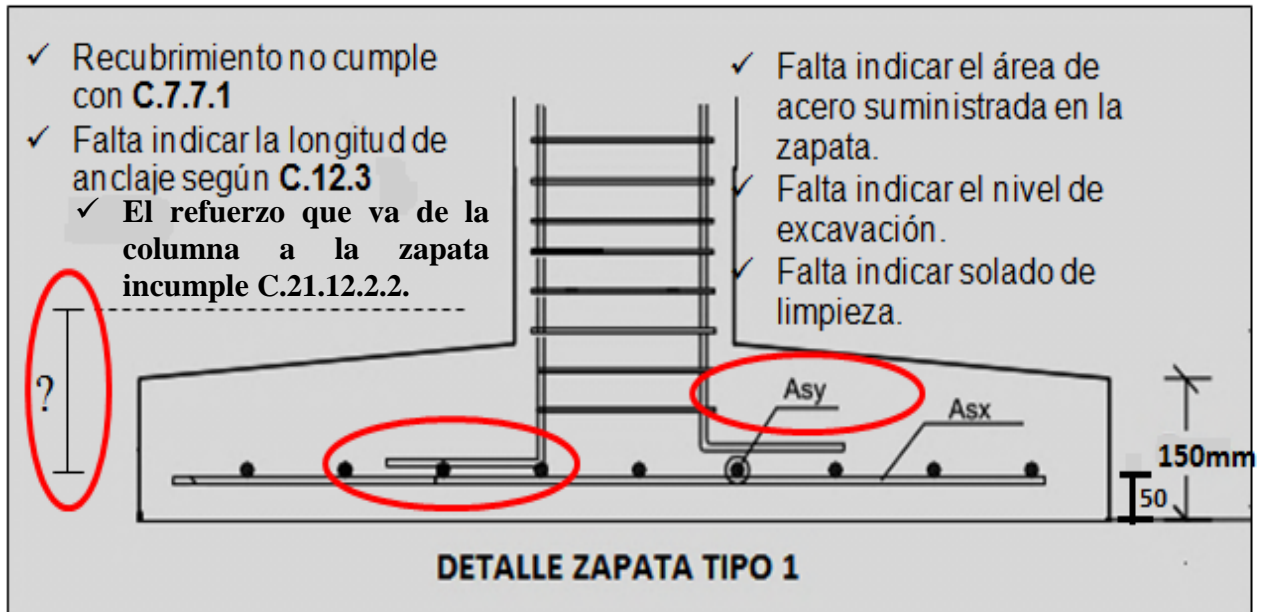


FIGURA N° 26. Errores en zapata aislada.

- Uno de los errores más frecuente encontrado en los proyectos sometidos a estudio, es lo relacionado con la separación de los estribos en cada una de las zonas del elemento estructural (zona de traslapos, zona confinada y zona no confinada), un ejemplo de esto es lo presentado en la figura N° 27, ahí se observa que el espaciamiento de los estribos en la longitud no confinada, incumple lo establecido en el numeral C.21.5.3.2 del reglamento NSR-10, pues esta separación debe ser de 13cm y no de 18 cm como se indica, además se puede apreciar que los estribos que confinan las barras traslapadas tienen el mismo espaciamiento de los estribos en la longitud no confinada, por lo tanto se incumple con lo especificado en el numeral C.21.5.2.3 del reglamento NSR-10, Para tener mayor claridad respecto a la

separación de los estribos en cada una de las zonas, se recomienda se observe el *Anexo I. plano C.21.5 vigas con y sin traslapos.*

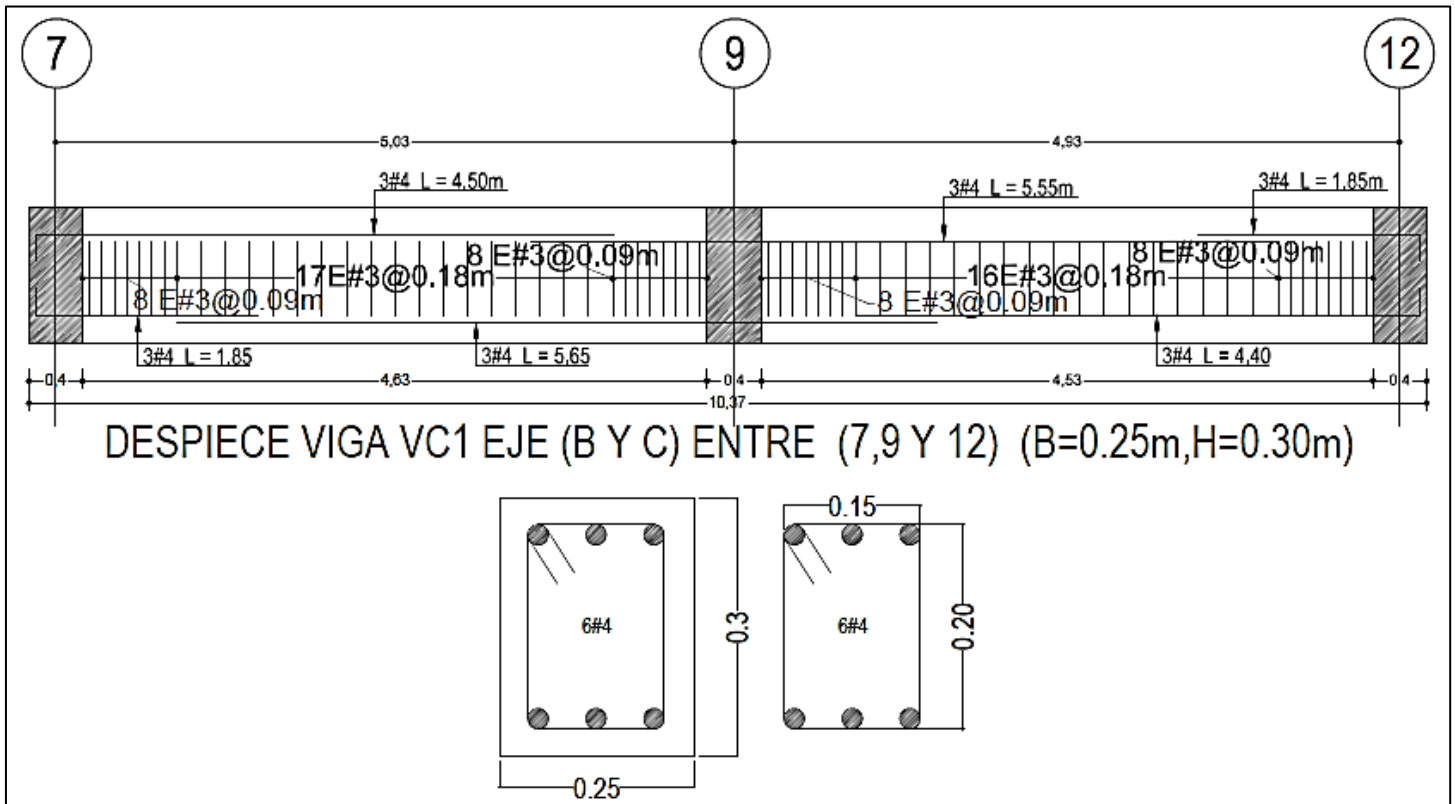


FIGURA N° 27. Errores de espaciamento de estribos en viga VC1

- Otro error presentado con frecuencia en los proyectos revisados, es la no coincidencia del plano arquitectónico y el plano estructural, pues en muchas ocasiones se encontró que al mirar en conjunto los planos, elementos estructurales como columnas y pantallas, se hallaron ubicadas sobre elementos no estructurales como puertas y ventanas. En la figura N° 28, se aprecia que la columna (no referenciada) se encuentra en la mitad de la puerta.

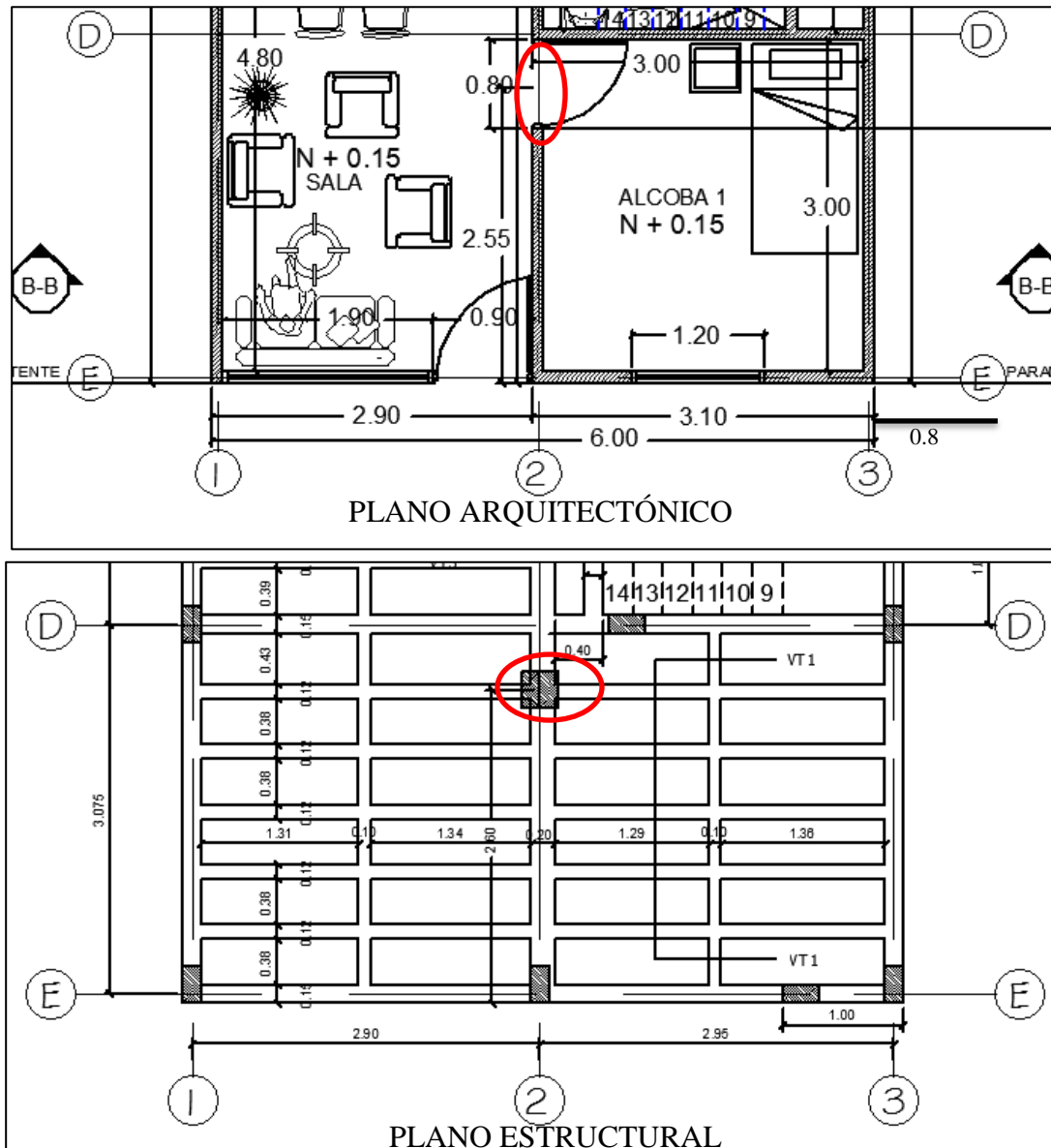


FIGURA N°28. Error en la coincidencia del plano arquitectónico vs el plano estructural.

- Respecto al diseño de los elementos no estructurales, en la mayoría de los proyectos que se sometieron a revisión, se encontró que en las memorias presentadas, no se encontraban detalles, ni recomendaciones constructivas, omitiéndose información de las dilataciones de los muros, de los detalles de anclaje



de refuerzos para muros, dilataciones de tuberías que atraviesen los muros de arcilla, etc. Además se presentaban detalles incompletos como el presentado en la figura N°29 pues no se plasma las dilataciones sísmicas, el anclaje del refuerzo, ni las recomendaciones constructivas de dicho elemento, y detalles como el observado en la figura N°30, que en obra son difíciles de realizar.

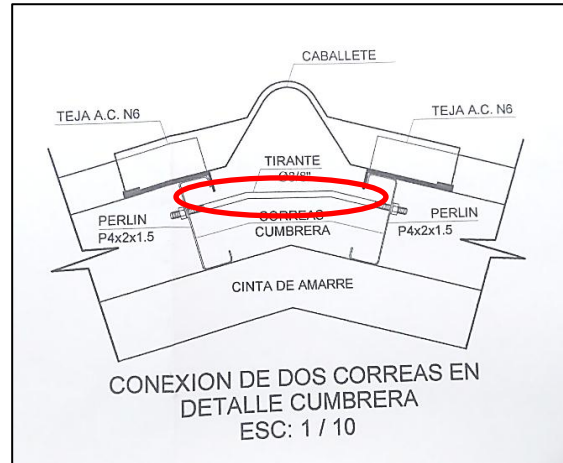


Figura N°29. Detalle de conexión de dos correas.

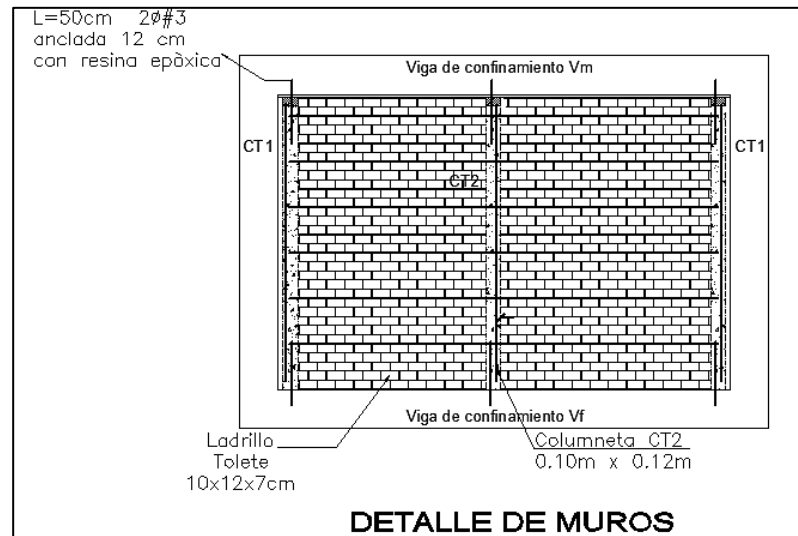


Figura N°30. Detalle de conexión de dos correas.

8. CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA EL DISEÑO DE LAS EDIFICACIONES

Hay que recalcar que no solamente el análisis estructural y el buen detallamiento de las edificaciones es importante, sino que también, se ha evidenciado en los últimos sismos que la configuración estructural juega un papel esencial en el desempeño de edificios, la misma que queda en gran parte definida en el proyecto arquitectónico, es por ello, que tanto arquitectos como ingenieros deben trabajar conjuntamente para lograr un proyecto a la vez funcional, seguro y estéticamente atractivo. Para seleccionar correctamente la configuración estructural de un edificio se debe tomar en cuenta la forma de construcción en planta y elevación, así como la distribución y arreglo de los elementos estructurales que constituyen el esqueleto resistente del edificio. A continuación se muestran las diferentes tipos de fallas presentadas con relación a la configuración estructural de las edificaciones, tomado de Fernández Cruz, O. (...). *Aspectos a considerar en el Peritaje de Estructuras afectadas por Sismos*. <http://www.cdlima.org.pe/images/stories/2011/marzo/estructuras.pdf>.

➤ FALLAS RELACIONADAS CON LA SIMETRIA

Forma del edificio en planta:

Se debe procurar en lo posible que la forma en planta del edificio sea simétrica para evitar las vibraciones torsionales. Los daños se pueden producir cuando se construyen edificios en forma de T, L o H, produciéndose zonas de concentración de esfuerzos como se indica en la figura N° 31.

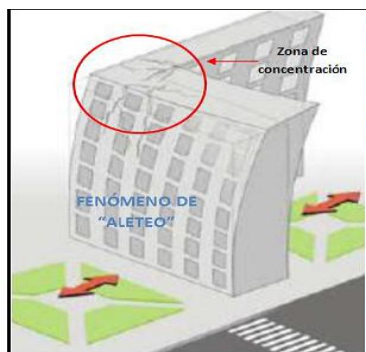


Figura N° 31 Falla producida por asimetría del edificio en planta. **Fuente:**[Fernández Cruz, O. (2010)]



En la figura N°32, se presentan algunas alternativas para solucionar el problema de los edificios con plantas asimétricas.

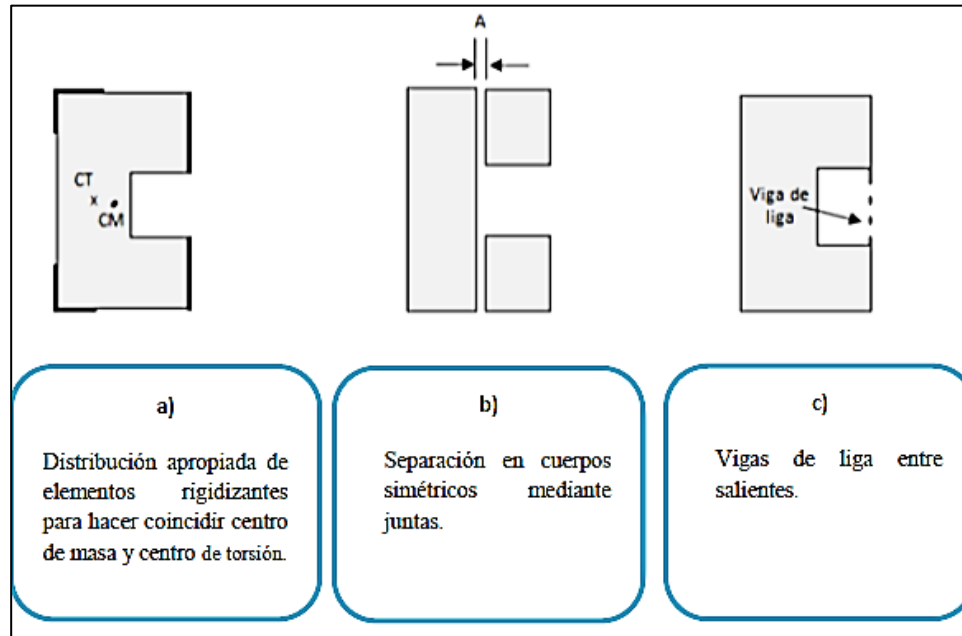


Figura N° 32. Posibles remedios para eliminar los problemas de plantas asimétricas.

Fuente: [Bazan E., y Meli R. (1998)]

Forma del edificio en elevación

La forma de los edificios en elevación debe ser sencilla, regular y simétrica para evitar que se produzcan amplificaciones de la vibración en las partes superiores del edificio, o concentraciones de esfuerzos en ciertos pisos. Los daños se pueden producir cuando existen reducciones bruscas en las partes altas del edificio, provocándose el efecto “latigazo” por concentraciones de esfuerzos (figura N° 33), además la esbeltez excesiva puede ocasionar volteo e inestabilidad de la edificación.



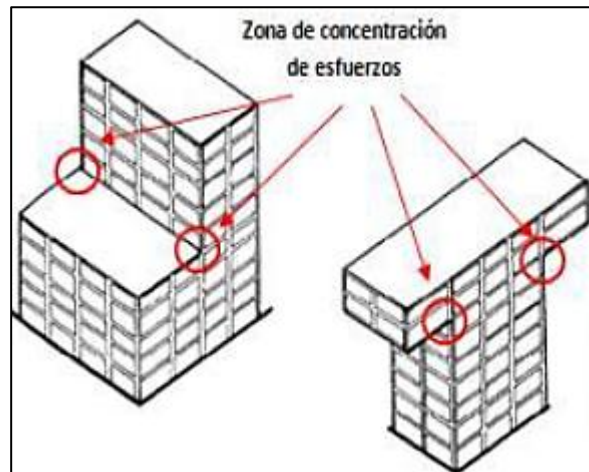


Figura N° 33. Falla producida por asimetría del edificio en elevación (efecto "latigazo"). **Fuente:** [Fernández Cruz, O. (2010)]

Para solucionar el problema de falla debido a las reducciones del edificio en elevación, se plantean diferentes alternativas, en la figura N°34 se puede observar algunas de estas.

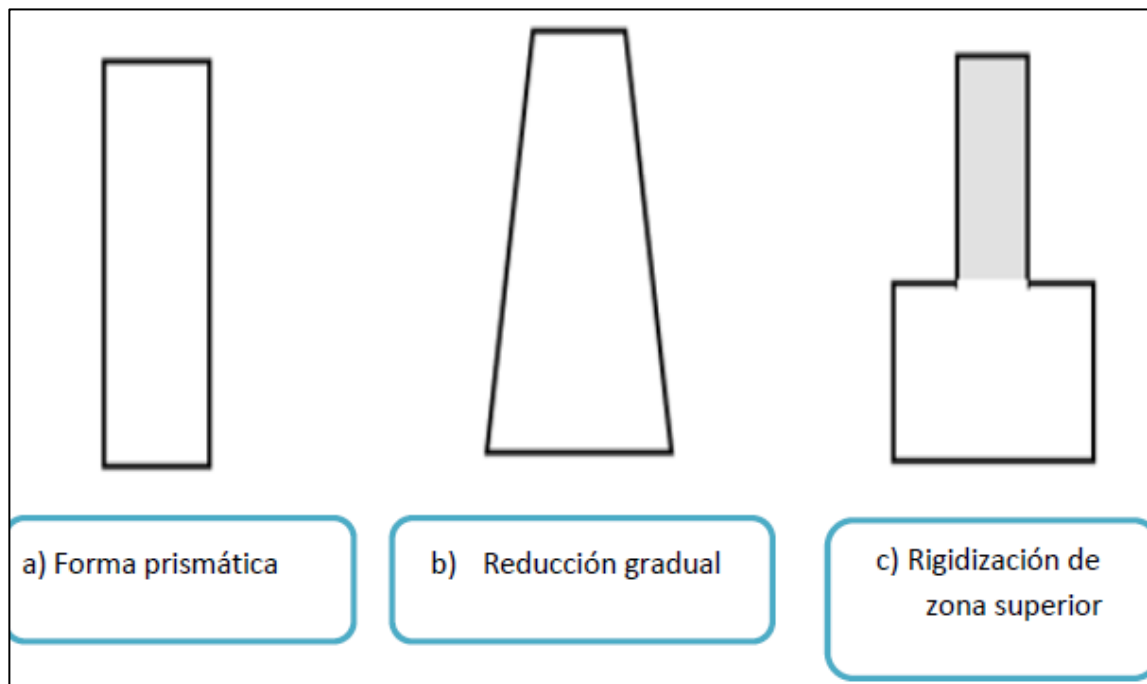


Figura N° 34 Posibles remedios a la reducción en elevación
Fuente: [Bazan E., y Meli R. (1998)].



Fallas relacionadas con la rigidez:

- En las edificaciones se debe proporcionar suficiente rigidez en todas las direcciones, con el fin de evitar derivas excesivas. El daño se produce cuando en una de las direcciones se dispone de vigas o columnas de menor dimensión en relación a la otra dirección, o su distribución en ese sentido es insuficiente.
- **Separación de edificios adyacentes:** Es importante guardar suficiente separación con respecto a edificios adyacentes, para evitar el choque entre ellos. Si no existe suficiente separación sísmica entre edificios adyacentes, su manera distinta de vibrar ante la sollicitación sísmica puede producir choque entre ellos. Esto es más peligroso cuando los edificios adyacentes no coinciden en sus alturas de entrepiso, ya que las losas de un edificio pueden chocar las columnas del otro.

Fallas Relacionadas con la Continuidad

Es importante la continuidad de los elementos estructurales desde la cimentación hasta el último piso del edificio, para de evitar concentraciones de esfuerzos en puntos críticos de la estructura.

El daño se produce cuando por ejemplo el elemento columna no es continua a lo alto de la estructura, ocasionando cambios bruscos de rigidez y por lo tanto ante la presencia de un sismo, se puede generar colapso de la edificación.



9. DOCUMENTOS DE NOTIFICACIÓN

Son documentos presentados por parte del pasante al ingeniero encargado de las revisiones, para que este a la vez lo verifique y proceda a entregar a la Curaduría Primera de Popayán.

1. Revisión Proyecto Estructural Edificio 5 Niveles, Radicado 6078.

✚ **REF:** Revisión estudio de suelos y planos estructurales proyecto construcción Edificio 5 niveles, lote 2, Calle 63N N°9A-01, barrio Bella Vista, Propietario María Lucy Garzón Plaza, Radicado 6078, Municipio de Popayán-Cauca. Estudio de suelos a cargo ingeniero Hector Narvaez, diseño estructural por Leonardo Pardo Villa, especialista en estructuras.

➤ **REVISIÓN DEL PLANO ARQUITÉCTONICO**

- En el plano arquitectónico debe aparecer la distribución de las columnas, además el adecuado acotamiento de los elementos y ubicación de los ejes.

➤ **REVISIÓN DE LA MEMORIA GEOTÉCNICA**

- Debido a que en la exploración geotécnica se encontró roca, se solicita se haga por lo menos dos sondeos en dicho material, debido a que el reglamento NSR-10 en su numeral H.3.2.5, literal (d), especifica que en los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar para una categoría media un mínimo de 2 metros en dichos materiales.



- Además de los asentamientos instantáneos, se solicita se calcule los asentamientos por consolidación aunque no haya presencia del nivel freático, para así realizar el cálculo de los asentamientos totales y compararlos con el máximo permitido según NSR-10 de 15 cm.
- Se solicita se haga claridad respecto a la profundidad de la cimentación propuesta y tipo de suelo donde esta se cimenta, debido a que en los sondeos 1 y 2, el limo no se encuentra a 0.8m.
- En el cálculo de la capacidad portante la ecuación utilizada está mal aplicada, debido a que no se está teniendo en cuenta el termino referente a la profundidad de desplante γD_f , por lo tanto también se debe corregir la capacidad de carga admisible. Aclarar.
- Para el cálculo de asentamientos instantáneos, se está utilizando una capacidad admisible $P_a = 1.61 \text{ Kg/cm}^2$ que es diferente a la calculada en el numeral 11 del estudio de suelos, verificar y aclarar.
- Según los resultados de laboratorio presentados, el suelo es potencialmente expansivo o presenta un índice de expansión alto, por lo tanto se requiere realizar el análisis del mismo y no presentar datos generales como el “no se conoce de presencia de suelos expansivos en la zona”.
- Se solicita se especifique cuáles son las propiedades (resistencia, clasificación, peso específico, etc.) del suelo denominado como “suelo café” encontrado en los sondeos 1 y 2.



➤ REVISIÓN DE LA MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

- El coeficiente de amplificación sísmica para zona de periodos intermedios F_v , se encuentra diferente tanto en el estudio de suelos ($F_v=3.2$), como en la memoria de cálculo estructural ($F_v=3.4$), por lo tanto se recomienda verificar y aclarar.
- Se solicita hacer la corrección y aclaración respecto a los datos del espectro de diseño, pues estos no corresponden debido a la variación del coeficiente de amplificación sísmica para zona de periodos intermedios F_v .
- Se solicita que en la memoria de cálculo estructural aparezca el diseño de la pantalla en concreto, teniendo en cuenta los requerimientos de cuantías mínimas especificados en la NSR-10, numeral C.14.3.
- La edificación proyectada es la construcción de un edificio de 5 niveles, en la memoria de cálculo estructural se realiza el diseño para un edificio de 4 niveles, por lo tanto se presenta incoherencia.(corregir)
- Se encuentra una incoherencia respecto al tipo de cubierta a utilizar, en el estudio geotécnico se nombra una cubierta metálica, y en la memoria de cálculo estructural se nombra y diseña una losa de cubierta.
- Se solicita plasmar en memoria de cálculo los espectros usados en el diseño tanto lo correspondiente al análisis elástico y análisis inelástico.
- El coeficiente de disipación de energía R , no corresponde al mostrado en la memoria de cálculo estructural debido a que la edificación presenta irregularidad



en planta e irregularidad en altura, las cuales no han sido plasmadas, presentándose una reducción del mismo.

- En el anexo de identificación los valores correspondientes al coeficiente de reducción debido a la irregularidad presentada en planta como en altura, no corresponde con los plasmados en memoria de cálculo estructural.
- Falta la memoria de cálculo de los análisis correspondientes a los elementos no estructurales del proyecto de la edificación.

➤ REVISION DE LOS PLANOS ESTRUCTURALES

- En el plano 1/4, en el diseño de la planta de la losa nervada del segundo piso, en la zona entre los eje 1 y eje 3 y los eje A y eje B, se recomienda coloque una riostra, debido a la longitud del vano, pues según NSR-10 - C.8.13.3.1. Cuando se trate de losas nervadas en una dirección, deben colocarse viguetas transversales de repartición con una separación libre máxima de 10 veces el espesor total de la losa, sin exceder 4.0 m, esto se puede apreciar en la figura N°35.

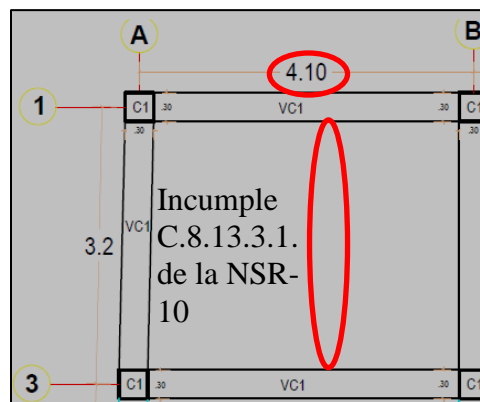


FIGURA N° 35. Error Planta losa Nervada en una dirección.



- En la figura N°36 del plano 4/4, se puede observar que en el despiece de la viga correspondiente al eje C y eje D se ha localizado un traslazo en el nudo, por lo tanto se recomienda se corrija debido a que es una zona crítica por cortante. Véase C.21.5.2.3 (b) de la NSR-10.

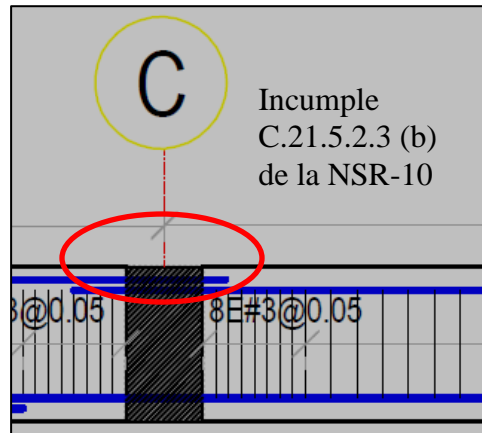


FIGURA N° 36. Error despiece en viga de entresolio.

Para tener más claridad respecto a las zonas donde es permitida la realización de dichos empalmes, puede observar el Anexo I. plano C.21.5 vigas con y sin traslazos.

- En La figura N° 37 del plano 4/4, en la viga secundaria V8 correspondientes al eje B y eje C y al eje se puede evidenciar que se ha localizado un empalme por traslazo en el centro de la sección, por lo que se recomienda hacer dicho traslazo de forma intercalada para no generar una zona de falla. Véase C.21.5.2.3(c) de la NSR-10.

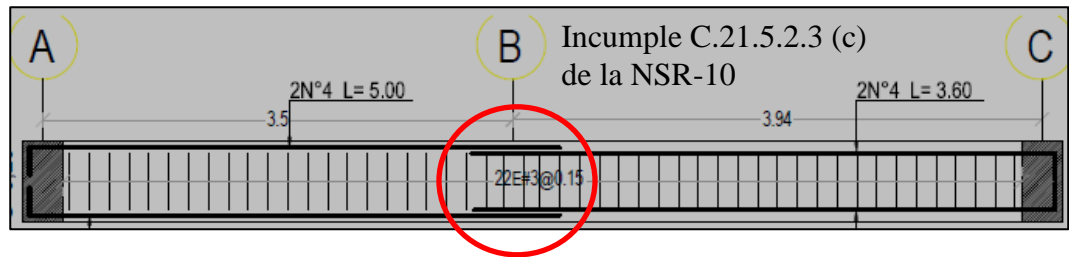


FIGURA N° 37. Error despiece en viga de entrepiso.

Para tener más claridad respecto a las zonas donde es permitida la realización de dichos empalmes, puede observar el Anexo I. plano C.21.5 vigas con y sin traslapos.

- En la figura N° 38 del plano 2/4, se puede apreciar que el detalle de la escalera no se encuentra a escala y no plasma la totalidad de la sección según proyección arquitectónica.

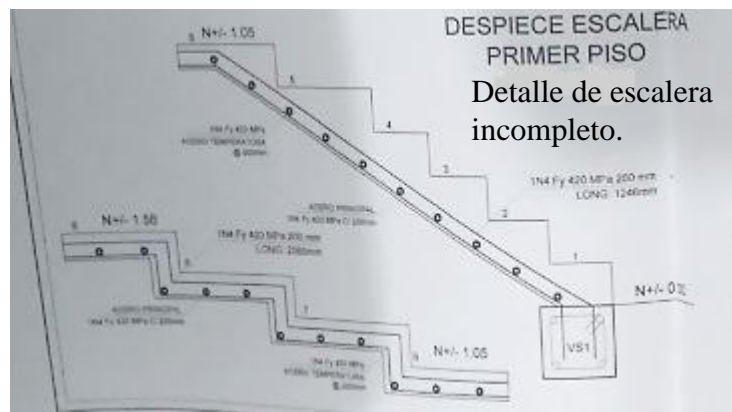


FIGURA N° 38. Error detalle de escalera.

- Tal como se observa en la figura N° 39 del plano 1/4 en la zona correspondiente entre los eje 3 y eje 4 y los eje A y eje B, se requiere realizar una zapata debido a que se está soportando cargas de mampostería correspondientes a 5 pisos.



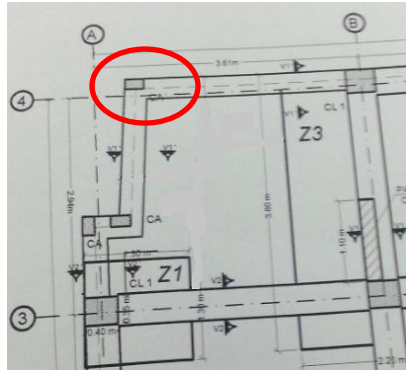


FIGURA N° 39. *Hace falta realizar zapata de cimentación.*

- En el plano 1/4 estructural, en la vista planta de cimentaciones se hace referencia a 4 tipos de zapatas, en la figura N° 40 se puede apreciar que solo aparece un detalle tipo, por lo tanto hace falta el detalle de despiece de cada tipo de zapatas; zapata de borde, zapata céntrica y zapata excéntrica, además Según el numeral C.7.7.1 de la NSR-10, además el recubrimiento mínimo de las zapatas debe ser de 7.5 cm en ambos sentidos, por lo tanto se recomienda que este se indique, pues en el detalle presentado no se encuentra.

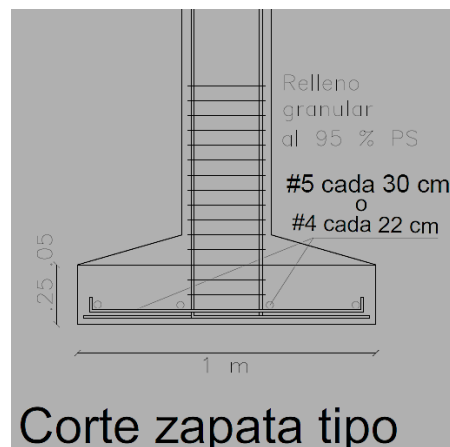


FIGURA N° 40. *Hace falta detalle de cada tipo de zapatas.*



- Se aconseja que los planos estructurales tengan mayor detalle en cuanto dimensionamiento y especificaciones de despiece de los elementos estructurales para evitar posibles confusiones en interpretación de planos en obra.
- Al observar en conjunto el plano estructural 1/4, con el plano arquitectónico, se encuentra que la columna 1C está sobre una puerta, por lo tanto se solicita hacer la corrección y reubicación de la misma en el plano estructural.
- En el plano 1/4 se hace una recomendación de un relleno, la cual no es aceptable debido a que no es acorde al estudio geotécnico, además se está omitiendo datos tales como profundidad de desplante, anchos y sobre anchos de excavación.
- En los planos estructurales debe aparecer los coeficientes sísmicos de diseño, además el coeficiente de capacidad de disipación de energía, y las irregularidades presentadas en la estructura. Además lo especificado en C.1.2.1 del reglamento NSR-10.



10. FORMATOS ELABORADOS POR EL PASANTE PARA OBTENCIÓN DE MAYOR EFICIENCIA EN LAS REVISIONES DE ACUERDO A LOS REQUERIMIENTOS DEL REGLAMENTO NSR-10.

Uno de los aportes como pasante, fue la elaboración de unos formatos de acuerdo a los requerimientos del Reglamento Colombiano de Sismo Resistencia NSR-10, en donde las revisiones se pudieran realizar de una forma más rápida y eficiente, por ello a continuación se presenta la aplicación del uso del formato en la revisión de un proyecto de construcción de edificación nueva 5 niveles con Radicado 6078, ubicada en el barrio Bella vista, cabe aclarar que esta revisión también fue realizada y adjuntada a este informe sin la utilización de dichos formatos.

REVISIÓN DE LA CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA																													
Nombre Ingeniero De Suelos		HECTOR NARVAE Z								Telefono																			
TIPO DE CIMENTACIÓN		- SUPERFICIAL			X		CIMENTACIÓN PROFUNDA						-																
AREA DEL LOTE (m2)		N° Sondeos	3	Prof min sondeos (m)	6.5	Prof Bulbo Presiones (m)	2.5	Cumple NSR	Si	No	X																		
CIMENTACIÓN		B (m)	2.0	TEORÍA APLICADA		MÉTODO DE ENSAYO			ESTRATO DE DISEÑO																				
Zapata Cuadrada	X	Df/B	0.45	Terzaghi	X	Corte Directo		-	Tipo		MH																		
Zapata Corrida	-	Coef		Skempton		Compresión simple		X	Espesor (m)		0.8	Prof (m)	0.8																
Losa Cimentación	-	Balasto		Meyerhof		N.F	Si	X	No	-	prof	1.5	γ (Tn/m3)	1.4															
Otro	-	Cual?																											
ENSAYO CONSOLIDACIÓN				VALOR DE LOS ASENTAMIENTOS PRESENTADOS EN LA ESTRUCTURA (cm)																									
Cc	-	eo	-	Gs	-	Instantaneos	2	Consolidación	-	Secundarios	-	Totales	2	Cumple NSR	Si	No	X												
Capacidad Portante (Tn/m2)		12		Carga maxima de la columna (Tn)		-		Potencial Expansión	Bajo	X	Medio	Alto	SUELO COLAPSABLE		Si	No	X												
PARÁMETROS SISMICOS		Aa	0.25	Av	0.20	Fa	1.45	Fv	3.2	TIPO DE PERFIL DE SUELO							E												
REVISIÓN ESTRUCTURAL EDIFICACIÓN NUEVA																													
N°PISOS		4		SISTEMA ESTRUCTURAL		MÉTODO DE ANÁLISIS		CAPACIDAD DISCIPACIÓN DE ENERGIA			TIPO LOSA DE ENTREPISO																		
ALTURA EDIFICACIÓN		9.8		Muros de carga		FHE		DES		X		DMO		-		DMI		-		Losa Maciza		-							
ZONA AMENAZA SÍSMICA		Combinado		-		Dinámico Elástico		-		-		TIPO DE PERFIL DE SUELO		E		-		-		Losa Aligerada		X							
BAJA		-		Sistema de Pórticos		X		Dinámico Inelástico		-		GRUPO DE USO		I		-		-		Losa Steel Deck		-							
MEDIA		-		Sistema Dual		-		Alternos		-		COEFICIENTE DE IMPORTANCIA		1.0		-		-		Losa en Bloquelón		-							
ALTA		X		-		Cual		-		-		-		-		-		-		Otro		-							
TIPO DE CUBIERTA		CARGAS ENTREPISO		CARGAS CUBIERTA		COEFICIENTES SISMICOS					ESPECTRO DE DISEÑO																		
Metálica		-		CM (KN/m2)		7.0		CM (KN/m2)		5.80		Región Aa		5. Aa		0.25		Fa		1.45		Pseudo Aceleracion Sa		0.906					
Losa Aligerada		-		CV (KN/m2)		1.80		CV (KN/m2)		1.80		Región Av		4. AV		0.20		Fv		3.4		Periodo Fundamental Ta		0.44					
Losa Maciza		X		TOTAL(Kn/m2)		8.80		VIENTO (KN/m2)		-		PARAMETROS VIENTO GCP				-		-		-		-		-					
Madera		-		TOTAL(Kn/m2)		5.6		TOTAL(Kn/m2)		5.6		COEFICIENTE BÁSICO DE DISCIPACIÓN DE ENERGIA Ro					7												
Otro		-		Cual?		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-					
IRREGULARIDADES EN LA ESTRUCTURA				COEF DE DISCIPACIÓN DE ENERGIA R				5.6				TIPO DIAFRAGMA				Rígido		X		Flexible		-							
Irregularidad en Planta φp		1.0		CORTANTE SISMICO EN LA BASE Vs				EXCENTRICIDADES EN LA ESTRUCTURA																					
Irregularidad en altura φa		0.8		CENTRO DE MASA (m)		XM		-		YM		-		ex1		0.16 m		NIVEL		3		ey1		0.31 m		NIVEL		3	
Redundancia Estructural φr		1.0		CENTRO DE RIGIDEZ (m)		XR		-		YR		-		ex2		-1.51 m		NIVEL		3		ey2		-0.76 m		NIVEL		3	
MATERIAL ESTRUCTURAL DEL SISTEMA		Concreto		X		Mamposteria confinada				-		ex1		-		NIVEL		-		-		ey1		-		NIVEL		-	
		Acero		-		Madera				-		ex2		-		NIVEL		-		-		ey2		-		NIVEL		-	



EVALUACIÓN DE DERIVAS		Chequea Deriva		Perido corregido T		Dimensiones Minimas Elementos Estructurales (m)		DESPLAZAMIENTOS			
Máxima Deriva Cálculada (%)	0.82	Si	X	TIPOS DE COLUMNAS	2	Columnas	0.3 x 0.3	Desp Máx X	2cm		
Piso en que se presentó	2	No	-	TIPOS DE VIGAS	4	Vigas	0.25 x 0.25	Desp Máx Y	-		
Dirección en que se presentó	X					Muros	-	Donde se presentó	2 piso		
Combinación	NO Se Encuentra						CUMPLE		Si	No	X
REFUERZO LONGITUDINAL COLUMNAS		REFUERZO LONGITUDINAL VIGAS		TIPO DE BARRAS ACERO		DISEÑO ZAPATA DE CIMENTACIÓN					
As Máx Columna crítica (cm ²)	36	As Máx viga crítica (cm ²)	11.39	VIGAS	4 N=4	Columna	Interior	X	Borde	Esquina	
As Min Columna crítica	9	As Min viga crítica	1.73	COLUMNAS	6 N=5	RECUBRIMIENTO (cm)		7.5			
As suministrado (cm ²)	11.88	As sumin (cm ²)	5.07	CCORTANTE DE PISO (> 80%)		B(m)	2.20	Ancho Col (m)	0.3		
Chequea Si	X	No		Chequea si	X	No		Valor (%)	NO Se hizo		
				Cumple Si	-	No	X	As Min (cm ²)	7.02	As sum(cm ²)	7.02

Es de anotar que los formatos fueron realizados exclusivamente para revisiones de memorias de cálculo geotécnico y estructural, no se incluye revisión planimetrica, ni revisión de memoria de elementos no estructurales, razón por la cual no se pueden presentar como un informe de notificación directa a la curaduría, pues solo son un soporte de revisión, para que a partir de este se pueda concluir acerca del diseño.



11. CONTROL DE CALIDAD EN LAS OBRAS

Una de las grandes falencias que tiene la norma actual, es lo relacionado con el control, vigilancia y calidad de la obras, pues en el reglamento NSR-10, no se encuentran exigencias acerca de este tema.

Normalmente para la realización de un proyecto existen dos controles, el primero consiste en la aprobación de los diseños por parte de la curaduría, ahí se evalúa si el proyecto es viable, seguro y cumple con todas las especificaciones. El segundo control es la vigilancia por parte del estado donde se verifica que la obra sea realizada conforme a lo que se diseñó, que se utilicen buenos materiales, y que los constructores cumplan con todo lo especificado. Pero en la realidad este segundo punto no se realiza de manera rigurosa, pues según investigaciones ya realizadas, la secretaria de planeación, quien es la entidad encargada de la vigilancia y control de calidad en las obras, presenta una negligencia respecto al tema, aunque si se realizan visitas, no lo hacen de manera continua, ni a todos los proyectos en ejecución, pues tienen como prioridad las de mayor magnitud; por esta falta de continuidad es que en varias ocasiones se termina utilizando productos de mala calidad, realizando mal los procedimientos constructivos, cambiando los diseños, etc. Ocasionando que esa estructura que fue diseñada cumpliendo la normatividad de sismo resistencia, ya no sea capaz de soportar los efectos de un sismo de diseño.



El reglamento NSR-10, en su Título I, habla acerca de la supervisión técnica de las obras, donde se debe realizar como mínimo lo establecido en I.2.3:

- 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 constructor.
- 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 constructor.
- 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 autoridad competente para ejercer control urbano y posterior de obra.
- 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 de obra.
- n) Expedir la constancia de que habla el literal (h) de I.2.2.1.



12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ❖ Durante el desarrollo de la práctica profesional en la curaduría urbana primera de Popayán, se logró complementar los conocimientos teóricos adquiridos en el transcurso de la formación académica respecto al diseño de las estructuras, siendo estos puestos a disposición en las diferentes revisiones realizadas a los proyectos en estudio, como también en la elaboración del formato de revisión de los diseños elaborado por el pasante.
- ❖ De acuerdo a las revisiones realizadas, se puede concluir que uno de los temas poco considerados en los diseños, es lo relacionado con la separación sísmica entre estructuras adyacentes, pues aunque el reglamento NSR-10 es claro y exigente respecto al tema, la mayoría de proyectos revisados no cumplían con dicha exigencia, dejando en peligro la estructura al momento de un sismo, pues al no haber suficiente separación cada estructura vibrará de manera distinta conduciendo a que se golpeen entre ellas y por lo tanto ocasionando daños severos en las estructuras.
- ❖ En esta práctica, se logró la elaboración de un formato de revisión de memorias estructurales como también unos planos guía para la revisión de los planos en los proyectos, donde se evidencia de manera clara y sencilla cuales son las exigencias que el reglamento NSR -10 determina para el detallado de los elementos que debe contener la estructura, ubicada en zonas de amenaza sísmica alta (DES).
- ❖ En la revisión de los proyectos, y especialmente en la parte estructural, en la caracterización de los materiales (F^c y F_y) se parte de unos datos teóricos ideales, características que en muchos casos serán incumplidas en el momento de la construcción, por lo que se recomienda se debería hacer un seguimiento en la obra, donde se pueda garantizar que los materiales empleados cumplan con los



estándares de calidad demandados en las normas colombianas para los materiales NTC.

- ❖ Una recomendación importante es la actualización constante que deben tener los ingenieros en sus áreas de manejo, dado que se observó, que pese a la existencia del reglamento NSR - 10 y sus modificaciones, ingenieros en la actualidad utilizan o hacen referencia a la NSR – 98.
- ❖ Es necesario la inspección y vigilancia de las obras por parte de la secretaria de planeación quien debería hacer un seguimiento riguroso en la construcción de los proyectos avalados, dados que en muchos casos no se respetan tales diseños, siendo estos alterados y totalmente modificados contraviniendo lo establecido en el reglamento NSR-10.
- ❖ A través de esta práctica profesional, se concluye que aunque las curadurías desempeñan una gran labor al hacer cumplir las exigencias del reglamento, también tienen falencias respecto al control de quien revisa los diseños, pues en algunas ocasiones lo realizan personas sin experiencia en el área o sin la preparación exigida por la ley 400 de 1997.
- ❖ El éxito en la ejecución de cualquier proyecto civil específicamente en el diseño y análisis sísmico de edificios radica en el buen criterio a partir de conocimientos sólidos, fundamentados y actualizados de los parámetros mínimos exigidos Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, así como su ejecución debe estar 100% en concordancia con el diseño y según las normas de calidad en materiales, de esta manera se podrá establecer un comportamiento previsible de la estructura ante un sismo donde la vida de las personas sea el primer y más importante requisito en un diseño.



13. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA, Reglamento colombiano de construcción sismo Resistente NSR-10. Bogota D.C, Colombia, Abril de 2012. 4v.
- ❖ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, ACI; INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION, INCONTEC Y ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA, AIS. Requisitos Esenciales Para Edificios de Concreto Reforzado Para Edificios de Tamaño y Alrura Limitados, Basado en ACI318-02. Primera Edición, Mayo de 2003.246p. ISBN 958-96394-7-X.
- ❖ NEVITO MOSQUERA, Andrea del Pilar. Auxiliar del ingeniero revisor de proyectos estructurales de la curaduría urbana primera de Pasto, Popayán (Cauca), 2014. Disponible en Biblioteca central Jose Maria Cerrano, Universidad del Cauca.
- ❖ SILVA CERON, Alfer, Información personal. Docente. Popayán Agosto de 2013. Universidad del Cauca.
- ❖ Fernández Cruz, O. (...). *Aspectos a considerar en el Peritaje de Estructuras afectadas por Sismos. Centro de Peritaje*, Consejo Departamental de Lima, Colegio de Ingenieros del Perú, Lima. Recuperado el 24 de Abril de 2011, de: <http://www.cdlima.org.pe/images/stories/2011/marzo/estructuras.pdf>
- ❖ Bazan E., y Meli R. (1998). Criterios de estructuración. En *Diseño Sísmico de Edificios* (pp. 175-198). México DF: Editorial Limusa Wiley.



14. ANEXOS

- Anexo 1. Anexo de identificación estructural.
- Anexo 2. Carta de presentación formal de pasantía por parte de la Universidad del Cauca.
- Anexo 3. Carta de aceptación por parte del ingeniero JOHN JAIRO LEDEZMA SOLANO.
- Anexo 4. Resolución de aprobación del anteproyecto de pasantía.
- Anexo 5. Planos de transcripción gráfica del reglamento colombiano de sismo resistencia NSR-10.



ANEXO 1.

Anexo de identificación estructural.





MUNICIPIO DE POPAYÁN
 Calle 5 No. 10 - 74 (Calle el cacho) - Teléfono: 820 5262
 E-mail: curaduradospopayan@hotmail.com

ANEXO DE IDENTIFICACIÓN ESTRUCTURAL - NORMAS NSR-10
 Este formato debe incluirse en la memoria de cálculo

SOLICITUD DE LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN No. 8046 FECHA 08 JUN 2016

DATOS GENERALES DEL DISEÑO

ESTADO DE LA ESTRUCTURA

Existente
 Nueva Adición, Remodelación, Ampliación
 Actualización

SISTEMA ESTRUCTURAL

Muros de carga Pórticos Combinado Dual Título E
 Combinación de sistemas Estructurales en Planta SI NO

MATERIAL ESTRUCTURAL DEL SISTEMA

Concreto Acero Mampostería Madera

MATERIAL ESTRUCTURAL DE LA CUBIERTA

Concreto Metálica Madera Otros

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

Concreto f'c 21 Mpa
 Acero Principal fy 420 Mpa
 Acero Transversal fy 420 Mpa
 Madera Estructural Tipo
 Unidad de Mampostería f'cu 7.5 Mpa
 Acero Estructural fy 280 Mpa

CARGAS DE DISEÑO

Entrepisos Carga Muerta 6.45 KN/m²
 Carga Viva 1.8 KN/m²
 Cubierta Carga Muerta 0.87 kN m²
 Carga Viva 0.35 kN m²
 Carga Viento 0.40 kN/m²

PARAMETROS DE DISEÑO SISMICO

Zona amenaza sísmica	<u>Alta</u>	Coef. Ductilidad Básico R	<u>7</u>
Mov. sísmico diseño Aa	<u>0.25</u>	Coef. Irregularidad en Planta & p	<u>1</u>
Mov. sísmico diseño Av	<u>0.20</u>	Coef. Irregularidad en Altura & a	<u>1</u>
Umbral de daño	<u>0.06</u>	Coefficiente de Ductilidad de Diseño R.	<u>7</u>
Perfil de suelo	<u>E</u>	Capacidad de Disipación de Energía	<u>DES</u>
Coefficiente Fa	<u>1.45</u>	Número de Pisos	<u>4</u>
Coefficiente Fv	<u>3.2</u>	Número de Sotanos	<u>-</u>
		Período Fundamental (Seg)	<u>0.435</u>

METODO DE ANALISIS SISMICO

Fuerza Horizontal Equivalente Análisis Dinámico Inelástico
 Análisis Dinámico Elástico Análisis Alternos

VERIFICACION DE DERIVAS

Deriva Máxima Permitida	<u>1.00</u> %	Nivel	<u>2.70</u>
Deriva Máxima Calculada Longitudinalmente	<u>0.89</u> %	Nivel	<u>10.30</u>
Deriva Máxima calculada Transversalmente	<u>0.60</u> %		

EXCENRICIDADES

ex <input type="text" value="0.37"/>	Nivel <input type="text" value="2.7"/>	ex <input type="text" value="0.56"/>	Nivel <input type="text" value="7.74"/>	ex <input type="text"/>	Nivel <input type="text" value="7.0"/>
ey <input type="text" value="0.1495"/>	Nivel <input type="text" value="2.7"/>	ey <input type="text" value="0.1343"/>	Nivel <input type="text" value="7.74"/>	ey <input type="text"/>	Nivel <input type="text"/>
ex <input type="text" value="0.56"/>	Nivel <input type="text" value="5.22"/>	ex <input type="text" value="0.47"/>	Nivel <input type="text" value="10.3"/>	ex <input type="text"/>	Nivel <input type="text"/>
ey <input type="text" value="0.1343"/>	Nivel <input type="text" value="5.22"/>	ey <input type="text" value="0.0495"/>	Nivel <input type="text" value="10.3"/>	ey <input type="text"/>	Nivel <input type="text"/>

ESTUDIOS GEOTECNICOS

Estudios de Suelos SI NO Responsable Nombre Giovani Antonio Lara P.

Mat. profesional 19202-19858

Clasificación de complejidad del proyecto

Edificios Casas

Categoría de la Edificación Baja Media Alta Especial

Número mínimo de sondeos exigidos	<input type="text" value="4"/>
Número mínimo de Sondeos efectuados	<input type="text" value="4"/>
Profundidad mínima exigida para sondeos	<input type="text" value="15"/>
Profundidad mínima efectuadas para sondeos	<input type="text" value="15"/>

[Handwritten Signature]

Recomendaciones Geotecnicas para el Diseño estructural

Tipo de Cimentación Zapata aislada
 Profundidad de Desplante 1.00 m
 Capacidad Portante Admisible 2.0 Mpa
 Asentamientos elásticos instantáneos _____ mm
 Asentamientos por consolidación _____ mm
 Otros _____

REQUERIMIENTOS ADICIONALES

Supervisión Técnica SI NO
 Separación mínima entre edificaciones Adyacentes mm Nivel
 Otros: _____

MEMORIAL DE RESPONSABILIDADES

En nuestra condición de Ingeniero Calculista e Ingeniero Revisor certificamos bajo la gravedad del juramento que lo expresado en las memorias de cálculo y los planos adjuntos cumplen con las disposiciones de las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistentes NSR-10 (LEY 400/1997 Decreto 33 de 1.998) y demás normatividad que rige la materia. También certificamos que no existe ningún grado de relación laboral entre nosotros dos. La responsabilidad sobre la veracidad de los documentos presentados, corresponde exclusivamente al profesional y al propietario que suscribe la solicitud.

Ing. Calculista Giovani Antonio Lara Prieto
 Mat. Profesional 19202-19858
 Dirección Calle 7 # 10-84 Centro
 Teléfono: 8241320
 Celular: 3113556036
 E-mail: glara.p@yahoo.com

Ing. Revisor Leonardo Pardo Ulla
 Mat. Profesional 68700
 Dirección Calle 7 # 130
 Teléfono: 8325337
 Celular: _____
 E-mail: _____

[Handwritten Signature]
 FIRMA

Certifico como Ingeniero Diseñador Estructural que cumpla los requisitos de experiencia e idoneidad que exige la LEY 400/1997 en su artículo 26 y 27

[Handwritten Signature]
 FIRMA

Certifico como Ingeniero Revisor que cumpla los requisitos de experiencia e idoneidad que exige la LEY 400/1997 en su artículo 30,31 y 32

ANEXO 2.

**Carta de presentación formal de
pasantía por parte de la Universidad
del Cauca.**



ANEXO 3.

**Carta de aceptación por parte del
ingeniero JOHN JAIRO LEDEZMA
SOLANO.**



ANEXO 4

Resolución de aprobación del anteproyecto de pasantía.



ANEXO 5.

ANEXO G: PLANO C.21.5.1 LONGITUD DE DESARROLLO Y EMPALMES DEL REFUERZO.



**ANEXO H: PLANO C.21.5. Y C.21.6
ESPECIFICACIONES DE COLUMNAS, VIGAS
Y ZAPATAS.**



ANEXO I: PLANO C.21.5. VIGAS CON Y SIN TRASLAPOS



ANEXO J: PLANO C.21.6. COLUMNA SIN TRASLAPOS



ANEXO K: PLANO C.21.6. COLUMNA CON TRASLAPOS



**ANEXO L: PLANO C.21.9. MUROS
ESTRUCTURALES SIN ELEMENTOS DE
BORDE**



**ANEXO M: PLANO C.21.9. MUROS
ESTRUCTURALES CON ELEMENTOS DE
BORDE**



ANEXO N: PLANO C.21.9.6. ELEMENTOS DE BORDE



**ANEXO Ñ: PLANO C.21.7. NUDOS DE
PORTICOS ESPECIALES RESISTENTES A
MOMENTOS (DES)**

