

**Documento de apoyo para la inspección de requisitos mínimos en edificios en estructura
metálica**

Laidy Johana Guerrero Villota, Daniel Giovanni Rodríguez Coral

**Proyecto de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de la
Construcción**

Director

Homer Armando Buelvas Moya

Mgtr. Ingeniería Estructural

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción

2024

Dedicatoria

A mi hijo, por ser mi motivo, mi fuerza para seguir creciendo personal e intelectualmente; a mis padres, quienes siempre están aconsejándome y apoyándome en las decisiones tomadas; a mi compañero de trabajo de grado Ing. Daniel, quien con su apoyo y experiencia ha sido fundamental. A todos los que me rodean, colegas, amistades, colaboradores; quienes me tienen de alguna manera como referente personal o profesional y con quienes quiero poder celebrar muchos más logros con su apoyo incondicional, y retribuir su confianza en mí.

Laidy Guerrero

A mi esposa y a mi hija, que siempre me han apoyado en todas las decisiones que tomo para mi crecimiento personal; a mi compañera Laidy, quien con su apoyo y dedicación fue un pilar para el desarrollo de este proyecto. A todas las personas de mi entorno que día a día me motivan e impulsan a ser mejor.

Daniel Rodriguez

Agradecimientos

Al ingeniero Homer Buelvas, quien siempre estuvo dispuesto a brindarnos una guía y toda la colaboración posible para continuar con el desarrollo de este proyecto. A todos los docentes de la especialización, quienes se convirtieron en ejemplos a seguir.

Contenido

Introducción	12
1. Objetivos.....	16
1.1 Objetivo general	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
2. Marco referencial.....	16
2.1 Antecedentes	16
2.2 Marco conceptual	19
2.3 Marco teórico	21
2.4 Marco legal.....	25
2.4.1 Norma sismo resistente.....	25
2.4.2 NTC 5832	27
2.4.3 AISC	28
3. Metodología.....	29
4. Desarrollo de la guía.....	30
4.1 Requisitos técnicos y documentales mínimos que se deben cumplir en el desarrollo de proyectos de construcción de estructura en acero	30
4.2. Parámetros de inspección para la ejecución de proyectos de construcción en acero mediante la revisión bibliográfica de normativas NSR-10 y documentos ICCA.	40
4.3. Variables de control en la construcción de acero mediante la revisión bibliográfica de normativas NSR-10, AISC, IMCA, etc. y documentos ICCA	46
4.4. Caso de revisión Construcción Local	50
5. Conclusiones.....	57

6. Recomendaciones	58
Referencias.....	59

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Requisitos mínimos que deben cumplir los profesionales</i>	41
Tabla 2. <i>Documentación necesaria para poder comenzar con la obra.....</i>	42
Tabla 3. <i>Documentación necesaria para poder comenzar con la obra.....</i>	43
Tabla 4 <i>Inspección de conexiones.....</i>	45
Tabla 5. <i>Registro de inspección cuando no se requiere supervisión técnica</i>	45
Tabla 6. <i>Comparación de la normativa con verificación de profesionales</i>	46
Tabla 7. <i>Comparación de la normativa con la documentación necesaria para comenzar obra. 46</i>	
Tabla 8. <i>Comparación de la normativa frente a las verificaciones de materiales y elementos estructurales.....</i>	48
Tabla 9. <i>Comparación de la normativa frente a la inspección de conexiones</i>	49
Tabla 10. <i>Comparación de la normativa con el Registro de inspección cuando no se requiere supervisión técnica.....</i>	50
Tabla 11. <i>Revisión 1 comparación de la normativa con verificación de profesionales</i>	55
Tabla 12. <i>Revisión 2.....</i>	55
Tabla 13. <i>Revisión 3.....</i>	56
Tabla 14. <i>Revisión 4.....</i>	56

Lista de apéndices

Apéndice A- *Lista de apoyo para la inspección de Edificios de Estructuras Metálicas*

Nota: véase archivo en fuente externa

Lista de figuras

Figura 1. <i>Grado de Supervisión Técnica Recomendado</i>	24
Figura 2. <i>F.2.1.1 a F.2.1.6 Reglamento para estructuras de material de acero</i>	25
Figura 3. <i>F.3.1.1 a F.3.1.5 Provisiones para perfilería estructural</i>	26
Figura 4. <i>Capítulos de la norma NTC 5832</i>	27
Figura 5. <i>Capítulos AISC-2010</i>	28
Figura 6. <i>Etapa 1- Control y Calidad</i>	30
Figura 7. <i>Etapa 2- Control y Calidad</i>	31
Figura 8. <i>Actividades e inspección antes de soldar</i>	36
Figura 9. <i>Actividades e inspección realizadas mientras se solda</i>	36
Figura 10. <i>Inspección de soldadura completadas</i>	37
Figura 11. <i>Ensayos no destructivos y procedimientos parte 1</i>	37
Figura 12. <i>Ensayos no destructivos y procedimientos parte 2</i>	38
Figura 13. <i>Inspección de pernos</i>	39
Figura 14. <i>Inspección Antes de la Instalación de los Pernos</i>	40
Figura 15. <i>Inspección Después de la Instalación de los Pernos</i>	40
Figura 16. <i>Fundición de zapata y pedestal, Proyecto: “GRAN PLAZA IPIALES”</i>	51
Figura 17. <i>Pruebas de tinta en taller para estructura metálica, Proyecto “GRAN PLAZA IPIALES”</i>	52
Figura 18. <i>Acometidas y refuerzo para losa de contrapiso, Proyecto “GRAN PLAZA IPIALES”</i>	52
Figura 19. <i>Izaje de la estructura, Proyecto: “GRAN PLAZA IPIALES”</i>	53

Figura 20. *Instalación de estructura para superbord y detalles finales, Proyecto “GRAN PLAZA IPIALES”* 53

Figura 21. *Obra en estructura metálica finalizada, Proyecto: “GRAN PLAZA IPIALES”* 54

Resumen

La implementación de nuevos materiales con mejores características y las buenas prácticas constructivas que faciliten el cumplimiento de un proyecto, desde el inicio de un proyecto se han llevado a marcar como un objetivo esencial en la ingeniería de construcción. Es tal como el acero estructural, en la actualidad, es uno de los materiales que permite y da provecho al proceso de diseño y construcción de edificaciones por su buen comportamiento, sin embargo, requiere un proceso definido de inspección y supervisión de obra en orden de mitigar y evitar riesgos posibles debido a su conducta dúctil y detallada. Por lo anterior, mediante este documento, se propone pautas específicas de los requisitos mínimos exigidos por la normativa vigente con criterio especializado en el área estructural, haciendo un control de calidad y chequeos durante la construcción y ensamblaje de los elementos hasta la finalización y, posteriormente, para la preservación y mantenimiento de estructuras metálicas.

Palabras claves: inspección, interventoría, supervisión de obra, estructuras metálicas

Abstract

The implementation of new materials with better characteristics and the good construction practices that simplifies the project fulfillment, since the beginning of a project have been marked as an essential objective in construction engineering. Currently it is just like structural steel is one of the materials that allows and benefits the structural design and construction process because of its advantages. However, it requires a specific and detailed inspection and supervision in order to minimize and avoid possible risks due to its detailed ductility properties. Therefore, through this document, specific guidelines are proposed for the minimum requirements demanded by current structural codes with specialized criteria in the structural area, taking care of quality control and checks during the manufacturing and assembly of the elements until the structure has been built, subsequently, for the preservation and maintenance of steel structures.

Keywords: inspection, inspecting, supervision, steel construction

Introducción

El progreso de la edificación de estructuras metálicas en acero estructural es evidente, teniendo así, poco a poco, una mayor acogida y confiabilidad, desarrollándose como una opción distinta y mejorada a los sistemas estructurales convencionales. debido a su alta ductilidad y propiedades de durabilidad (Beltrán y Herrera, 2008). Las estructuras metálicas han experimentado un auge significativo en Colombia durante los últimos años. Según datos de la Camacol, (2023), el 25% de las nuevas construcciones en el país utilizaron este tipo de estructuras, lo que figura un crecimiento del 15% respecto al año 2020. Este crecimiento se debe a las numerosas ventajas que ofrecen las estructuras metálicas, como la economía, rapidez de construcción, versatilidad, mayor resistencia sísmica y sostenibilidad. Dentro de las ventajas que se pueden relacionar, es destacable, como las estructuras metálicas y los prefabricados de hormigón tienen un futuro prometedor, ya que la creciente demanda de construcciones rápidas y eficientes las convierte en opciones cada vez más atractivas.

Otras ventajas en las edificaciones de estructuras en acero son que permiten la posibilidad de manejar mayores luces, generando espacios más libres, sin columnas intermedias, lo cual es ventajoso en naves industriales, locales comerciales y edificios de gran altura, optimizando el uso del espacio interior (Urbán, 2010). Sin embargo, entre profesionales de ingeniería y personal de obra, es poco o básico el conocimiento de las propiedades del acero estructural, sus componentes, el comportamiento estructural – sismo resistente, procesos de fabricación, montaje, mantenimiento, cuidado, etc. Es en donde, tomando como referencia lo experimentado en países más desarrollados y, sumando a los estudios que en los últimos años el país ha ido conformando mediante manuales, artículos, normativas y asociaciones se puede capacitar y desarrollar proyectos nuevos con estructuras metálicas. Normativa como la actual NSR-10, AISC, NTC y documentos

de apoyo de la IMCA e ICCA entre otras, se pueden generar especificaciones en la inspección de obras civiles en estructura metálica; considerando los criterios más indispensables dentro del control y calidad.

En las estructuras de acero estructural, para su seguridad y durabilidad, depende en gran medida la calidad de la inspección. Una inspección adecuada permite garantizar la seguridad de quienes habitan o trabajan en edificios metálicos, proteger la inversión pública y privada en estas construcciones, prevenir fallos estructurales con graves consecuencias y fomentar buenas prácticas constructivas para evitar riesgos en la construcción. El generar e implementar de manera correcta unas especificaciones técnicas claras e indispensables para las construcciones en acero, podría ayudar a verificar el cumplimiento y orden de controles en obras donde se use este tipo de material. Es por lo que, el apuntar a crear nuevas metodologías de inspección, supervisión y control en edificaciones de manera puntual y específica, le permite al constructor cumplir y entregar un producto de calidad, mejorar los procesos de control y seguimiento, generar confiabilidad para brindar garantías de seguridad y calidad en la obra.

El no implementar las correctas especificaciones y no seguir los lineamientos establecidos en normatividades en el proceso de construcción de estructuras metálicas puede causar malos procedimientos, inestabilidad de la construcción, baja calidad y poca resistencia de la edificación, generar daños mayores tanto en elementos estructurales, como no estructurales e incluso, podría llegar hasta afectar la integridad humana. Debido a todo lo mencionado, el estar actualizado con las normas de manera constante y referente al tema de requisitos mínimos en proyectos de acero estructural es muy importante; pues permitirá entregar un producto de alta calidad y resistencia.

Mediante este trabajo de investigación se abordarán aspectos como criterios de evaluación, detección de fallas, revisión de materiales y verificación de conexiones, apoyados que la correcta

inspección es fundamental para prevenir problemas estructurales y asegurar la protección de la inversión realizada, ya que permite establecer y aplicar estos requisitos. Los profesionales de la interventoría y supervisión de obras civiles cumplen una tarea importante para la mejora continua de la edificación de las estructuras metálicas y la seguridad que estas puedan generar, por lo que este documento será una herramienta de apoyo para profesionales y constructores del gremio, contribuyendo a los procesos de inspección y progreso de una cultura preventiva frente a los riesgos.

También se prioriza beneficiar a todos los interesados en los proyectos de edificaciones en estructura en acero como interventorías y supervisión, así: profesionales en construcción, teniendo una guía práctica de apoyo para la inspección, garantizando mayor seguridad en el trabajo y mejoramiento de la calidad de las intervenciones, logrando eficiencia en los procesos y disminución de errores, aumentando la confianza al construir en estructura metálica, aumentando la inversión en este tipo de construcciones, mejorando la capacidad de competir a nivel nacional e internacional, impulsando la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías en este tipo de construcciones; para la sociedad en general, desarrollando edificios más seguros y durables, protegiendo la inversión pública y privada, maximizando la confianza en la seguridad de las estructuras y contribuyendo al crecimiento social y económico del país.

Uno de los objetivos del interventor es validar los requisitos mínimos para realizar una inspección adecuada y, con base en eso, verificar, con mayor seguridad, la construcción de edificios metálicos, homogeneizar los procesos, elevar el estándar de las intervenciones y simplificar la labor de los profesionales. Existen normas actuales como NSR-10, AISC, NTC, IMCA, ICCA que plantean la solución de la inspección de estructuras metálicas mediante revisiones periódicas y generales, pero con falta de una aplicación directa a las edificaciones de acero. Este documento estará basado en las normas nacionales e internacionales más recientes, las

nuevas variables asociadas a tecnologías innovadoras y las necesidades específicas del contexto colombiano, ya que, actualmente, se pretende realizar un complemento de los requisitos mínimos para la inspección de edificios en estructura metálica, situación que puede llegar a generar inconsistencias en los resultados, subestimación y maximización de riesgos y posibles fallos estructurales.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Proponer un documento de apoyo técnico para realizar la inspección de elementos estructurales de acero en el proyecto de construcción tipo edificación, de acuerdo con requisitos mínimos obtenidos de la revisión bibliográfica.

1.2 Objetivos específicos

Identificar los requisitos técnicos y documentos mínimos a cumplir en el desarrollo de proyectos de construcción de acero.

Establecer parámetros de inspección para ejecución de proyectos de construcción en acero mediante la revisión bibliográfica de normativas NSR-10 y documentos ICCA.

Definir las variables de control posterior en la construcción de acero mediante la revisión bibliográfica de normativas NSR-10 y documentos ICCA.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Se han realizado investigaciones con el objetivo de evaluar el menor costo y el tiempo durante el proceso de construcción de viviendas con estructuras de metal. Los autores, Chiqui Aguilar & Escudero Rivera (2022), presentan el otro analizar la relación costos y tiempo de construcción de una estructura tradicional de hormigón con una estructura metálica ya que en su implementación la estructura de hormigón y metálica cumplen con la misma capacidad de alta

resistencia, durabilidad, uniformidad y sobre todo con la factibilidad económica de construcción de viviendas. Los autores (Alfonso, et al., 2021), ejecutaron un análisis para determinar los requisitos de inspección, producción y montaje, pruebas y ensayos técnicos necesarios para intervenir en construcciones metálicas. Los autores recomiendan después de hacer el estudio, contemplar ciertas técnicas y requisitos indispensables en las construcciones en estructura metálica.

La investigación para el análisis sismorresistente de un edificio comercial de 4 plantas en acero se determinó que las construcciones metálicas se adaptan perfectamente a las necesidades de Huancayo, ofreciendo edificios más seguros y eficientes. Tapia Manhualaya José Miguel (2014), argumenta que, tanto el hormigón armado como el acero estructural, son materiales constructivos con excelentes propiedades que han sido ampliamente utilizados durante décadas. Ambos materiales ofrecen y sobresalen en el mercado por sus ventajas en términos de funcionalidad, estética, economía y, lo más importante, seguridad. Aunque comparten características similares, como se evidencia en grandes construcciones como las Torres Gemelas y las Petronas, las estructuras de acero destacan por su ligereza, lo que simplifica el diseño y la construcción. Además, generan menos residuos y son más amigables con el medio ambiente al ser reciclables. No se puede omitir la velocidad de construcción que también aporta la utilización del acero en los proyectos, pues su elaboración y manejabilidad son componentes que toman ventaja en la construcción.

Actualmente, el tema del desarrollo sostenible es crucial y tiene un impacto en todos los aspectos de nuestra sociedad. La industria de la construcción es esencial para sus objetivos debido a su contribución a la economía mundial y sus importantes efectos ambientales y sociales. El acero es ampliamente reconocido como un material respetuoso con el medio ambiente, principalmente

debido a su capacidad de reciclaje. Sin embargo, los objetivos de la construcción sustentable no se logran únicamente gracias a los beneficios ambientales del acero. Las estructuras metálicas son imbatibles debido a sus características naturales que cumplen con las normas de construcción sostenible (Gervásio, 2010).

En (AISC, 2011), incluye material que se basa en la Especificación AISC de 2010 para edificios de acero estructural. Debido a la nueva especificación, así como algunas otras modificaciones a los procedimientos de diseño de conexiones, la 14ª Edición, el manual incluye revisiones de algunos de los manuales existentes. Muchos de los cambios en la Especificación son aclaraciones y ajustes menores, junto con algunos cambios sustantivos importantes relacionados con la normatividad lo cual es importante considerar para construir y montar estructuras hechas de metal (DUNCAN, CJ, 2011).

Las especificaciones para la construcción de acero incluyen requisitos para la ejecución de estructuras metálicas, incluidos planos de taller, pintura, acabados, procesos de protección, control y aseguramiento de calidad, inspecciones coordinadas, fabricación y montajes especiales; revisiones de diseños, requisitos para la realización de exámenes no destructivos de fatiga, entre otros que se deben tener en cuenta en nuestro medio y ubicación (AISC 360-16, 2016).

En Colombia, las estructuras construidas parcial o totalmente de metal están sujetas al título F de la NSR-10. Este título tiene el alcance para estructuras diseñadas: soldadas, atornilladas o remachadas con componentes de acero o aluminio. La normativa vigente, presenta los aspectos técnicos necesarios para construir cualquier sistema de estructura metálica, así como las especificaciones técnicas y mecánicas de sus componentes, pero, realmente, no existe un procedimiento claro y específico para la supervisión de los elementos que puedan hacer parte de un sistema estructural metálico.

2.2 Marco conceptual

La siguiente sección destaca los conceptos relacionados con este trabajo de investigación y describe los requerimientos mínimos para la revisión de construcciones de acero estructural.

Acero estructural: referido a las especificaciones de los aceros usados para los miembros de la estructura. Dicha especificación debe figurar en los planos generales de construcción de la estructura y deben corresponder a algunos de los listados en el reglamento NSR-10 (ICCA, 2019).

Anclajes: dispositivo de acero que se inserta en un elemento de concreto reforzado para transferir cargas (ICCA, 2019).

Cable de acero: es un conjunto de cordones de alambre que se colocan helicoidalmente en una o más capas alrededor del núcleo central del cable y tienen cualidades de flexibilidad adecuadas para resistir esfuerzos de tracción (ICCA, 2019).

Calidad: se define por su enfoque en el producto o en el proceso, y se evalúa a través de diversos factores relacionados con los componentes materiales que influyen en su competitividad. Esta noción refleja la verdadera superioridad técnica o la excelencia de los productos. (Martínez, 2018).

Carga Muerta: corresponde al peso de la estructura en cada etapa para analizar (ICCA, 2019).

Carga Viva: son las cargas de uso de una estructura durante la construcción (ICCA, 2019).

Carga de Sismo: son las cargas que genera un sismo que puede ocurrir durante el montaje de la estructura (ICCA, 2019).

Carga de viento: se refiere a la presión que el viento ejerce al atravesar una estructura (ICCA, 2019).

Centro de gravedad: punto de equilibrio. es el punto donde se alcanza el equilibrio. Cuando se eleva una carga utilizando una sola línea, el centro de gravedad de dicha carga se posicionará directamente debajo del punto de izado (ICCA, 2019).

Concreto reforzado: "material que tiene una alta resistencia al agua". Se trata de un tipo de concreto que usualmente incorpora varillas de acero, y fue concebido con el propósito de que ambos materiales colaboren en la resistencia ante las fuerzas. (Mehta y Monteiro, 2014).

Control de calidad: Son acciones operativas que permiten gestionar el proceso y eliminar inconsistencias o desviaciones de lo esperado (Martínez, 2018).

Columnas: Por lo general, estos son perfiles de peralte variable o constante, y pueden ser laminados o armados. Se conectan a las vigas - pórtico con conexiones rígidas que generalmente se empernan en la obra (ICCA, 2019).

Diseño estructural: al partir de unos pasos, de datos de entrada, de un objeto a ejecutar en una construcción, permite generar un sistema estructural integral, fijo, seguro e idóneo según su uso (Reboredo, 2021, p. 10).

Ductilidad: la suma de deformación inelástica, que puede soportar un material antes de fallar (Mehta y Monteiro, 2014).

Durabilidad: vida útil o de servicio de un material bajo ciertas circunstancias ambientales (Mehta y Monteiro, 2014).

Estructura: destinada a someterse a pesos externos y su propio peso sin perder su funcionamiento para la cual fue creada en obra (Reboredo, 2021, p. 10).

Fisuras y grietas: una fisura es solo una pequeña abertura en la superficie de un elemento estructural (columna, viga, losa, pisos, cimientos, etc.); mientras que una grieta es más profunda y

puede afectar todo el espesor del material. Las causas de las grietas y las fisuras en las estructuras varían; pueden comprometer el servicio y durabilidad de las estructuras (Sotomayor, 2020).

Interventoría: es la voz independiente y autonomía, según su experiencia que puede traer las acciones adecuadas de proyectos similares para beneficio de una obra, evitando así, errores, reduciendo costos y maximizando rendimientos y economías (Sánchez, 2010).

Procedimiento de montaje: proceso documentado para el montaje seguro de la estructura de acero. Debe incluir una secuencia para la instalación de todos los miembros de acero y estar respaldado por planos de montaje (ICCA, 2019).

Tensor: pieza elaborada de acero empleada para aumentar o reducir la tensión de un cable, sin la necesidad de forzar el enganche de acoplamiento (ICCA, 2019).

Torón: trenzado de varios hilos; formando un cable por medio de la unión de torones (ICCA, 2019).

Vigas pórtico: son perfiles de altura constante o variable según la luz de trabajo. Se vinculan rígidamente a las columnas para formar los pórticos, casi siempre con uniones de campo empernadas (ICCA, 2019).

2.3 Marco teórico

McCORMAC, J. (2013), argumenta que el acero se destaca entre los otros materiales estructurales por su versatilidad, alta resistencia, por ser liviano, rendimiento en producción, entre otras propiedades convenientes; llevando a desarrollar proyectos de gran magnitud y responsabilidad; como: puentes grandes que cuentan con luces que son un reto para su elaboración, diseño de edificios de gran altura y en estructuras con bajas condiciones en la cimentación.

El acero se acerca más al comportamiento de las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales porque sigue la ley de Hooke hasta esfuerzos altos. Los momentos de inercia de las estructuras de acero se pueden calcular con precisión, mientras que los valores de las estructuras de hormigón son más imprecisos. Las estructuras de acero podrían durar toda la vida si se mantienen adecuadamente. Según investigaciones realizadas en aceros actuales, en condiciones específicas no se requiere mantenimiento.

González Cárdenas, D., y Agudelo Rojas, M. A. (2020), el Instituto Técnico de la Estructura de Acero (ITEA) respalda el uso del acero en la construcción debido a su alta resistencia y volumen, su amplia gama de usos y su capacidad para crear prácticamente todos los diseños arquitectónicos. Rojas y Arenas (2008) compararon el acero estructural con el hormigón armado, afirmando que la dinámica del acero es menos compleja que la de las estructuras tradicionales, lo que facilita la planificación y construcción, lo que resulta en una construcción más limpia, menos trauma en los trabajos y menos impacto ambiental. También enfatizan la adaptabilidad del material y el respeto por el medio ambiente.

La durabilidad de una estructura de acero se refiere a su habilidad para soportar condiciones ambientales y químicas adversas que puedan causar su degradación, más allá de las cargas estructurales diseñadas, durante la vida útil para lo que ha sido creada. Para lograr una estructura duradera, es necesario implementar una estrategia integral que evalúe los factores de degradación en cada etapa del proyecto, desde la selección de materiales hasta el mantenimiento posterior a la construcción, considerando las particularidades de cada elemento estructural y su entorno (Brotóns, 2010).

El grado de disipación de energía moderado (DMO), tiene estándares técnicos para la intervención y supervisión de la construcción de obras en estructuras metálica.

Narváez Polania y Ruiz Prieto (2021) establece los estándares de inspección, los procedimientos de producción y montaje, las muestras pertinentes y los términos técnicos generales para las labores de inspección en la construcción de edificios con estructuras de acero. A lo largo del estudio, tanto los estudiantes como los profesionales deben detectar los materiales, procedimientos de fabricación y montaje, acabados, informes, formatos, actas de intervención, etc., necesarios para el desarrollo de proyectos estructurales de acero. Deben hacerlo utilizando documentos, textos, investigaciones de campo y publicaciones sobre el tema. Esto debe hacerse de acuerdo con los lineamientos y normas, particularmente la NSR 10 Títulos” F e I”. Al final, la norma técnica colombiana NTC 5832 y el Instituto Colombiano de la Construcción en Acero ICCA, crearon un manual de supervisión para ayudar a las instituciones educativas y expertos que estén interesados en la “supervisión y construcción de estructuras metálicas”.

Según la NSR 10, en su título F, se autoriza en Colombia el empleo de estructuras de metal, acero y aluminio estructural. El Capítulo F describe los lineamientos generales para el desarrollo de proyectos que incluyen estructuras de acero en los siguientes aspectos: estructuras de acero laminado, armado y tubulares estructurales; provisiones sísmicas para estructuras de acero laminado y estructuras de aluminio. La norma detalla los requisitos físicos, químicos y mecánicos de los componentes de los sistemas estructurales, tanto de acero estructural como de aluminio, pero carece de especificaciones precisas en la intervención y supervisión de los sistemas.

La NSR 10, específicamente en el título I, se habla de los atributos a revisar durante la supervisión de obras con estructura metálica. En este capítulo se enlistan los aspectos a considerar en dichas supervisiones, según los apartes del título F de la misma norma, pero como se mencionó anteriormente, de forma genérica. Además, en el título I, también se determinan las características que debe presentar el supervisor técnico para las estructuras metálicas, así como las áreas mínimas

y los grupos de uso para las estructuras metálicas, con las que se definen el tipo de supervisión de estas.

Figura 1. *Grado de Supervisión Técnica Recomendado*

Material estructural	Área Construida (5)	Control de calidad realizado por el constructor	A Supervisión Técnica Itinerante	B Supervisión Técnica Continua
Concreto Estructural, Estructura Metálica y Madera	menos de 3000 m ²	Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV	
	entre 3000 m ² y 6000 m ²		Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV
	mas de 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV
Mampostería	menos de 3000 m ²	Grupos de Uso I y II	Grupos de Uso III y IV	
	entre 3000 m ² y 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV
	mas de 6000 m ²			Grupos de Uso I, II, III y IV

Tomado de NSR-10, (2010)

Para reducir el riesgo en los proyectos de infraestructura, estos deben ser supervisados y controlados por autoridades reguladoras de la actividad constructiva (alcaldías, ministerios de la construcción, curadurías, etc.). En pro de bajar los riesgos, pueden solicitar a los usuarios que realicen estudios preliminares como revisar la ubicación del lugar, fenómenos de la zona, entre otros, con el fin de determinar el nivel de vulnerabilidad del sitio previsto para la obra. Adicionalmente, previo a la aprobación, pueden exigir a los usuarios el cumplimiento e implementación de normativas, entrega de los requisitos mínimos de calificación de los constructores y exigir la implementación de una inspección continua durante la ejecución del proyecto, todo esto en conjunto con un seguimiento y monitoreo de control de lo que ya ha sido dado aval (Torres, 2019).

2.4 Marco legal

En Colombia, se aplican normativas para el diseño y construcción de estructuras metálicas: NSR-10: títulos “F e I”, la “norma técnica NTC 5832” y las “guías técnicas del Instituto Colombiano de la Construcción en Acero ICCA”.

2.4.1 Norma sismo resistente

2.4.1.1 Capítulo F – (NSR-10) comprende las regulaciones para todas las estructuras de metal en Colombia, según su alcance: las directrices incluidas en el Título asignado en este reglamento se implementan para al diseño de estructuras de tipo metálico, a elementos de acero o de aluminio, soldados, atornillados, o remachados.

Dicho capítulo se divide en dos grandes partes: la primera parte se conforma a su vez de tres capítulos, el capítulo “F.2”, PERFILES LAMINADOS, ARMADOS Y TUBULARES ESTRUCTURALES, reglamenta todas las construcciones que usen el material mencionado, con las siguientes secciones:

Figura 2. *F.2.1.1 a F.2.1.6 Reglamento para estructuras de material de acero*

F.2.1.1 a F.2.1.6	Alcance, Definiciones, nomenclatura, Códigos y estándares de referencia , materiales, planos y especificaciones del Diseño Estructural.
-------------------------	---

El capítulo F.3, “PROVISIONES SISMICAS” reglamenta el análisis sísmico de las construcciones con acero estructural, con las siguientes secciones:

Figura 3. *F.3.1.1 a F.3.1.5 Provisiones para perfilera estructural*

F.3.1.1	Alcance, Definiciones y acrónimos, Simbología, Materiales,
a	planos y especificaciones del Diseño Estructural.
F.3.1.5	

El capítulo F.4 regula las construcciones con perfiles de lámina formada en frío, estableciendo normas sobre materiales, cargas, diseño, resistencia, elementos estructurales, conexiones, ensayos y especificaciones para entramados de acero formado en frío. También considera variaciones en el punto de fluencia y resistencia por el trabajo de ensamblado en frío, así como el estado de servicio de la estructura y sistemas de construcción en seco.

Desde la NSR-98 en el capítulo F.5, se establece requisitos para el diseño de estructuras de aluminio como aporticadas, en celosía y de lámina rigidizada, conformadas por elementos extruidos o laminados. Se deben usar piezas coladas o forjadas en caliente fabricadas y diseñadas según normas reconocidas, en consulta con el fabricante y la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes En este capítulo se utilizan unidades de kgf para fuerzas y kgf/mm para esfuerzos, en lugar del sistema SI. Cuando se haga referencia a N, MPa o N·mm en otros capítulos que emplean el sistema SI, se debe interpretar como kgf, kgf/mm² y kgf·mm respectivamente en este capítulo. Las conversiones entre las unidades se aplican según sea necesario para una correcta comprensión de los conceptos presentados.

Los estándares de diseño mencionados se aplican a una variedad de aleaciones de aluminio utilizadas en estructuras, como puentes, edificios, vehículos, naves de mar, grúas y estructuras interiores en condiciones climáticas típicas.

Las especificaciones no incluyen aleaciones aeroespaciales ni detalles de diseño de componentes colados expuestos a altas temperaturas o cambios químicos. Tampoco abarcan la

creación de tanques de contención, tuberías o estructuras para el aire o el mar que requieran códigos de diseño específicos de entidades reconocidas.

En este capítulo se abarca: generalidades, características y elección de materiales, fundamentos de diseño, diseño estático de elementos y conexiones.

2.4.1.2. Capítulo I NSR-10. Este capítulo de la NSR-10, reglamenta todo lo correspondiente a la supervisión técnica de todo tipo de construcciones que se encuentren admitidas por esta misma norma. Este apartado de la norma reglamenta la supervisión de forma técnica para las obras de Colombia de manera general, lo que nos sirve de base para la revisión, interventoría y supervisión de las estructuras metálicas.

2.4.2 NTC 5832

La NTC 5832 (2021) es una guía en Colombia que establece condiciones técnicas y buenas prácticas para construir estructuras de acero, evidenciando los procesos de fabricación y montaje.

Figura 4. *Capítulos de la norma NTC 5832*

Capítulos	
	Introducción
	Objeto
	Referencias normativas
	Términos y definiciones
	Generalidades
	Responsabilidades
	Clasificación de elementos metálicos
	Materiales
	Planos y especificaciones
	Fabricación y despacho
	Construcción en sitio
	Inspección de la estructura
	Aseguramiento de la calidad
	Estructuras de acero expuestas arquitectónicamente

Además de ser una de las normas obligatorias para cualquier construcción, usando el acero estructural, es una guía de buenas prácticas para realizar cualquier proyecto constructivo de este tipo.

2.4.3 AISC

La norma ANSI/AISC 360 (2010) establece estándares para el diseño, la fabricación y el montaje de estructuras de acero y similares. Define que las estructuras deben tener componentes que sean resistentes a cargas verticales y laterales como los edificios. Describe las condiciones que deben cumplirse para garantizar la seguridad y confiabilidad de las estructuras de acero, la especificación comprende los siguientes capítulos:

Figura 5. *Capítulos AISC-2010*

-
- A. Disposiciones generales
 - B. Requisitos de diseño
 - C. Diseño para estabilidad
 - D. Diseño de miembros en tracción
 - E. Diseño de miembros en compresión
 - F. Diseño de miembros en flexión
 - G. Diseño de miembros en corte
 - H. Diseño de miembros para solicitaciones combinadas y torsión
 - I. Diseño de miembros de sección compuesta
 - J. Diseño de conexiones
 - K. Diseño de conexiones de perfiles tubulares
 - L. Diseño para límites de estado de servicio
 - M. Fabricación y montaje
 - N. Control de calidad y aseguramiento de calidad
-

3. Metodología

Identificar requisitos técnicos y documentales básicos para obras de estructuras de acero es el primer paso, se sugiere lo siguiente:

- Revisar Bibliografías y artículos de parámetros para proyectos de construcción en acero estructural.
- Definir parámetros de inspección según la importancia.
- Escoger los parámetros más representativos e importantes.
- Definición de un formato o ficha de control en proyectos de construcción de acero con las normativas NSR-10, AISC, IMCA, etc. y Documentos ICCA.

Luego de plantea categorizar por prioridad e importancia los procesos, normativas mínimas y exigibles que permitan realizar el documento de apoyo a la inspección de estructuras metálicas durante la construcción, realizándose lo siguiente:

- Examinar formatos guías, revisar bibliografías y artículos de construcción de acero estructural.
- Comparar formatos o fichas guía que consideren lo indispensable para llevar el control y calidad en construcción de edificaciones de acero estructural.
- Elegir los formatos más adecuados para realizar la revisión de requisitos mínimos.

Finalmente, se plantea realizar el establecimiento de parámetros de inspección para proyectos de construcción en acero Documentos ICC posteriores a la construcción, para lo cual se plantea:

- Leer y revisar bibliografías de especificaciones técnicas indispensables en edificaciones de acero estructural.
- Evaluar el documento durante la elaboración.

- Generar un documento de especificaciones técnicas para la inspección de proyectos de construcción en acero estructural.

4. Desarrollo de la guía

4.1 Requisitos técnicos y documentales mínimos que se deben cumplir en el desarrollo de proyectos de construcción de estructura en acero

Según la revisión en el marco de referencia, se propone como revisión de requisitos técnicos las etapas de producción, fabricación, instalación y mantenimiento. Antes de iniciar la fabricación, se es indispensable contar con los planos de diseño estructural, aprobados por curaduría o ente reguladora, memorias de cálculo, con respectivo memorial de responsabilidad. Se debe revisar que los planos contengan detalles de conexiones, tipo de materiales, cuadro de cantidades, firma. De acuerdo con la norma NSR- 10 Título F, se debe tener en cuenta las siguientes etapas:

Etapas 1 - El control de calidad y la supervisión técnica, sección F.2.14, incluyen las siguientes secciones:

Figura 6. *Etapas 1- Control y Calidad*

Etapas 1 de control y calidad	F.2.14.2 — Programa de Control de Calidad del Fabricante y el Montador
	F.2.14.3 — Documentos del Fabricante y el Montador
	F.2.14.4 — Personal a cargo de la Inspección y los Ensayos No Destructivos
	F.2.14.5 — Requisitos Mínimos para la Inspección de Edificios de Acero Estructural
	F.2.14.6 — Requisitos Mínimos para la Inspección de Construcción Compuesta
	F.2.14.7 — Fabricantes y Montadores Certificados
	F.2.14.8 — Materiales y Mano de Obra No Conformes

No se incluyen en este punto el control de calidad, supervisión técnica, materiales ni vaciado de concreto para miembros de construcción compuesta. Tampoco se menciona el monitoreo, control de calidad in situ, supervisión técnica para preparación de superficies o recubrimientos.

Etapas 2 - Control de calidad en fabricación y montaje de la sección F.2.14.2

El inspector de control de calidad del fabricante deberá inspeccionar como mínimo los siguientes puntos, según sea aplicable:

Figura 7. Etapa 2- Control y Calidad

Etapas 2 de control y calidad	(a) Soldaduras en el taller, uso de pernos de alta resistencia y descripción detallada según F.2.14.5. (b) Superficies que han sido cortadas y que han sido acabadas en taller, según el número F.2.3.2. (c) Calentamiento en el taller para enderezar, dar contra flecha o curvar según F.2.13.2.1. (d) Las tolerancias requeridas para la fabricación en el taller se rigen por el Código de Prácticas Estándar para Estructuras de Acero, establecido por la Norma Técnica Colombiana ICONTEC. El inspector de control de calidad del montador deberá inspeccionar como mínimo los siguientes puntos, según sea aplicable: (a) Soldaduras en el campo, uso de pernos de alta resistencia y descripción detallada según F.2.14.5. (b) De acuerdo con el numeral F.2.14.6, deberá inspeccionar la localización y correcta instalación de tableros metálicos y conectores tipo espigo con cabeza (c) Superficies cortadas en campo, según el numeral F.2.13.2.2. (d) Calentamiento en taller para enderezar, dar contra flecha o curvar, según el numeral F.2.13.2.1. (e) De acuerdo con el código de prácticas estándar, Norma Técnica Colombiana ICONTEC, se revisa las tolerancias para montaje en campo. GUIA TECNICA ICCA "Naves Industriales con estructuras de acero" ASPECTOS RELEVANTES DEL MONTAJE: debe ser ejecutado por una empresa especializada en este proceso, dirigido por ingenieros capacitados y expertos en esta labor con personal, maquinaria, instalaciones.
--------------------------------------	---

Etapas 3 y 4 – Documentación de fabricante y montador, sección F.2.14.3

Enviar archivos Según ICONTEC (2021), antes de iniciarse las actividades correspondientes, el contratista de obra metálica, profesional de montaje y producción, enviará los documentos siguientes al diseñador estructural o a su delegado.

Se requiere la presentación de diversos documentos para garantizar la calidad y seguridad de los productos. Esto incluye despieces y planos de taller, reportes de ensayos de materiales para componentes principales de acero estructural, pernos de anclaje, consumibles de soldadura, entre otros. También se solicita copias de certificados del productor, especificaciones del producto, y registros de calificación de procedimientos y de soldadores. Se debe contar con un manual de control de calidad que abarque métodos de control de materiales, inspección y tratamiento de fallas. Además, se requiere la evaluación de los inspectores de control de calidad del fabricante o montador para garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos.

Para efectos de calidad (F.2.14.5.1 NSR-10), se solicita a constructor, entregar a interventoría o supervisión, certificados de calidad de los materiales o trazabilidad de estos. Las actividades de control de calidad son realizadas por el inspector de seguimiento y control de parte del fabricante, según corresponda, según los numerales F.2.14.5.5 a F.2.14.5.8. El inspector debe realizar los reconocimientos indicados en las tablas F.2.14.5-1 a F.2.14.5-6 y en las tablas bajo el encabezamiento del seguimiento, para garantizar que se ejecute la construcción de acuerpo a lo planificado. Los planos de taller y montaje, junto con especificaciones, códigos y estándares referenciados, son clave en la inspección de control de calidad.

Etapas 5 - El personal a cargo de la inspección y los ensayos no destructivos, sección F.2.14.4.1

Los inspectores de calidad deben cumplir con al menos uno de los siguientes requisitos y estar calificados de acuerdo con el programa de control de calidad del fabricante o del montador.

(a) El Estándar para la Evaluación de Inspectores de Soldadura, está definido en la AWS B5.1

(b) Lo establecido en artículo 6.1.4 de las provisiones de la norma AWS D1.1/D1.1M

(c) Se requiere que tenga la certificación de Inspector de Construcciones Soldadas Nivel I de ACOSEND (Asociación Colombiana de Soldadura y Ensayos no Destructivos). El personal debe tener experiencia y entrenamiento en la inspección de conexiones estructurales pernadas para calidad asegurada.

F.2.14.4.2 - El personal de inspección de supervisión técnica debe estar calificado según la práctica documentada por la firma y cumplir con requisitos establecidos para evaluar a inspectores de soldadura, según: a) Lo especificado en la AWS B5.1, o según lo proporcionado en el artículo 6.1.4 de la norma AWS D1.1/D1.1M, o (b) Que haya sido aprobado como Inspector de Fabricaciones Soldadas por la ACOSEND. El personal de inspección debe estar cualificado con formación y experiencia en la revisión de pernos para supervisión técnica adecuada.

Aparte de la inspección visual, el personal encargado de realizar ensayos no destructivos debe tener una calificación documentada de la empresa a la que pertenece. Esta práctica debe cumplir o superar los criterios de la norma AWS D1.1/D1.1M, Código de soldadura estructural en acero, artículo 6.14.6, además de cumplir con uno de los siguientes requisitos:

(a) Procedimiento según, SNT-TC-1A, de la Sociedad Americana de Ensayos No Destructivos (ASNT), o

(b) El modelo ASNT CP-189; calificación y certificación de personal para ensayos no destructivos, o

Se requiere que la ACOSEND, le otorgue la calificación de Inspector de Ensayos No Destructivos, categoría II.

Etapa 6 - Requisitos mínimos para la inspección de edificios de acero estructural, Sección F.2.14.5

El inspector de control de calidad del fabricante o montador llevará a cabo actividades de control de calidad según lo establecido en los numerales F.2.14.5.5 a F.2.14.5.8. Realizando control usando las tablas F.2.14.5-1 a F.2.14.5-6 bajo el encabezamiento Control de Calidad para asegurar la conformidad con los documentos del proyecto. Considerando planos del taller, de montaje, especificaciones y estándares serán utilizados para la inspección de control de calidad.

En pocas palabras, el proceso de montaje debe seguir una secuencia de puntos clave que comienzan con el orden en que deben instalarse los elementos, los puntos base de la estructura para levantarla, la instalación de riostras y puntales temporales, conexiones, entre otras cosas. Es importante tener en cuenta que una estructura metálica puede ser inestable cuando se monta. El uso de riostras temporales ancladas a un elemento estructural ya sea una cimentación o un muerto diseñado para esto, es crucial en este contexto.

F.2.14.5.2: "Supervisión técnica" Los componentes fabricados deben ser inspeccionados en la planta del fabricante por el supervisor técnico. Para minimizar las interrupciones del trabajo del fabricante, el inspector técnico programará su trabajo.

La estructura de acero montada será inspeccionada por el supervisor técnico in situ. El inspector revisará los resultados de ensayos y certificados de materiales según el listado del numeral F.2.14.3.2 y comprobará que se ajusten a los documentos del proyecto.

De acuerdo con los números F.2.14.5.5, F.2.14.5.7 y F.2.14.5.8, el inspector supervisor será responsable de registrar las actividades de inspección del supervisor técnico.

El supervisor técnico debe realizar las inspecciones especificadas en las tablas F.2.14.5-1 a F.2.14.5-3 - F.2.14.5-4 a F.2.14.5-6 bajo el título de Supervisión Técnica, garantizando que el trabajo se realice de acuerdo con lo planificado en proyecto. Se envía la firma de supervisión técnica al fabricante y al montador al mismo tiempo que envía sus informes al interventor o al propietario:

- Resultados de inspección
- Resultados de ensayos no destructivos

F.2.14.5.3 – La organización de actividades de inspección, se pueden coordinar para que bien sea inspector de control calidad o supervisión técnica, realice las actividades la inspección, siempre con la aprobación del interventor o diseñador estructural.

La inspección de soldaduras F.2.14.5.4 se realiza para confirmar que los materiales, procedimientos y mano de obra cumplan con los documentos del proyecto. Se observan las operaciones de soldadura y se realizan inspecciones visuales a las soldaduras en proceso o completas, siguiendo las normas de la AWS D1.1/D1.1M para acero estructural.

Las normas de inspección de soldadura son obligatorias según el Reglamento AWS D1.1/D1.1M. Las tareas de inspección deben seguir las tablas F.2.14.5-1 a F.2.14.5-3 para cumplir con los requisitos establecidos:

- Observar de manera casual (O). Estas inspecciones no deben retrasar las operaciones.
- Aplicar estas tareas a todas las juntas soldadas o miembros (P)

Estas tablas muestran con mayor atención cuán importante es inspeccionar la aplicabilidad de la soldadura en los elementos para “el control de calidad y la supervisión técnica”. Antes de aplicar la soldadura, las actividades previas deben revisarse, como se muestra en la Figura 8.

Figura 8. Actividades e inspección antes de soldar**Tabla F.2.14.5-1**
Actividades de Inspección Previas a la Soldadura

Actividades de Inspección previas a la soldadura	Control de Calidad	Supervisión Técnica
Disponibilidad de los procedimientos de soldadura (WPS)	P	P
Disponibilidad de los certificados del productor para los consumibles de soldadura	P	P
Identificación del material	O	O
Sistema de identificación de los soldadores (trazabilidad)	O	O
Ajuste de las soldaduras acanaladas (Incluyendo la geometría) - Preparación de la junta - Dimensiones (alineación, abertura de raíz, cara de la raíz, bisel) - Limpieza (condición de las superficies de acero) - Punteado (calidad y localización de los puntos de soldadura) - Tipo y ajuste de las platinas de respaldo	O	O
Configuración y acabado de los agujeros de acceso	O	O
Ajuste de las soldaduras de filete - Dimensiones (alineación, separación en la raíz) - Limpieza (condición de las superficies de acero) - Punteado (calidad y localización de los puntos de soldadura)	O	O
Revisión de los equipos de soldadura	O	-

Tomada de NSR-10 (2010)

En la figura 9, se aprecian las actividades que deben ser inspeccionadas al aplicar la soldadura en los elementos.

Figura 9. Actividades e inspección realizadas mientras se solda**Tabla F.2.14.5-2**
Actividades de Inspección Durante la Soldadura

Actividades de Inspección Durante la Soldadura	Control de Calidad	Supervisión Técnica
Empleo de soldadores calificados	O	O
Control y manipulación de los consumibles de soldadura - Empaque - Control de exposición	O	O
Control para evitar soldaduras sobre puntos de soldadura agrietados	O	O
Condiciones ambientales - Velocidad del viento por debajo del límite - Precipitación y temperatura	O	O
Cumplimiento de los procedimientos de soldadura (WPS) - Selección de parámetros en el equipo de soldadura - Velocidad de avance - Uso de los materiales de soldadura seleccionados - Tipo y rata de flujo del gas - Precalentamiento - Mantenimiento de la temperatura entre pases (min/máx) - Posición adecuada	O	O
Técnicas de soldadura - Limpieza entre pases y limpieza final - Ajuste a las dimensiones del perfil en cada pase - Cumplimiento de los requerimientos de calidad en cada pase	O	O

Tomada de NSR-10 (2010)

Por último, en la figura 10, se presenta la inspección requerida una vez la soldadura ya ha sido aplicada en los elementos.

Figura 10. Inspección de soldadura completadas**Tabla F.2.14.5-3**
Actividades de Inspección sobre la Soldadura Terminada

Actividades de Inspección sobre la Soldadura Terminada	Control de Calidad	Supervisión Técnica
Limpieza	O	O
Tamaño, longitud y localización de las soldaduras	P	P
Criterios visuales de aceptación - grietas - fusión soldadura - metal base - perfiles de soldadura - tamaño de la soldadura - socavación - porosidad	P	P
Golpes de arco	P	P
Soldaduras en la "zona k" (cuando las soldaduras de placas de enchape, platinas de continuidad o rigidizadores involucren la "zona k", el alma en esta zona debe inspeccionarse visualmente hasta una distancia de 75 mm desde la soldadura para detectar la presencia de grietas)	P	P
Remoción de las platinas de respaldo y puntos de soldadura, cuando se requiera	P	P
Actividades de reparación	P	P
Documentación de la aceptación o rechazo de la junta o miembro	P	P

Tomada de NSR-10 (2010)

Figura 11. Ensayos no destructivos y procedimientos parte 1**Ensayos no destructivos y procedimientos**

F.2.14.5.5-F.2.14.5.1 — Pruebas y procedimientos de ensayos no destructivos para juntas. Se realizarán ensayos de ultrasonido, partículas magnéticas, tintas penetrantes y radiografías bajo supervisión técnica y de acuerdo con la norma AWS D1.1/D1.1M. Excepto cuando los planos de diseño o las especificaciones del proyecto indiquen algo distinto, los criterios de aceptación para estructuras cargadas estáticamente se definirán en esta misma norma.

F.2.14.5.5.2 — Ensayos no destructivos para juntas acanaladas de penetración completa — Para estructuras del grupo de uso IV de acuerdo con A.2.5.1 y sistemas de resistencia sísmica de cualquier grupo de uso, se deberán realizar ensayos por ultrasonido en todas las juntas acanaladas de penetración completa, a tope, en T o en esquina en materiales con un espesor de 7.9 mm o más. Solo se realizarán pruebas de ultrasonido sobre el 10% de las juntas con características similares en estructuras pertenecientes a los grupos de uso II y III que no forman parte del Sistema de Resistencia Sísmica. Estos ensayos se incluirán en la supervisión técnica. Las juntas acanaladas de penetración completa en estructuras del grupo de uso I que no forman parte del Sistema de Resistencia Sísmica no requieren ensayos no destructivos. Estos ensayos tampoco se requieren en juntas acanaladas de penetración completa en materiales de menos de 7.9 mm de espesor, independientemente de la categoría de uso de la estructura.

F.2.14.5.5.3 — “Ensayos no destructivos para agujeros de acceso” — Cuando los perfiles laminados o armados tienen un espesor superior a 51 mm de aleta o alma, las superficies cortadas por fusión en los agujeros de acceso deben ser inspeccionadas con partículas magnéticas o tintas penetrantes. Ninguna grieta, independientemente de su tamaño o ubicación, será aceptable. Estos ensayos se incluirán en la supervisión técnica. Según la tabla F.2.17-1 del numeral F.2.17, las juntas soldadas que requieran ensayos por ultrasonido o radiografías deberán ser inspeccionadas como parte de la supervisión técnica, según el numeral F.2.13.2.2. F.2.14.5.5.4. No se acepta una disminución en el porcentaje de juntas que se ensayan por ultrasonido.

Figura 12. *Ensayos no destructivos y procedimientos parte 2***Ensayos no destructivos y procedimientos**

F.2.14.5.5.5 — “Reducción del porcentaje de juntas que se ensayan por ultrasonido” — Se permite una disminución en el porcentaje de juntas que se ensayan por ultrasonido cuando el diseñador estructural así lo apruebe. Si el porcentaje de rechazo es del 25%, se puede reducir al 25% por soldador si el porcentaje básico es del 100%, se calcula teniendo en cuenta el número de soldaduras con defectos inaceptables y el número total de soldaduras ejecutadas para ese soldador que sea inferior al 5%. Se tomará una muestra de al menos cuarenta soldaduras completas para esto. Cada aumento de 300 mm o fracción se considerará una soldadura para medir el porcentaje de rechazo en soldaduras continuas de más de 1 m de longitud con una garganta efectiva de 25 mm o menos. Cada aumento de 150 mm o fracción se considerará una soldadura para evaluar el porcentaje de rechazos en soldaduras continuas de más de 1 m de longitud con una garganta efectiva de más de 25 mm.

“Incremento del porcentaje de juntas que se ensayan por ultrasonido”
(F.2.14.5.5.6) — Para estructuras de uso II y III, donde el porcentaje básico de ensayos por ultrasonido es del 10%, el porcentaje básico de ensayos para un soldador se incrementará a un 100% siempre que el porcentaje de rechazos, calculado con base en el número de soldaduras en las que se encuentran defectos inaceptables y el número de soldaduras ejecutadas, sea mayor que el 5% para dicho soldador. Antes de aplicar este aumento, se deberá tomar una muestra de al menos 20 soldaduras completas. Se puede volver a la muestra cuando el porcentaje de rechazos haya disminuido a un 5% o menos después de 40 soldaduras completas.

F.2.14.5.5.3 — “Ensayos no destructivos para agujeros de acceso” — Cuando los perfiles laminados o armados tienen un espesor superior a 51 mm de aleta o alma, las superficies cortadas por fusión en los agujeros de acceso deben ser inspeccionadas con partículas magnéticas o tintas penetrantes. Ninguna grieta, independientemente de su tamaño o ubicación, será aceptable. Estos ensayos se incluirán en la supervisión técnica. Según la tabla F.2.17-1 del numeral F.2.17, las juntas soldadas que requieran ensayos por ultrasonido o radiografías deberán ser inspeccionadas como parte de la supervisión técnica, según el numeral F.2.13.2.2.
F.2.14.5.5.4. No se acepta una disminución en el porcentaje de juntas que se ensayan por ultrasonido.

F.2.14.5.5.7: Información de cada ensayo no destructivo debe registrarse. Para la fabricación en taller, se debe reportar los ensayos no destructivos, identificar las soldaduras inspeccionadas por su número y localización. El informe para trabajos de campo debe identificar las soldaduras inspeccionadas según su ubicación en la estructura, el número de piezas y su ubicación sobre ella. En el caso de que una soldadura sea rechazada durante un ensayo no destructivo, el registro correspondiente debe indicar la ubicación del defecto y la causa del rechazo.

Figura 13. *Inspección de pernos*

Inspección de pernaje	F.2.14.5.6—“Inspección de pernos de alta resistencia” — El método fundamental para verificar que los materiales, procedimientos y mano de obra utilizados en la construcción cumplan con los documentos del proyecto y las "Especificaciones para juntas estructurales usando pernos de alta resistencia" del Consejo de Investigación de Conexiones Estructurales (RCSC) será observar el proceso de suministro e instalación de pernos. (a) Los pernos instalados con apriete ajustado no se sujetan a los ensayos de verificación previos a la instalación ni al seguimiento de los procedimientos de instalación descritos en las tablas F.2.14.5-4 y F.2.14.5-5, respectivamente. Durante la instalación de pernos en juntas con apriete ajustado, tampoco se requiere la presencia de inspectores de control de calidad y supervisión técnica. (b) Si el instalador utiliza el método del giro de la tuerca con marcas permanentes, indicadores directos de tensión o pernos de tensión controlados en juntas pretensionadas y de deslizamiento crítico, el seguimiento de los procedimientos de instalación será como se muestra en la Tabla F.2.14.5-5. Cuando se utilizan estos métodos para instalar los pernos, no se requiere la supervisión técnica ni los inspectores de control de calidad. (c) Si el instalador utiliza llaves calibradas o el método del giro de la tuerca sin marcas permanentes para juntas pretensionadas y juntas de deslizamiento crítico, los procedimientos de instalación deben seguirse como se muestra en la Tabla F.2.14.5-5. Durante la instalación de pernos con estos métodos, se requiere supervisión técnica e inspectores de control de calidad.
----------------------------------	--

La inspección del suministro e instalación de pernos debe incluir, como mínimo, lo indicado en las tablas F.2.14.5-4 a F.2.14.5-6. Las siguientes tablas describen las tareas de inspección que se aplicarán:

- O – Observar de forma casual. Estas inspecciones no deben retrasar las operaciones.
- P—Practica estas tareas en cada junta de pernas.

Las tablas se muestran en la Figura 5.

Figura 14. Inspección Antes de la Instalación de los Pernos**Tabla F.2.14.5-4**
Actividades de Inspección Previas a la Instalación de los Pernos

Actividades de Inspección previas a la instalación de los pernos	Control de Calidad	Aseguramiento de calidad
Disponibilidad de los certificados del productor de los pernos, tuercas y arandelas	O	P
Marcado de los pernos de acuerdo con las normas ASTM	O	O
Adecuada selección de los pernos para el detalle de la junta (grado, tipo, longitud adecuada cuando las roscas deben quedar excluidas del plano de corte)	O	O
Selección adecuada del procedimiento de instalación para el detalle de la junta	O	O
Revisión de los elementos de conexión, incluyendo la adecuada preparación de las superficies de contacto, cuando se requiera	O	O
Ensayos de calibración y verificación previos a la instalación, por el personal de instalación, para los conjuntos de pernos y tuercas y los métodos a utilizarse, observados y documentados	P	O
Adecuado almacenamiento de los pernos, tuercas, arandelas y otros componentes	O	O

Tabla F.2.14.5-5
Actividades de Inspección Durante la Instalación de los Pernos

Actividades de Inspección Durante la Instalación de los Pernos	Control de Calidad	Aseguramiento de calidad
Conjuntos de pernos y tuercas en condiciones adecuadas, instalados en todas las perforaciones y posicionados según se requiere	O	O
Junta llevada a la condición de apriete ajustado antes del pretensionado	O	O
Restricción de la rotación del componente del conector al que no se aplica giro	O	O
Pernos pretensionados de acuerdo con un método aprobado por el RCSC, y avanzando progresivamente desde el punto más rígido hacia los bordes libres	O	O

Tomado de NSR-10 (2010)

Figura 15. Inspección Después de la Instalación de los Pernos**Tabla F.2.14.5-6**
Actividades de Inspección Posteriores a la Instalación de los Pernos

Actividades de Inspección posteriores a la instalación de los pernos	Control de Calidad	Aseguramiento de calidad
Reporte de aceptación o rechazo de las juntas pernadas.	P	P

Tomado de NSR-10 (2010)

4.2. Parámetros de inspección para la ejecución de proyectos de construcción en acero mediante la revisión bibliográfica de normativas NSR-10 y documentos ICCA.

Luego, se relacionan los parámetros a considerar y el lugar donde se habla de ellos en ambas normas según las tablas mostradas. En primer lugar, la tabla 1 presenta los requisitos básicos que deben cumplir los profesionales en cuanto a su formación técnica y disposición en obra.

Tabla 1. *Requisitos mínimos que deben cumplir los profesionales*

Parámetro para revisar	Detalle	Descripción	NSR-10
Profesionales	Idoneidad	Verificación de formación: El diseñador debe contar mínimamente con una especialización en estructuras y preferiblemente con experiencia en este tipo de construcciones. El director de obra (si es necesario) y el residente de obra deben contar con experiencia en la construcción de este tipo de estructuras. Todos los profesionales que intervengan en la construcción deben tener tarjeta profesional y no presentar ningún tipo de restricción para desarrollar su práctica profesional.	A.9.3.1 — DEL DISEÑADOR RESPONSABLE — Los profesionales bajo cuya dirección se desarrollan los diferentes diseños particulares son responsables del diseño sísmico de los elementos no estructurales. Se supone que la inclusión de un elemento no estructural en un plano o memoria de diseño indica que se han tomado todas las medidas necesarias para alcanzar el grado de desempeño adecuado, y el profesional que firma o rotula el plano es responsable de que el diseño se llevó a cabo en el grado de desempeño adecuado. El constructor que firma la licencia de construcción debe cumplir con lo establecido en A.1.3.6.5 y es el responsable final de garantizar que los diseños de los elementos estructurales se hayan realizado correctamente y que la construcción se haya llevado a cabo de manera adecuada.
	Disponibilidad	Se debe garantizar que el diseñador, director, constructor responsable, residente de obra y cualquier otro profesional que intervenga en el desarrollo de la construcción cuente con el tiempo necesario para estar pendiente de la misma, de acuerdo con su rol.	

La variable de documentación que se requiere para comenzar con el proyecto se muestra en la Tabla 2. Esta documentación está dividida en secciones técnicas y legales. La documentación técnica contiene información sobre el proceso de construcción de la obra y datos importantes para su diseño y construcción, mientras que la documentación legal contiene las licencias y permisos que se deben obtener para llevar a cabo la obra civil.

Tabla 2. Documentación necesaria para poder comenzar con la obra

Parámetro para revisar	Detalle	Descripción	NSR-10
Documentación	Documentación legal	Licencias y permisos de construcción: La licencia de construcción debe estar aprobada por la curaduría o la entidad encargada y se debe verificar que los plazos de ejecución no se hayan vencido. Licencia de urbanismo En caso de ser necesario, es debe contar con una licencia de urbanismo. Uso de suelos El uso de suelos debe cumplir con el POT o documento equivalente.	A.13.1 — DEFINICIONES Licencia de construcción — El acto que permite a la persona interesada llevar a cabo obras en un terreno con construcciones que cumplan con el plan de ordenamiento territorial y las normas urbanísticas del distrito o municipio, a petición del interesado.
	Documentación técnica	Estudio de suelos: El reporte de suelos debe ser reciente y cumplir con todos los requerimientos de la normatividad.	A.1.3.2 — ESTUDIOS GEOTÉCNICOS — Es necesario llevar a cabo una exploración del subsuelo en el sitio donde se edificará, junto con una evaluación de los alrededores para identificar posibles movimientos de suelo. El Título H — Los estudios geotécnicos determinan la exploración y ensayos de laboratorio. Un informe detalla los hallazgos y recomendaciones para el diseño de cimentación y obras de contención, efectos sísmicos, procedimientos constructivos y consideraciones técnicas. Se incluyen asentamientos previstos, variabilidad temporal y medidas para prevenir impactos negativos en construcciones cercanas. Según la Ley 400 de 1997, el informe debe ser firmado por un ingeniero civil autorizado.
		Planos y especificaciones técnicas: Los “planos y especificaciones técnicas” deben tener la aprobación de la Curaduría o la entidad encargada de la revisión y siempre debe reposar una copia en el sitio de la construcción.	A.1.3.7 — REVISIÓN DE LOS DISEÑOS — Según la Ley 400 de 1997 y la Ley 388 de 1997, es necesario revisar los planos, memorias y estudios para obtener una licencia de construcción. Esta revisión puede ser realizada por la curaduría o por un profesional independiente, a cargo del solicitante. Los revisores de diseños deben cumplir con los requisitos establecidos en la Ley 400 de 1997.

En cuanto a la tabla 3, se presenta la información de cada verificación que se debe realizar para los materiales y los elementos estructurales y soldaduras.

Tabla 3. Documentación necesaria para poder comenzar con la obra

Parámetro para revisar	Detalle	Descripción	NSR-10
Materiales	Acero	Verificación de certificados: Asegurarse de que el acero cuente con certificados de conformidad emitidos por un laboratorio acreditado. Revisar que los certificados incluyan información como el nombre del fabricante, la designación del acero, las propiedades mecánicas y la fecha de fabricación. Verificar que los certificados estén vigentes y no presenten alteraciones o falsificaciones.	F.2.1.5.1 – Acero Estructural – Los informes certificados de acería o de ensayos del fabricante constituyen evidencia suficiente para perfiles, planchas y barras planas estructurales laminadas en caliente, cumpliendo con normas como ASTM A6. Para láminas, se realizan ensayos según ASTM A568/A568M, y para tuberías se siguen las normas correspondientes. Es importante verificar estos documentos para asegurar la calidad del acero estructural.
		Inspección superficial: Examinar la superficie del acero en busca de daños como abolladuras, rayones, fisuras o corrosiones. Prestar especial atención a las zonas donde se realizarán soldaduras o conexiones. Utilizar lupas o equipos de aumento para inspeccionar los detalles superficiales.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
		Verificación de deformaciones: Comprobar que el acero no presente deformaciones permanentes como pandeos, combaduras o torsiones. Utilizar instrumentos de medición precisos para verificar la planitud y rectitud del acero. Asegurarse de que las tolerancias dimensionales del acero se cumplan.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
	Soldadura	Calidad del cordón: Observar que el cordón de soldadura sea uniforme, sin porosidades, inclusiones o grietas. Verifique que la penetración, el ancho y la altura de la soldadura cumplan con los requisitos de la norma. Asegurarse de que la forma del cordón de soldadura sea adecuada para el tipo de junta y el esfuerzo aplicado.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
		Inspección de defectos: Buscar indicios de defectos como grietas superficiales, porosidades, inclusiones de escoria o falta de fusión. Utilizar lupas o equipos de aumento para inspeccionar los detalles de la soldadura. Si se detectan defectos, realizar pruebas no destructivas para confirmar su alcance y gravedad.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN

Parámetro para revisar	Detalle	Descripción	NSR-10
		Cumplimiento dimensional: Verificar que las dimensiones de la soldadura, como el ancho, la altura y el rebajo, cumplan con los requisitos de la norma. Utilizar instrumentos de medición precisos para comprobar las dimensiones de la soldadura. Asegurarse de que las tolerancias dimensionales de la soldadura se cumplan.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
	Elementos estructurales	Inspección superficial: Examinar la superficie de los elementos estructurales en busca de daños como abolladuras, rayones, fisuras o corrosiones. Prestar especial atención a las zonas donde se realizarán soldaduras o conexiones. Utilizar lupas o equipos de aumento para inspeccionar los detalles superficiales.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
		Verificación de deformaciones: Comprobar que los elementos estructurales no presenten deformaciones permanentes como pandeos, combaduras o torsiones. Utilizar instrumentos de medición precisos para verificar la rectitud y planitud de los elementos estructurales. Asegurarse de que las tolerancias dimensionales de los elementos estructurales se cumplan.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
		Inspección de juntas: Revisar que las juntas entre elementos estructurales estén correctamente ejecutadas y no presenten fisuras o desprendimientos. Las juntas deben cumplir con los requisitos de diseño y los procedimientos de soldadura establecidos. Asegurarse de que las juntas no presenten indicios de corrosión o daños por vibraciones.	

En la tabla 4 se explica también, el criterio de inspección de conexiones, donde se presenta cada verificación de los diferentes tipos, ya sea con pernos o con soldadura.

Tabla 4 *Inspección de conexiones*

Parámetro para revisar	Detalle	Descripción	NSR-10
Conexiones	Pernos	Inspección visual de pernos: Verificar que los pernos no presenten daños como roscas desgastadas, deformaciones o fisuras. Asegurarse de que las arandelas y tuercas estén en buen estado y que tengan el tamaño adecuado para el perno. Comprobar que los pernos estén correctamente apretados y que no presenten juego excesivo.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
		Verificación del apriete: Utilizar herramientas de medición precisas para verificar el par de apriete de los pernos. Asegurarse de que el par de apriete cumpla con los requisitos de diseño y los procedimientos de instalación establecidos. Repetir la verificación del apriete de los pernos después de un tiempo determinado, según las recomendaciones del fabricante o del proyecto.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
	Soldaduras	Inspección visual de soldaduras: Seguir los mismos criterios descritos para la inspección visual de soldaduras en general. Prestar especial atención a las zonas donde se concentran los esfuerzos, como las uniones a tope y las uniones en T. Verificar que las soldaduras de las conexiones cumplan	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN

Seguidamente, en la tabla 5 a manera de complemento, se muestra el registro de inspección necesario en casos que no sea requerida la supervisión técnica.

Tabla 5. *Registro de inspección cuando no se requiere supervisión técnica*

Parámetro para revisar	Detalle	Descripción	NSR-10
Registro	Registro de la inspección	I.1.2.2 – El Artículo 19 de la Ley 400 de 1997 establece que, en casos en que no se requiera supervisión técnica, el constructor tiene la obligación de realizar controles de calidad con el alcance exigido por esta Ley y el presente Reglamento, para varios materiales estructurales y elementos no estructurales, y debe llevar un registro escrito donde se consignen los resultados obtenidos. I.2.2.1 – El supervisor técnico deberá llevar un registro escrito de sus labores en donde se incluyen todos los controles realizados de acuerdo con lo exigido en el presente Capítulo.	

4.3. Variables de control en la construcción de acero mediante la revisión bibliográfica de normativas NSR-10, AISC, IMCA, etc. y documentos ICCA

Se requieren planos de diseño aprobados por entidad reguladora, cumpliendo NSR-10, memorias de cálculo y memorial de responsabilidad para comenzar la fabricación. Es indispensable.

Tabla 6. Comparación de la normativa con verificación de profesionales

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle	Descripción	NSR-10
Profesionales	Antes de iniciar la fabricación, se es indispensable contar con los planos de diseño estructural, aprobados por curaduría o ente reguladora, memorias de cálculo, con respectivo memorial de responsabilidad	Idoneidad	Verificación de formación: formación profesional y experiencia mínima.	A.9.3.1 — El diseñador y el constructor responsable deben ser los avalados por la norma.
		Disponibilidad	Tiempo suficiente.	

Resumen de normativa comparativa para documentación según inciso 6.2, destacando los tiempos y momentos para realizar cada inspección. Datos detallados en la Tabla 7.

Tabla 7. Comparación de la normativa con la documentación necesaria para comenzar obra

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle	Descripción	NSR-10
Documentación	F.2.14.3 —El fabricante o montador debe enviar al diseñador estructural o su representante los documentos requeridos antes de iniciar las actividades, según el Código de Prácticas Estándar para Estructuras de Acero de ICONTEC. Los documentos necesarios deben ser proporcionados para cumplir con las normativas establecidas antes del inicio de las tareas.	Documentación legal	Licencias y permisos de construcción: aprobada por la Curaduría antes de iniciar la construcción	A.13.1 — DEFINICIONES Acto autorización construcción de la edificación.
			Licencia de urbanismo: aprobada por la Curaduría en los casos que se requiera.	
			Uso de suelos: acorde al POT de la población.	

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle	Descripción	NSR-10
Documentación	Según el Código de Prácticas Estándar y la Norma Técnica Colombiana ICONTEC, el fabricante o montador debe enviar los documentos requeridos al diseñador estructural o su representante.	Documentación técnica	Estudio de suelos: de acuerdo con la norma vigente y realizado por personal idóneo.	A.1.3.2 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Ensayos de laboratorio necesarios y recomendaciones de un ingeniero facultado.
	Planos, especificaciones, códigos y estándares relevantes se aplicarán en la inspección de control de calidad en taller y montaje. Para efectos de calidad (F.2.14.5.1 NSR-10), se solicita a constructor, entregar a interventoría o supervisión, certificados de calidad de los materiales o trazabilidad de estos. De acuerdo con los numerales F.2.14.5.5, F.2.14.5.7 y F.2.14.5.8, El inspector de calidad del fabricante o montador debe realizar actividades de control de calidad. El inspector debe realizar inspecciones según tablas F.2.14.5-1 a F.2.14.5-3 y F.2.14.5.4 a F.2.14.5-6 para garantizar trabajo acorde a documentos del proyecto.		Planos y especificaciones técnicas: aprobados y disponibles en obra.	A.1.3.7 REVISIÓN DE LOS DISEÑOS — revisados y aprobados para obtener licencia de construcción, por la Curaduría o un.

En seguida, en la tabla 8, se presenta un resumen de la normativa comparativa, pero en este caso es para los materiales con los requisitos de revisión, conforme con la normativa vigente.

Tabla 8. Comparación de la normativa frente a las verificaciones de materiales y elementos estructurales

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle	Descripción	NSR-10
Materiales	F.2.14 — CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION TÉCNICA Se incluyen las siguientes secciones: F.2.14.2 — Programa de Control de Calidad del Fabricante y el Montador F.2.14.3 — Documentos del Fabricante y el Montador” F.2.14.4 — Personal a cargo de la Inspección y los Ensayos No Destructivos “F.2.14.5 — Requisitos Mínimos para la Inspección de Edificios de Acero Estructural F.2.14.6 — Requisitos Mínimos para la Inspección de Construcción Compuesta” “F.2.14.7 — Fabricantes y Montadores Certificados F.2.14.8 — Materiales y Mano de Obra No Conformes	Acero	Verificación de certificados: acordes a lo necesario, vigentes o conformes con el material en sitio.	F.2.1.5.1 – Acero Estructural – perfiles, planchas y barras planas estructurales laminados en caliente, tales pruebas de acuerdo norma ASTM A6; para láminas ensayos de acuerdo con ASTM A568/A568M; tuberías las pruebas de acuerdo con los requisitos de los estándares ASTM.
			Inspección superficial: condiciones físicas idóneas, inspeccionar detalladamente.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN
			Verificación de deformaciones : usar instrumentos calibrados y verificar tolerancias máximas.	I.4.3.7 – CONTROL DE EJECUCIÓN

Para la tabla 9 se presenta el resumen de normativa comparativa para conexiones con la descripción de cada tipo, pero en conjunto con normativa vigente.

Tabla 9. Comparación de la normativa frente a la inspección de conexiones

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle	Descripción	NSR-10
Conexiones	(a) F.2.14.5.6: Examinar pernos de alta resistencia (a) Las tablas F.2.14.5-4 y F.2.14.5-5 indican que el seguimiento de los procedimientos de instalación no se aplica a los pernos instalados con apriete ajustado. Durante la instalación de pernos en juntas con apriete ajustado, tampoco se requiere la presencia de inspectores de control de calidad y supervisión técnica.	Pernos	Inspección visual de pernos: roscas en buen estado, sin deformación. Tuercas y arandelas en buen estado. No juegos excesivos.	I.4.3.7 CONTROL DE EJECUCIÓN –
	(b) Si el instalador utiliza el método del giro de la tuerca con marcas permanentes, indicadores directos de tensión o pernos de tensión controlados en juntas pretensionadas y de deslizamiento crítico, el seguimiento de los procedimientos de instalación será como se muestra en la Tabla F.2.14.5-5. Cuando se utilizan estos métodos para instalar los pernos, no se requiere la supervisión técnica ni los inspectores de control de calidad. (c) Si el instalador utiliza llaves calibradas o el método del giro de la tuerca sin marcas permanentes para juntas pretensionadas y juntas de deslizamiento crítico, los procedimientos de instalación deben seguirse como se muestra en la Tabla F.2.14.5-5. Durante la ejecución de los trabajos, los inspectores de control de calidad y supervisión técnica deben seguir lo indicado en las tablas F.2.14.5-4 a F.2.14.5-6.	Soldaduras	Verificación del apriete: adecuada, verificación con instrumentos adecuados y calibrados, repetir después de un determinado tiempo. Inspección visual de soldaduras: adecuadas, cuidado especial en zonas de esfuerzos altos.	I.4.3.7 CONTROL DE EJECUCIÓN –

Finalmente, en la tabla 10 se muestra el resumen de la normativa comparativa en los casos que no necesita supervisión técnica de la obra.

Tabla 10. Comparación de la normativa con el Registro de inspección cuando no se requiere supervisión técnica

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle	Descripción NSR-10
Registro	Tabla F.2.14.5-4 Actividades previas de Inspección - Tablero F.2.14.5-5 La Tabla F.2.14.5-6 muestra las actividades de inspección durante la instalación. Después de la instalación de PERNOS, actividades de inspección	Registro de la inspección	I.1.2.2 – Sino se requiere supervisor, obligación del constructor.
	O – Observar de manera aleatoria. Estas inspecciones no deben retrasar las operaciones. P—Practica estas tareas en cada junta de pernas.		I.2.2.1 – Supervisor idóneo, llevar registro periódico y detallado.

4.4. Caso de revisión Construcción Local

Como complemento y a manera de sustentación, enseguida se presenta el desarrollo que tuvo el proyecto “CONSTRUCCIÓN LOCAL EXTERNO GRAN PLAZA” y varios de los aspectos relevantes en supervisión técnica e Interventoría. El proyecto fue ubicado en la ciudad de Ipiales - Nariño en octubre del 2023 y consistió en una ampliación a la edificación existente del centro comercial Gran Plaza para el uso de locales. Estos fueron planteados en estructura metálica por sus grandes dimensiones, luces, arquitectura existente, método constructivo, entre otras. para comenzar se solicitó la documentación referente a las generalidades del proyecto tales como planos, información de los profesionales, cronograma de obra, entre otros. Con ellos se pudo partir para las inspecciones iniciales.

Posteriormente, se realizaron actividades de excavación para revisión de la cimentación con base en los planos estructurales. Fue necesario hacer verificaciones de la cimentación existente en funcionamiento con las nuevas cimentaciones por colindar con la nueva estructura. Se continuó con actividades de cimentación donde se inspeccionó el material y proporciones para la resistencia del concreto de zapatas, vigas de cimentación y pedestales con pruebas Slump para asentamientos, cilindros, entre otros.

La supervisión siempre realizó chequeos de cada una de las actividades que se iban ejecutando con los planos estructurales, por eso, muchas anotaciones y recomendaciones que se hicieron estuvieron basadas en ellos.

Para revisar materiales y elementos se hizo la inspección del control de calidad para concretos. Esto dio paso para las actividades de relleno y compactación. Al ser estructura metálica, gran parte de los elementos, fueron armados en taller, por lo que la supervisión, en conjunto con la interventoría, hicieron las pruebas de tinta para comprobación de soldadura y uniones de la estructura metálica. Con esto se corrobora la información de chequeos de las conexiones de los miembros.

Figura 16. *Fundición de zapata y pedestal, Proyecto: “GRAN PLAZA IPIALES”*



Figura 17. *Pruebas de tinta en taller para estructura metálica, Proyecto “GRAN PLAZA IPIALES”*



Enseguida, se revisó con los planos correspondientes, las excavaciones y elementos para todo tipo de acometidas como hidráulicas, eléctricas, gas e hidrosanitarias. En su relleno, de acuerdo con la norma, se realizaron pruebas de densidades y material de relleno. Una vez aprobado, se prosiguió con losa de contrapiso y así, poder llevar la estructura metálica a la obra.

Figura 18. *Acometidas y refuerzo para losa de contrapiso, Proyecto “GRAN PLAZA IPIALES”*



Una vez culminadas estas actividades, comenzó el proceso de izaje de la estructura y la instalación de Steel Deck para la cubierta. Adicionalmente, se levantaron los muros en mampostería donde se chequeó medidas, juntas de mortero, reforzamiento del muro, entre otros.

Figura 19. *Izaje de la estructura, Proyecto: “GRAN PLAZA IPIALES”*



Figura 20. *Instalación de estructura para superboard y detalles finales, Proyecto “GRAN PLAZA IPIALES”*



Cuando fueron instalados los miembros mencionados, se continuó con montaje de cubierta donde se tuvo que inspeccionar el método constructivo, refuerzo y uniones. Algunas pruebas que se hicieron fueron pruebas de goteras y filtraciones. Con esta parte culminada se pudo pasar a los elementos no estructurales que debían cumplir con unos requerimientos establecidos en planos.

Finalmente, con solicitud de pruebas de cargas solicitadas por Interventoría, se detalló una lista de chequeo con el contenido de las subsanaciones que debían realizarse y de los productos que se debían entregar.

Así, al haber chequeado cada uno de los ítems, se recibió la correcta entrega de obra. La supervisión técnica, en su informe final, dejó cada una de las observaciones y recomendaciones pertinentes con manuales de mantenimiento preventivo para las partes de la obra por condiciones de exposición, ambientales y demás.

Figura 21. *Obra en estructura metálica finalizada, Proyecto: “GRAN PLAZA IPIALES”*



En la revisión de la lista de apoyo general, se realizó el uso del formato generado encontrando los siguientes resultados.

Tabla 11. Revisión 1 comparación de la normativa con verificación de profesionales

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle	Descripción
Profesionales	Antes de iniciar la fabricación, se es indispensable contar con los planos de diseño estructural, aprobados por curaduría o ente reguladora, memorias de cálculo, con respectivo memorial de responsabilidad	Idoneidad	Cumple.
		Disponibilidad	Cumple.

Tabla 12. Revisión 2

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle
Documentación	F.2.14.3: DOCUMENTACIÓN DEL FABRICANTE Y MONTADOR F.2.14.3.1: Envío de archivos De acuerdo con el Código de Prácticas Estándar para Estructuras de Acero, Norma Técnica Colombiana ICONTEC, el fabricante o el montador enviará al diseñador estructural o a su delegado los documentos que se enumeran a continuación antes de iniciarse las actividades correspondientes.	Cumple
	F.2.14.3: DOCUMENTACIÓN DEL FABRICANTE Y MONTADOR F.2.14.3.1: Envío de documentos antes del inicio de las actividades correspondientes	
	De acuerdo con el Código de Prácticas Estándar para Estructuras de Acero y la Norma Técnica Colombiana ICONTEC, el fabricante o el montador enviará los siguientes documentos al diseñador estructural o a su delegado.	Cumple con Documentación técnica
	Los planos de taller y de montaje, así como las especificaciones, códigos y estándares relevantes, serán aplicables para la inspección de control de calidad. Para efectos de calidad (F.2.14.5.1 NSR-10), se solicita a constructor, entregar a interventoría o supervisión, certificados de calidad de los materiales o trazabilidad de estos.	
	De acuerdo con los numerales F.2.14.5.5, F.2.14.5.7 y F.2.14.5.8, el inspector de control de calidad del fabricante o el montador, según sea aplicable, debe llevar a cabo las actividades de control de calidad.	
	El inspector de control de calidad debe realizar las inspecciones indicadas en las tablas F.2.14.5-1 a F.2.14.5-3 y en las tablas F.2.14.5.4 a F.2.14.5-6 bajo el encabezamiento de control de calidad para garantizar que el trabajo se realice de acuerdo con los documentos del proyecto.	

Tabla 13. Revisión 3.

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle
Materiales	F.2.14 — CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION TÉCNICA	
	Se incluyen las siguientes secciones:	
	“F.2.14.2 — Programa de Control de Calidad del Fabricante y el Montador”	
	“F.2.14.3 — Documentos del Fabricante y el Montador”	Cumple
	“F.2.14.4 — Personal a cargo de la Inspección y los Ensayos No Destructivos”	
	“F.2.14.5 — Requisitos Mínimos para la Inspección de Edificios de Acero Estructural”	
	“F.2.14.6 — Requisitos Mínimos para la Inspección de Construcción Compuesta”	
	“F.2.14.7 — Fabricantes y Montadores Certificados”	Cumple
	“F.2.14.8 — Materiales y Mano de Obra No Conformes”	Cumple
	F.2.14.5.4: Examinar las soldaduras El método fundamental para confirmar que los materiales, los procedimientos y la mano de obra estén de conformidad con los documentos del proyecto será observar las operaciones de soldadura y realizar inspecciones visuales de soldaduras en proceso o completas. Aplicarán todas las provisiones de la norma AWS D1.1/D1.1M al acero estructural.	Cumple
	Las disposiciones de la norma AWS D1.1/D1.1M están exentas en el numeral F.2.10.2 del presente Reglamento.	Cumple
	Las actividades de inspección de soldadura deben ejecutarse como mínimo de acuerdo con las tablas F.2.14.5-1 a F.2.14.5-3.	Cumple
	Ensayos no destructivos para juntas soldadas, F.2.14.5.5 F.2.14.5.5.1—Proceso, Ensayos no destructivos para juntas acanaladas de penetración completa. Juntas soldadas sometidas a agotamiento, F.2.14.5.5.5 reduce el porcentaje de juntas ensayadas por ultrasonido, F.2.14.5.5.6 aumenta el porcentaje de juntas ensayadas por ultrasonido y F.2.14.5.6 inspecciona pernos de alta resistencia.	Cumple
	El numeral no incluye el control de calidad o la supervisión técnica para el refuerzo, los materiales o el vaciado de concreto para componentes de construcción compuesta. El control de calidad y la supervisión técnica para la preparación de superficies y recubrimientos tampoco están incluidos.	Cumple

Tabla 14. Revisión 4.

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle
Conexiones	“F.2.14.5.6 — Inspección de pernos de alta resistencia”	
	(a) Los pernos instalados con apriete ajustado no se sujetan a los ensayos de verificación previos a la instalación ni al seguimiento de los procedimientos de instalación descritos en las tablas F.2.14.5-4 y F.2.14.5-5, respectivamente. Durante la instalación de pernos en juntas con apriete ajustado, tampoco se requiere la presencia de inspectores de control de calidad y supervisión técnica.	Cumple.

Parámetro para revisar	Descripciones y normativa	Detalle
	(b) Si el instalador utiliza el método del giro de la tuerca con marcas permanentes, indicadores directos de tensión o pernos de tensión controlados en juntas pretensionadas y de deslizamiento crítico, el seguimiento de los procedimientos de instalación será como se muestra en la Tabla F.2.14.5-5. Cuando se utilizan estos métodos para instalar los pernos, no se requiere la supervisión técnica ni los inspectores de control de calidad.	
	(c) Si el instalador utiliza llaves calibradas o el método del giro de la tuerca sin marcas permanentes para juntas pretensionadas y juntas de deslizamiento crítico, los procedimientos de instalación deben seguirse como se muestra en la Tabla F.2.14.5-5. Durante la instalación de pernos con estos métodos, se requiere supervisión técnica e inspectores de control de calidad. La inspección del suministro e instalación de pernos debe incluir, como mínimo, lo indicado en las tablas F.2.14.5-4 a F.2.14.5-6.	Cumple, se usaron soldadura de taller.

5. Conclusiones

A través de la revisión bibliográfica, se han identificado los requisitos técnicos y documentos mínimos que se deben cumplir en el desarrollo de obras de acero. Estos incluyen el cumplimiento de la normativa, específicamente la Normas NSR-10: Diseño de Estructuras de Acero y Aluminio, título F, y Supervisión Técnica Título I, así como los documentos ICCA: Instituto Colombiano de la Construcción en Acero; realizando un listado apoyando el proceso de revisión del cumplimiento de estos requisitos es fundamental para asegurar la integridad estructural, la resistencia a las cargas y la durabilidad de la obra.

Mediante el presente documento, se logró determinar los requisitos técnicos mínimos explícitos en la norma NSR-10 y también, en analogía con la guía técnica ICCA, presentando los documentos que se deben cumplir en la ejecución de obras de construcción en acero donde se pudo identificar factores clave tanto para la parte legal, como para la parte técnica.

Se han establecido parámetros de inspección para la realización de proyectos de construcción en acero, apoyados en la revisión bibliográfica de las normativas NSR-10 y documentos ICCA. Estos parámetros abarcan la verificación de profesionales que intervienen en

el proyecto, verificación de documentación legal y técnica para construcción, inspección visual de los elementos estructurales, pruebas no destructivas para detectar defectos, verificación de las propiedades del material y la evaluación de las juntas soldadas y pernadas. Con esta aplicación rigurosa de estos parámetros de inspección permite identificar y corregir posibles fallos en la estructura, previniendo así riesgos de colapso y garantizando la seguridad de los usuarios.

Se han definido las variables de control posterior construcción de acero, tomando como base la revisión bibliográfica de las normativas NSR-10 y documentos ICCA. Estas variables incluyen desviaciones dimensionales, deformaciones, fisuras y problemas de corrosión, que mediante el monitoreo y control de estas variables posterior a la construcción es crucial para mantener la integridad estructural a largo plazo y garantizar la vida útil de la obra.

6. Recomendaciones

Reconociendo que las características del acero estructural son la durabilidad y resistencia, y con el debido mantenimiento que se le dé será mucho más duradero. Con la finalidad de dar recomendaciones y tips de cuidado y preservación de la calidad de las estructuras metálicas, se deja esenciales recomendaciones llevar una programación o plan de trabajo dependiendo el tipo de proyecto; realizando seguimiento y control de este (Ver anexo Ejemplo plan de Trabajo).

Referencias

- ANSI/AISC 360-10 Specification for Structural Steel Building” del American Institute of Steel Construction (2010)
- Alfonso, C., Prieto, R., Distrital, U., José, F., Caldas, D. E., & Tecnológica, F. (2021). Criterios técnicos para la interventoría y supervisión de construcción de obras en estructura metálica de edificaciones de mediana altura con grado de disipación sísmica moderado “dmo.”
- American Institute of Steel Construction. (2010). Specification for Structural Steel Buildings.
- Beltran, J. F., & Herrera, R. (2008). Innovaciones en el diseño sísmico de estructuras de acero. Actualidad.
- CAMACOL. (2023). Tendencias de la Construcción | Camacol - Cámara Colombiana de la Construcción. <https://camacol.co/taxonomy/term/21>
- Chiqui Aguilar, J. D., & Escudero Rivera, L. E. (2022). Estudio del proceso de construcción de viviendas a base de estructura metálica con menor costo y tiempo en el cantón Yaguachi. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5375>
- Código de Prácticas Estándar para Estructuras de Acero, Norma Técnica Colombiana ICONTEC (2021)
- Gervásio, H. (2010). Análisis: La sustentabilidad del acero y las estructuras metálicas. http://www.cbcaibs.com.br/nsite/site/downloads/Construmetal_Helena_Gervasio.ppt
- González Cárdenas, D., & Agudelo Rojas, M. A. (2020). Costo-beneficio en la utilización del acero en las construcciones colombianas del siglo XXI. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/22970>
- ICCA. (2019). 2 (pliego de condiciones y especificaciones técnicas), 3 (ayudas de diseño y conexión), 4 (diseño de

Sotomayor, C. (2020). Entendiendo a las fisuras y grietas en las estructuras de concreto.

Tapia Manhualaya, M. (2014). “diseño SISMORESISTENTE DE UNA EDIFICACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA DE 4 PISOS PARA USO COMERCIAL” PRESENTADA POR.

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/415/TCIV_24.pdf?Sequence=1&isAllowed=y

Torres Medina, C. C. (2019). Facultad de ingeniería programa de ingeniería civil título del anteproyecto: importancia de una adecuada supervisión técnica sobre el acero de refuerzo durante la ejecución de construcciones de edificaciones. 89
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/a3d9d83b-9da5-46db-867ca708da038dea/content>

Urbán Brotóns, P. (2010). Construcción de estructuras metálicas