

Diagnóstico de procedimientos de inspección estructural y propuesta de herramientas de estandarización

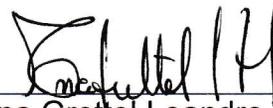


CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Ing. Miguel Peralta Salas, Ing. Sonia Vargas Calderón, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



Ing. Gustavo Rojas Moya
Representante del Director



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesora Guía



Ing. Miguel Peralta Salas.
Profesor Lector



Ing. Sonia Vargas Calderón.
Profesora Observadora

Abstract

The structural inspection is a procedure that must be present during the construction of all civil works and is one of the most important to ensure the structural quality of the construction activities.

This project was intended to determine if the construction sector need tools that standardize the structural inspection and generate tools that complement the professional judgment and experience of the inspectors, to ensure that no important criteria are ignored in the field and avoid any of the parties resulting directly or indirectly affected.

To achieve the objectives a literature study was conducted, were investigated the rules and procedures of structural inspection, structural inspection visits were conducted at different projects and engineering professionals responsible of inspecting or responsible of building works was consulted through interviews and surveys.

As a result, a diagnosis of the inspection procedures performed by different professionals and was obtained tools for inspecting structural elements of reinforced concrete and structural steel.

Of this Work can be concluded that standardization tools are needed for structural inspection processes and tools are proposed to meet that need.

Keywords: Structural Inspection, checklists, inspection tools

Resumen

La inspección estructural es un procedimiento que debe estar presente durante el proceso constructivo de toda obra civil y es una de las actividades más importantes para garantizar la calidad estructural de la edificación.

Con este proyecto se pretendió determinar si son necesarias, en el sector construcción, herramientas que estandaricen la inspección estructural y además se generaron herramientas que complementen el criterio y experiencia profesional de los inspectores, para garantizar que no se omitirán criterios importantes en el campo y evitar que alguna de las partes implicadas resulte afectada directa o indirectamente.

Para lograr los objetivos propuestos se realizó un estudio bibliográfico, se investigaron las normas aplicables a los procedimientos de inspección estructural, se realizaron visitas de inspección estructural a diferentes proyectos y se consultó a profesionales de ingeniería, encargados de inspeccionar o construir obras, mediante entrevistas y encuestas.

Como resultado se obtuvo un diagnóstico de los procedimientos de inspección realizado por distintos profesionales, se generaron herramientas para la inspección de elementos de concreto reforzado y acero estructural.

Del diagnóstico se puede concluir que se necesitan herramientas de estandarización para los procesos de inspección estructural y se proponen herramientas para satisfacer dicha necesidad.

Palabras clave: Inspección estructural, listas de verificación, herramientas de inspección.

Diagnóstico de procedimientos de inspección estructural y propuesta de herramientas de estandarización

Diagnóstico de procedimientos de inspección estructural y propuesta de herramientas de estandarización

ANGEL HUMBERTO NAVARRO MORA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Noviembre del 2014

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO.....	1
RESUMEN EJECUTIVO.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
ALCANCES Y LIMITACIONES.....	6
MARCO CONCEPTUAL.....	7
METODOLOGÍA.....	12
RESULTADOS.....	14
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	33
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES.....	42
APÉNDICES.....	44
REFERENCIAS.....	45

Prefacio

Durante el proceso constructivo de cualquier obra civil, uno de los procesos más importantes es la inspección técnica. Las inspecciones deben ser realizadas por profesionales con conocimientos en el área por inspeccionar, desde el proceso de diseño y durante el proceso constructivo. El proyecto desarrollado se enfocó en la inspección estructural de elementos de concreto reforzado (vigas, columnas, cimentaciones y entrepisos) y acero estructural (vigas, columnas y uniones apernadas y soldadas).

Las empresas de consultoría, en el área de diseño estructural y sismorresistente, son las encargadas de realizar la inspección estructural, debido a que es el procedimiento que les permite verificar que se están cumpliendo las condiciones contractuales plasmadas en planos y especificaciones. Además, estas empresas cuentan con profesionales responsables de verificar las condiciones que permiten que una estructura cumpla con los requisitos necesarios para que se desarrolle de una forma integral durante su vida útil. Generalmente, estas empresas, confían en los ingenieros que laboran en ellas, razón por la cual permiten que el proceso de Inspección estructural sea desarrollado de acuerdo con su experiencia y criterio profesional.

La calidad de las inspecciones depende, en la mayoría de los casos, de la experiencia del profesional y de las tolerancias que éste permita.

En Costa Rica, aun cuando existen regulaciones y normativas en todos los aspectos estructurales, existe una necesidad de herramientas que sirvan como guía que garantice que los procesos de inspección sean estándares. Esto garantizará que sin importar el profesional asignado para la inspección, no se descuiden en el proceso constructivo detalles que puedan poner en peligro la integridad de la estructura.

Afirmar que existe una necesidad en este aspecto, se fundamentó en el diagnóstico realizado a una muestra de 50 profesionales de la ingeniería que se dedican al diseño, inspección y construcción de obras civiles. De los 50

profesionales, 44 fueron consultados mediante una encuesta electrónica y 6 mediante el modelo de entrevista.

El proyecto pretendió llenar una pequeña parte de esta necesidad por medio de la creación de herramientas para estandarizar el proceso de inspección estructural y que de esta manera los inspectores puedan tener una guía que reúna los aspectos que deben ser considerados durante la inspección, que conozcan las tolerancias que se pueden aceptar; todo esto, tomando como base el Código Sísmico de Costa Rica 2010 y aquellas normativas que han sido referencia para la elaboración de éste. Las herramientas consisten en un documento llamado "Criterios básicos de inspección estructural", el cual incluye requerimientos especificados por normativas nacionales e internacionales, listas de verificación, ordenes de cambio, algunos cuadros de consulta rápida para los inspectores y algunos anexos útiles para inspección de soldaduras, acero de refuerzo y pernos.

Agradecimientos

A mi madre, María Elena Mora, por su apoyo y confianza a lo largo de toda mi vida.

A mi novia, Alexa Vargas, por su apoyo y ayuda incondicional.

A mi amigo, Braulio Umaña, por su compañerismo, apoyo y confianza brindados en los últimos años.

A mi profesora guía, Ana Grettel Leandro, un agradecimiento muy especial, por su orientación, paciencia, consejos y apoyo durante el proyecto.

A los ingenieros Danilo Hernández y Rommel Cuevas, por colaborar con la difusión de la encuesta y a aquellos profesionales, que le dieron respuesta.

A los ingenieros Carlos Rodríguez, Luis Gerardo Mata, Aarón Mesén, Orlando Morales, Adán Guzmán, Hugo Navarro, Erich Neurohr, Miguel Peralta e ingenieros de B.A. Ingeniería por su valiosa colaboración.

A los profesores del Tecnológico de Costa Rica, que participaron en mi formación y lo realizaron con gran esfuerzo y dedicación, asumiendo una gran responsabilidad como educadores.

Resumen ejecutivo

El proyecto consistió en realizar un diagnóstico de cómo se realizan normalmente los procesos de inspección estructural y determinar la existencia de herramientas para ser utilizadas o en su defecto la necesidad de crear nuevas.

El tema que se desarrolló es importante porque evidenció a través de la investigación la ausencia de herramientas para estandarizar los procesos de inspección estructural y la necesidad de éstas, que permitan a los inspectores tener disponible información técnica de forma resumida, sistematizada y en un solo documento, de manera que puedan consultar los requerimientos y tolerancias constructivas permisibles para elementos estructurales; garantizando que el producto final cumpla con los estándares de diseño nacionales e internacionales que rigen en Costa Rica. No se encontró, en la búsqueda bibliográfica realizada, la existencia de herramientas previas.

El proyecto tuvo como objetivo realizar un diagnóstico de los procesos de inspección estructural, en la construcción de algunos elementos de concreto y acero estructural y diseñar herramientas para mejorar dichos procesos.

Para cumplir con el objetivo, el proceso de investigación y recopilación de datos se llevó a cabo desde distintos frentes:

Se investigaron distintas fuentes bibliográficas, normas y códigos (nacionales, como el Código Sísmico de Costa Rica 2010, e internacionales, como el Código Internacional de la Construcción, especificaciones del Instituto Americano del Concreto, entre otros), con el objetivo de ampliar conocimiento sobre la inspección estructural y determinar los lineamientos aplicables al procedimiento de inspección estructural.

Se entrevistaron y/o encuestaron profesionales encargados de la inspección estructural e ingenieros encargados de la construcción.

Se trabajó como practicante en una empresa consultora de diseño e inspección estructural, para experimentar como parte del equipo de trabajo, las condiciones en que se

realizan las inspecciones estructurales.

Se realizaron visitas de inspección con profesionales de distintas empresas consultoras para observar el procedimiento empleado.

Finalmente, con toda la información recopilada desde los distintos frentes, se resolvió que la hipótesis propuesta era verídica y se procedió a elaborar las herramientas de estandarización.

Como resultado del trabajo se obtuvo:

Un diagnóstico global de los procesos de inspección estructural realizados por diferentes profesionales

Las responsabilidades que tiene un inspector estructural durante el proceso constructivo.

La normativa aplicable para inspección estructural de elementos de concreto reforzado y acero estructural.

Una lista de recursos necesarios para realizar una inspección estructural.

Un documento de criterios básicos de inspección estructural, que incluye herramientas prácticas para el inspector.

Recomendaciones por parte de los profesionales consultados sobre la necesidad de crear normas complementarias al Código Sísmico de Costa Rica, la necesidad de obtener herramientas de inspección estructural, entre otras.

Se concluyó que es necesario contar con herramientas de estandarización para la inspección estructural, para mejorar los procesos de inspección e informar a los profesionales sobre los requerimientos y tolerancias permisibles durante la construcción.

Introducción

Durante el proceso constructivo de cualquier obra civil, uno de los procesos más importantes es la inspección técnica.

Estandarizar los procesos de inspección estructural de edificaciones, es un reto complejo, debido a que todos los proyectos presentan condiciones diferentes en su construcción y diseño, lo que dificulta la tarea de establecer los criterios que deben tomarse en cuenta para una inspección uniforme.

Este proyecto muestra los resultados obtenidos a través de entrevistas y encuestas a profesionales de la Ingeniería, que se dedican a la construcción, diseño e inspección de obras civiles; además de la observación, en campo, de los procesos de inspección y el estudio bibliográfico del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (CSCR 2010), normas internacionales (Código Internacional de la Construcción, especificaciones del Instituto Americano del Concreto, entre otras) y algunas otras referencias que contienen información relevante sobre el tema.

Las herramientas desarrolladas, en el presente trabajo, no pretenden reemplazar el criterio profesional; un intento de estandarizar la inspección estructural es poder observar el proceso como si se tratase de una línea de ensamble, de manera que el trabajo se pueda revisar, pero "...la línea de montaje nunca puede sustituir a la mente que la ha creado..."¹

Debido a la naturaleza de la industria de la construcción, existen muchos tipos de proyecto y entre éstos las edificaciones, las cuales pueden ser creadas en distintos tamaños y formas y es inevitable que se presenten una serie de imprevistos. La incertidumbre de poder estandarizar un proceso se vuelve un reto excepcional, pero no imposible. Es posible discretizar el proceso en una serie de pasos, generar protocolos que permitan priorizar situaciones que son comunes en una serie de elementos "tipo", dejando abierta la posibilidad de que el profesional pueda tomar la decisión y solucionar el problema. El profesional

¹ Cross, Hardy. *Engineers and Ivory towers*. p:7.

del sector construcción debe conocer y tener disponibles aquellos criterios que le permitan maniobrar durante el proceso constructivo, que le proporcione herramientas para tomar decisiones, sin poner en juego la integridad de la estructura y evitar la demolición o desmontaje de elementos, cuando no es necesario.

Algunos podrán no ver con buenos ojos la estandarización del proceso de inspección, lo cual considerarán innecesario, opinarán que para eso está el criterio y la experiencia profesional. Sin embargo, se observa de forma análoga con el CSCR 2010 (documento que estandariza el proceso de diseño), éste no pretende decir cómo debe ser completamente el diseño estructural, pero establece requisitos mínimos para una estructura de calidad, delimita algunos parámetros y exige ciertas características; éste, es un documento que requiere criterio y experiencia profesional.

Parte importante de tener herramientas que estandaricen la inspección estructural, es tener herramientas que respalden las disposiciones del CSCR 2010 en la obra, debido a que. "... un número grande de problemas estructurales en las construcciones no son atribuibles a deficiencias del diseño o de los materiales, sino principalmente, al mal desempeño de la supervisión"²

El objetivo general planteado para este proyecto fue realizar un diagnóstico de los procesos de inspección estructural, en la construcción de algunos elementos de concreto y acero estructural y diseñar herramientas para mejorar dichos procesos.

Como objetivos específicos se plantearon los siguientes:

- Investigar la necesidad en el sector sobre herramientas de estandarización del proceso de inspección.
- Identificar y analizar los procedimientos ejecutados en la práctica para la inspección, de los elementos seleccionados, de concreto reforzado y acero estructural.

² Solís Carcaño, Romél. *Ingeniería: Revista académica; La supervisión de obra*. p:55.

- Revisar las normas aplicables para utilizarlas en el desarrollo de las herramientas de inspección.
- Determinar los procesos, tareas y recursos involucrados en la inspección de los elementos seleccionados según las diferentes normativas.
- Comparar los procesos y requerimientos de las normas con los ejecutados por los profesionales.
- Diseñar herramientas que ayuden a estandarizar los procesos de inspección estructural.
- Consultar, a los profesionales de Ingeniería en Construcción y Civil, acerca de la necesidad de algunas normas complementarias al CSCR 2010.

El presente informe está compuesto de las siguientes secciones:

Marco conceptual: se explican los diferentes conceptos aplicables a los procedimientos de inspección estructural y utilizada durante el desarrollo del proyecto.

Metodología: se describe el procedimiento de investigación utilizado para la elaboración del proyecto.

Resultados: se muestran la información y los datos obtenidos durante la investigación y descripción de las herramientas generadas para los procedimientos de inspección estructural.

Análisis de resultados: se analiza la información y los datos obtenidos, durante la investigación; las características, las ventajas, las desventajas y limitantes de las herramientas generadas para los procedimientos de inspección estructural.

Conclusiones: se exponen las conclusiones a las que se llegó con respecto a la investigación elaborada y los procedimientos de inspección estructural.

Recomendaciones: se brindan recomendaciones acerca de los procesos de inspección estructural, del manejo de las herramientas de inspección y posibles normas complementarias al CSCR 2010.

Alcances y limitaciones

- El diagnóstico del procedimiento de inspección estructural actual, se basó en las opiniones de las personas que participaron en las encuestas, entrevistas y profesionales que brindaron la oportunidad de acompañarlos a realizar visitas de inspección. Por lo tanto, cualquier opinión ajena, generada por otros profesionales, podrá ser de igual forma aceptada.
- Las actividades de campo se realizaron de acuerdo con la disponibilidad de las empresas y profesionales que estuvieron dispuestos a colaborar. No fue posible realizar visitas de inspección para estructuras de acero, la información de campo obtenida, está basada en la experiencia de los profesionales consultados.
- La mayor parte del trabajo de campo se realizó por observación, anotando y fotografiando el procedimiento realizado por los inspectores. Por lo que las mediciones y procedimientos realizados fueron de acuerdo con la disposición de éstos.
- Debido a que el análisis de lo existente y propuesta de herramientas para otros materiales (madera, mampostería) requieren más tiempo y colaboración por parte de las empresas y profesionales involucrados, el proyecto se limitó al trabajo con elementos de concreto reforzado principalmente y acero estructural.
- Las normas utilizadas para efectos del diseño de herramientas, fueron el Código Sísmico de Costa Rica, aquéllas que sirvieron de referencia para la elaboración de éste y las que estas referencias recomiendan.

Marco conceptual

Conceptos

Estandarización

Es el proceso de elaborar una serie de especificaciones que permiten establecer un orden y una serie de criterios por revisar en una actividad específica, para beneficio de todos los interesados y que obedece a la necesidad de mejorar la calidad de un producto o servicio.

En una gran parte de las industrias, es posible estandarizar los procesos de forma completa, con el fin de regular la calidad de los servicios o productos.

En la industria de la construcción, por su naturaleza, no es posible determinar un protocolo específico para cada proceso; la variabilidad en las características de los proyectos, hace que éstos sean generalmente únicos y las líneas de ensamblaje no estén definidas como en una fábrica.

Sin embargo, es posible proponer un protocolo paso a paso de un procedimiento constructivo dado que hay aspectos en la construcción de los elementos que generalmente se repiten, debido a que aunque la configuración del elemento pueda variar de alguna manera, las “partes” que lo componen son iguales para cada tipo de elemento y por lo tanto, es una manera de atacar esa variabilidad, eso sí, de la mano con la experiencia y criterio de los profesionales responsables de la obra.

Calidad

La calidad es algo intangible que se basa en la percepción.¹ La calidad se define como el

¹ Besterfield, Dale. *Control de calidad*. Octava edición. p:2.

grado con el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos. El término calidad puede utilizarse acompañado de adjetivos tales como pobre, buena o excelente.² La calidad no es algo que pueda tener un significado rígido, es un término que debe tratarse con cautela y debe adaptarse al ámbito que se está trabajando.

Una inspección estructural de excelente calidad, es aquella que exige que el elemento inspeccionado, cumpla con los requisitos técnicos solicitados y que desarrollen, desde el punto de vista constructivo, los supuestos estructurales sobre los cuales ha sido diseñado.

La calidad tiene 9 dimensiones:³

- Desempeño
- Propiedades
- Conformidad
- Confiabilidad
- Durabilidad
- Servicio
- Respuesta
- Estética
- Reputación

La independencia de las dimensiones mencionadas anteriormente, permite que un producto sea excelente en una dimensión, pero malo en otra. Los productos o servicios, no deben satisfacer todas las dimensiones de la calidad, es posible definir cuáles son las que describen mejor el producto que se está calificando y controlar solamente esas dimensiones.

En cuanto a la calidad de los elementos estructurales, es importante que cumpla con al menos las siguientes dimensiones:

- Desempeño: que cumpla con el objetivo para que fue construido.
- Conformidad: que cumpla con las normas y calidad de mano de obra.
- Confiabilidad: que mantenga consistencia en su funcionamiento con el paso del tiempo.
- Durabilidad: que cumpla su vida útil, puede incluir labores de mantenimiento.
- Servicio: que los problemas que aquejen a los usuarios puedan ser solucionados fácilmente.

² (2005) *Norma internacional ISO 9000*. p:8.

³ Besterfield, Dale. *Control de calidad*. Octava edición. p:2-3

- Estética: el diseño estructural, además de ser seguro, debe apegarse a exigencias arquitectónicas.

Control de calidad

Es el conjunto de técnicas y procedimientos que permiten lograr que un producto cumpla con el estándar de calidad establecido.

El control de calidad en la construcción implica la integración de las siguientes actividades:

- Especificación de lo que se necesita.
- Construcción del elemento de manera que cumpla con la especificación.
- Inspección para determinar la conformidad con la especificación.

Buscar una mejora continua de la calidad, en los proyectos de construcción básicamente consiste en optimizar los procesos de inspección, haciendo que éstos sean más eficientes y exijan el cumplimiento de las especificaciones.

Elementos estructurales

Son aquellos miembros y componentes de una estructura, responsables de asegurar la estabilidad y firmeza ante las diferentes solicitaciones inducidas por el entorno.

Cimentación

Elemento que tiene como función transmitir las cargas que provienen de la estructura al sitio de cimentación.

Columna

Típicamente es un elemento vertical (aunque no es un requisito), cuya relación de altura y menor dimensión lateral es mayor de 3. Elemento usado para resistir, principalmente, carga axial de compresión. Transmite las cargas hacia la fundación.

Viga

Elemento que resiste primordialmente cargas de flexión, traslada las cargas del entrepiso a las columnas. Generalmente son elementos horizontales.

Entrepiso

Es el elemento estructural que separa un nivel del otro, funciona como un diafragma, en él actúan las cargas sísmicas y éste las transmite a otros elementos estructurales.

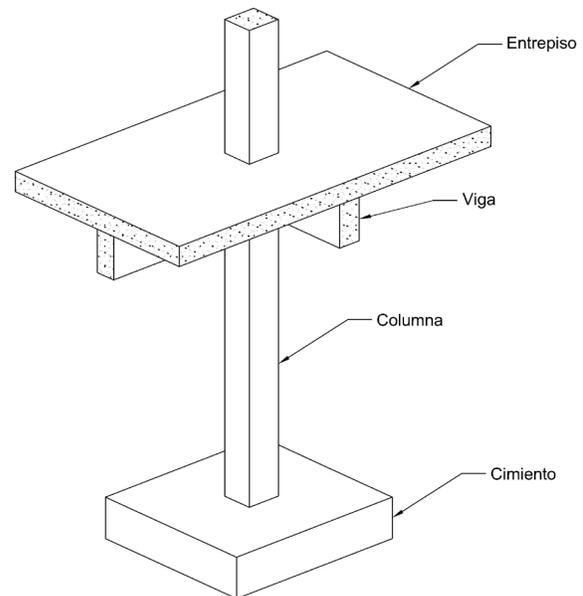


Figura 1. Representación gráfica de elementos estructurales.
Fuente: elaboración propia.

Inspección de obras

La vigilancia o atención que el profesional o grupo de profesionales suministra durante el proceso de ejecución de una obra, con el fin de que ésta se realice de conformidad con las mejores normas de trabajo, los planos de construcción, las especificaciones técnicas y demás documentos que forman parte del contrato.⁴

⁴ Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2003) *Compendio de leyes y reglamentos*. p:223.

Inspector

Profesional de Ingeniería en Construcción o Civil, con especialidad en el área por inspeccionar. En el caso específico del presente trabajo, el inspector estructural debería estar especializado en el área de estructuras, sin embargo en Costa Rica, no es una característica que éstos posean siempre.

Experiencia y criterio profesional

Experiencia

Según la Real Academia Española de la Lengua, el término experiencia se refiere a “el conocimiento adquirido por las circunstancias o situaciones vividas”⁵ Entonces, desde el punto de vista laboral, es la acumulación de conocimientos que una persona desarrolla empíricamente en el transcurso del tiempo. La experiencia depende de muchas circunstancias: de la formación académica, trabajos realizados y de las diferentes vivencias en el ámbito laboral y social.

Es común que la experiencia laboral se cuantifique en términos del periodo en que una persona ha desarrollado una actividad específica; sin embargo, la experiencia es algo intangible y no tiene comparación entre distintos individuos.

Criterio

Es una especie de condición subjetiva que permite concretar una decisión. Emitir criterio es equivalente a juzgar una situación.

El criterio profesional depende de la experiencia profesional; es decir, las vivencias que hayan tenido (dos o más profesionales) en la condición que se está juzgando, podría generar diferencias de criterio.

Algunas normativas guían, al profesional, de acuerdo con requisitos basados en experimentos de laboratorio, de manera que se pueda generar un fundamento “teórico” que paralelamente acompañe el conocimiento empírico y le permita tomar una decisión, respetando los límites que fundamentan la teoría de diseño estructural del elemento por inspeccionar.

⁵ <http://www.rae.es/>; Diccionario.

Especificaciones

Son aquellos documentos en los cuales se definen los requisitos mínimos, exigencias y procedimientos por ser empleados y aplicados en el desarrollo de los trabajos de construcción.

Medidas

La medición es el procedimiento que permite obtener la magnitud de una propiedad. Las mediciones pueden ser directas e indirectas.

Las medidas implícitamente conllevan algún tipo de error, debido a imperfecciones de los instrumentos de medición o limitaciones del individuo que realiza la medición.

Tolerancias

Es el intervalo en que debe encontrarse una medida, para cumplir las especificaciones.

Es frecuente que se suponga equivocadamente que las tolerancias deben aplicarse a las maestras, encofrados y guías de construcción, pero en realidad las tolerancias permisibles aplican para el producto final; es decir, el elemento terminado debe cumplir con las tolerancias especificadas.

El inspector debe verificar que todos los elementos se encuentren tal y como se especifica en planos, para evitar que el producto final, sobrepase las tolerancias especificadas y por lo tanto, haya una reducción en la calidad estructural del elemento.

Planos

Confecionar un juego de planos es dibujar, sistemáticamente en un papel, algo que no existe, que está en la cabeza de una persona. Sin embargo, deben generarse, debido a que los planos deben interpretarse para construir la obra, deben ser claros y concisos y obedecer a la conceptualización estructural que se espera y permitir que el constructor pueda interpretar la configuración y diseñar la secuencia de ensamblaje de los elementos que componen la estructura, de

forma que cumpla con los requerimientos para los que fue diseñada.

Investigación cualitativa

La metodología cualitativa se caracteriza por la flexibilidad de propuestas de análisis en la forma que avanza el proceso de investigación, ante lo cual se debe tomar conciencia de la sistematización de los procesos y el rigor metodológico de que los datos son fiables y válidos para los intereses de la investigación.⁶

Técnicas cualitativas de investigación

Las técnicas son procedimientos que tienen como objetivo obtener un resultado determinado.

En el ámbito de la investigación, se refiere a procedimientos para la obtención, organización y análisis de la información.

Observación

Observar es un proceso que requiere atención voluntaria e inteligente, orientada por un objeto con el fin de obtener información⁷

La observación, se puede clasificar según el grado de participación del observador en:⁸

- Observación externa: es aquella en la que el observador no pertenece al grupo que se estudia. La observación externa se subdivide a su vez en:
 - Directa: comprende todas las formas de investigación en campo, en contacto directo con la realidad.
 - Indirecta: se basa en datos estadísticos, el investigador no participa en la obtención de éstos.

6 García Llamas. (2003). *Métodos de investigación en educación*. Volumen II.

7 De Ketele. (1984). *Observar para educar*. p:24.

8 Pérez Serrano. *Investigación cualitativa: Retos e interrogantes*. p: 10-11.

- Observación interna: el observador participa en la vida del grupo que estudia, establece un estrecho contacto con ellos, su presencia no perturba el curso natural de los acontecimientos. El investigador participa en los distintos actos y sitios de reunión exclusivos del núcleo.

Entrevistas

Es un proceso de comunicación que se realiza normalmente entre dos o más personas. El investigador obtiene la información del entrevistado de forma directa.

La entrevista no se considera una conversación normal, sino una conversación formal, con la intención de llevar implícitos los objetivos de la investigación. Las entrevistas se pueden clasificar de diversas formas, según su estructura se pueden clasificar en:

- Estructuradas: el investigador predetermina las preguntas mediante un guion preestablecido, limitando las posibilidades del entrevistado de salirse de éste.
- Semiestructuradas: se determina de antemano la información que se considera relevante obtener durante la entrevista, se hacen preguntas abiertas, permitiendo entrelazar temas. El entrevistador puede omitir algunos temas según su criterio.
- No estructuradas: el investigador no planea un guion previamente, la entrevista se va construyendo a medida que avanza y de acuerdo con las respuestas que se presentan. El entrevistado puede sentirse con libertad de tratar el tema desde su propio punto de vista⁹, por lo que el investigador debe informarse bien sobre el tema que está investigando, antes de realizar la entrevista, para evitar perder de vista el objetivo planeado.

Encuesta

Es la técnica de investigación con la cual el encuestador busca recopilar datos por medio de un formulario de preguntas previamente diseñado, sin controlar el proceso que está estudiando.

Prácticamente todo fenómeno social

9 Morga Rodríguez, Luis E. *Teoría y técnica de la entrevista*. p:15.

puede ser estudiado a través de las encuestas, por cuatro razones:¹⁰

1. Es una de las escasas técnicas para el estudio de actitudes, valores, creencias y motivos.
2. Se adaptan a todo tipo de información y a cualquier población.
3. Permiten recuperar información sobre sucesos acontecidos a los entrevistados.
4. Permiten estandarizar los datos para un análisis posterior.

Las encuestas se pueden clasificar, según sus objetivos, en:¹¹

- Encuestas descriptivas: son aquéllas que buscan describir la situación en la que se encuentra una determinada población en el momento que se realiza la encuesta.
- Encuestas analíticas: buscan explicar el porqué de cada situación.

Las encuestas se clasifican, en cuanto al tipo de pregunta que las constituyen, en:¹²:

- Encuestas de respuesta abierta: le permiten al encuestado tener mayor libertad y posibilita la adquisición de respuestas más profundas. Permite adquirir respuestas que no habían sido tomadas en cuenta en el momento de la realización del formulario.
- Encuestas de respuesta cerrada: los encuestados deben elegir entre las opciones proporcionadas como respuesta a la pregunta planteada. Permiten obtener resultados más fáciles de cuantificar. El principal problema de estas encuestas es que pueden limitar la respuesta que el encuestado quiera dar.

Diagrama de Ishikawa

Es una técnica que consiste en construir un diagrama para la identificación y análisis de las causas y efectos de un problema, incorporando la opinión de un grupo de personas relacionadas, directa o indirectamente, con el mismo.

El diagrama de Ishikawa no es una herramienta que proporcione la solución

¹⁰Consejería del medio ambiente, Gobierno de Cantabria. (2009) *Manual para la elaboración de encuestas: Diseño, ejecución y tratamiento de datos*.p:6.

¹¹Johnson, R. & Kuby, Patricia. (2005). *Estadística elemental, lo esencial*.

¹²Consejería del medio ambiente, Gobierno de Cantabria. (2009) *Manual para la elaboración de encuestas: Diseño, ejecución y tratamiento de datos*. p:35.

al problema que se está estudiando, es un instrumento que permite explicar sus causas y permite al investigador ampliar su perspectiva acerca del problema y proponer una solución a éste.

Es común que se le designe por el nombre de diagrama de la espina de pescado y es de aplicación en todas aquellas situaciones en las que es necesario buscar y/o estructurar relaciones lógicas de causa y efecto.¹³

Diagrama de flujo

Es un tipo de esquema que permite ver cómo se desarrolla, paso a paso, un proceso en forma gráfica e identificar los puntos de toma de decisiones.

Es de aplicación en todos aquellos estudios en los que un grupo de trabajo necesita comprender el funcionamiento de un determinado proceso, en el cual se requiere realizar un análisis sistemático del mismo.¹⁴

Listas de verificación

Son herramientas, generalmente específicas, que permiten verificar que los pasos de un determinado proceso o elemento, hayan sido concretados.

Su utilización será beneficiosa para mejorar la calidad de los procesos. Se recomienda como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión de calidad.¹⁵

¹³Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad . *Diagrama de causa y efecto*. p:1.

¹⁴Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad. *Diagrama de flujo*. p:1.

¹⁵Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad. *Hojas de comprobación y hojas de recogida de datos*. p:1.

Metodología

Durante el desarrollo del proyecto, se realizaron diferentes actividades y se aplicaron algunas de las técnicas disponibles para la obtención de información.

Las actividades que se desarrollaron son las siguientes:

Investigación bibliográfica

Se realizó una revisión de libros, revistas y otras fuentes de información, con el fin de ampliar el conocimiento acerca del proceso de inspección estructural y de técnicas de investigación.

Entre los materiales consultados se encuentran:

- Manuales del Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto (ICCYC).
- Documentos de la Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad.
- El libro “Estadística elemental, lo esencial” de los autores Johnson, R. & Kuby, P.
- El documento “Investigación cualitativa, Retos e Interrogantes”, del autor Pérez Serrano, G.
- Entre otros.

Estudio de normas

Se realizó con el fin de determinar los lineamientos aplicables al procedimiento de inspección estructural.

Entre las normas consultadas se encuentran:

- Código Sísmico de Costa Rica 2010.
- Código de Cimentaciones de Costa Rica 2009.
- Normas del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.
- Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI 318-08.
- Especificación para construcciones de acero ANSI/AISC 360-10.
- Normas de la Sociedad Americana para pruebas en materiales.
- Entre otras.

Práctica en empresa Consultora

Se asistió en condición de practicante a una empresa de Consultoría en el área de Diseño Estructural con el fin de experimentar, como trabajador, las condiciones en las que se realizan las inspecciones estructurales.

Encuestas

Se coordinó con el Ingeniero Danilo Hernández (Presidente de la Asociación Costarricense de Ingeniería Estructural y Sísmica, ACIES) y el Ingeniero Rommel Cuevas (Miembro de la junta directiva de la Asociación Costarricense de Ingenieros en Construcción, ACIC), la distribución de un formulario electrónico, con el fin de recopilar la opinión de los profesionales que pertenecen a dichas asociaciones.

Se implementó una encuesta de opinión acerca del proceso de inspección estructural, ésta fue de tipo descriptiva, en la cual se utilizaron preguntas cerradas y abiertas, con el fin de obtener la perspectiva de los encuestados y no limitar sus respuestas cuando era necesaria obtener una perspectiva más amplia de la situación.

Se obtuvo, a la encuesta electrónica, por parte de 44 profesionales de la Ingeniería, de los cuales 10 se dedican a la construcción de obras y 34 al diseño e inspección estructural.

Se considera que el proceso de inspección estructural debe ser realizado por profesionales especializados en el área de diseño estructural; sin embargo se buscó la opinión de profesionales de la construcción, con el objetivo de obtener ambas perspectivas, ya que éstos son los encargados de supervisar los trabajos previo a la revisión por parte del inspector.

Visitas de inspección

Se realizaron visitas en conjunto con distintos

profesionales, encargados de tareas de inspección estructural a 5 edificaciones, para observar el procedimiento de inspección utilizado; además, algunas visitas sin la compañía de inspectores, para realizar mediciones y observar el proceso constructivo, en su ausencia.

Las visitas se realizaron después de realizar la investigación bibliográfica, el estudio de las normas y desarrollo de las encuestas, tal como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 2, con el objetivo de tener una perspectiva teórico-práctica de los procesos de inspección estructural.

Entrevistas

Se utilizó el modelo de entrevista para recopilar información de una forma más personalizada con

La figura 2 muestra un diagrama de flujo con la secuencia de actividades realizadas para el desarrollo del proyecto.

distintos profesionales, encargados de construir o inspeccionar obras.

Se entrevistaron 2 profesionales de la construcción y 4 profesionales encargados del diseño e inspección estructural de edificaciones.

La información recolectada, se utilizó para realizar el diagnóstico de los procesos de inspección estructural, ejecutados por los profesionales consultados y observados, además del diseño de las herramientas de inspección.

La entrevista fue el último recurso que se empleó, debido a que se utilizó como herramienta para validar información recopilada durante las actividades previas, evacuar algunas dudas y profundizar en aquellos temas en los cuales con anterioridad no había sido posible.



Figura 2. Esquema de actividades realizadas para recopilar información.

Fuente: elaboración propia

Resultados

La información, que se muestra a continuación, ha sido el resultado de 44 encuestas y 6 entrevistas a distintos profesionales de Ingeniería, tanto con experiencia en inspección y diseño estructural como en construcción, además de visitas de inspección estructural a 5 edificaciones.

El formato de las encuestas y entrevistas, se encuentra en la sección de apéndices del presente documento.

Responsabilidades del Inspector Estructural

Como resultado del diagnóstico se obtuvo que una de las responsabilidades más importantes del inspector estructural, es verificar que se cumpla con lo establecido en los planos y especificaciones estructurales del proyecto y que se respeten los códigos y normas de diseño que están vigentes.

Adicionalmente, según el diagnóstico, también es responsabilidad del inspector:

- Verificar que no hayan incongruencias entre los planos de distintas especialidades que intervienen en el proceso constructivo.
- Velar para que se construya la obra de acuerdo con buenas prácticas constructivas¹, al menor costo posible y en el menor tiempo.
- Revisar que el método constructivo sea el adecuado.
- Verificar la calidad de los materiales.
- Documentar el proceso constructivo para actualizar los planos estructurales.
- Generar o gestionar detalles constructivos ausentes en planos.
- Rechazar aquellas actividades que no cumplen con lo especificado en los documentos

¹ "...me refiero a buenas prácticas constructivas, cuando observo a un grupo de constructores que realiza cada una de las etapas según lo especificado, que no dependen de la siguiente etapa para ocultar un mal trabajo..." Entrevistado dedicado al diseño e inspección.

contractuales, normas, especificaciones y que pueden vulnerar la integridad estructural de la edificación.

- Hacer anotaciones en el cuaderno de bitácora. No es responsabilidad del inspector estructural resolver los imprevistos.

Necesidad de herramientas de estandarización

Ante la pregunta: ¿Hacen falta herramientas que ayuden al inspector a estandarizar el proceso de inspección?, la respuesta de los profesionales consultados se muestra en la figura 3. Las respuestas han sido organizadas de manera que se muestre separada la opinión de los profesionales de la construcción y la de los profesionales que se dedican al diseño e inspección estructural, además se muestra el resultado acumulado de la opinión de éstos.

Procedimiento de inspección

Según los resultados de la consulta realizada a los profesionales y la observación en campo, durante las visitas de inspección, los inspectores realizan los siguientes procedimientos de inspección estructural.

Inspección periódica

Es el procedimiento de inspección que se muestra en la figura 4 y el inspector estructural lo coordina de forma anticipada con los profesionales de la construcción, en la cual se establece una especie de rutina de inspección.

Algunos profesionales la llaman inspección rutinaria.

La figura 3 muestra la respuesta de los profesionales encuestados y entrevistados ante la consulta de si consideran necesario que existan herramientas que estandaricen los procesos de inspección estructural.

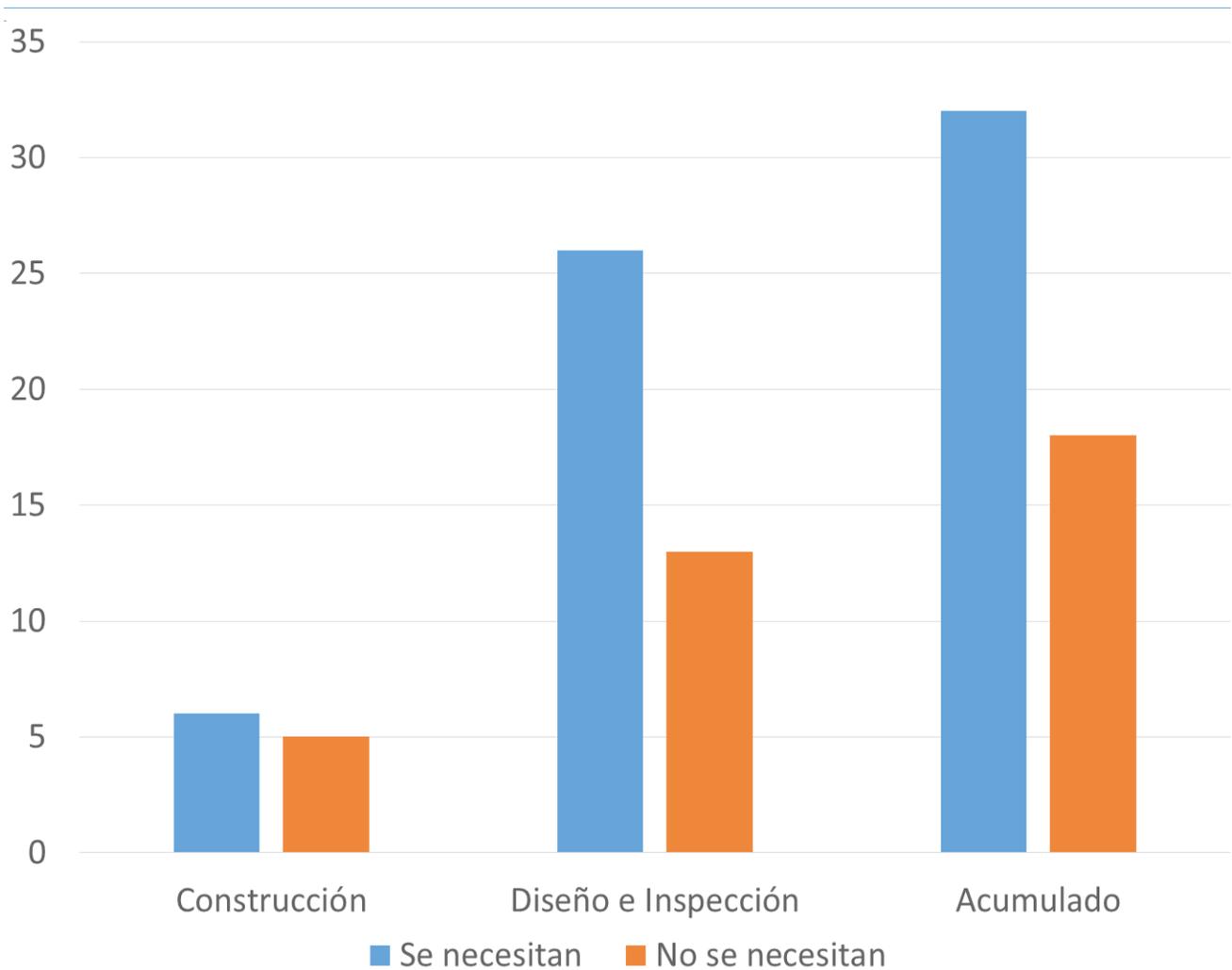


Figura 3. Necesidad de herramientas de estandarización.
Fuente: elaboración propia.

Inspección de taller

En aquellos casos en los cuales se prefabrican elementos en taller. El inspector puede requerir que un especialista o técnico de algún área específica, le acompañe al taller, con el objetivo de realizar ensayos de verificación que requieren mano de obra especializada.

Inspección de aprobación

Visitas de carácter especial, en las que el inspector estructural debe dar aprobación, para que los constructores puedan continuar con su trabajo.

Otras inspecciones

Cuando, los profesionales, no pueden visitar la construcción en el momento que deben hacerlo y necesitan revisar elementos que han quedado ocultos, utilizan alguna de las siguientes alternativas:

- Revisar mediante fotografías tomadas por el personal de la construcción.

- Revisar mediante el uso de equipos y pruebas especiales tales como el pachómetro, esclerómetro, pruebas de compresión de núcleos, entre otros.
- Confiar en el trabajo realizado por el constructor.
- Demoler, aunque económicamente no es factible.

La figura 4 muestra el procedimiento de inspección periódica que se estableció mediante la observación en campo y la respuesta de los profesionales ante la consulta realizada.

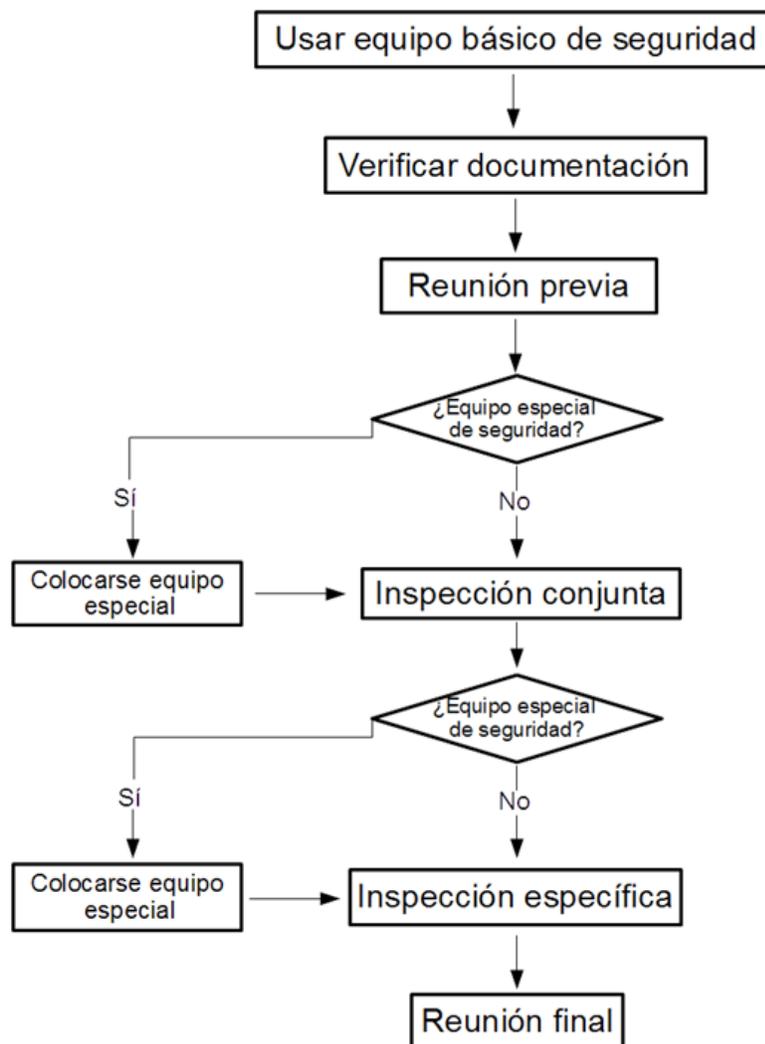


Figura 4. Diagrama de inspección periódica.
Fuente: elaboración propia.

Normativa aplicable

En Costa Rica no existen normas para estandarizar el proceso de inspección estructural. El Código Sísmico de Costa Rica, hace referencia a los tipos de materiales permisibles, aspectos básicos de inspección estructural de acero estructural y las especificaciones que deben cumplir para obtener un desempeño sismorresistente adecuado.

Se determinó que para la inspección estructural de elementos de concreto reforzado y acero estructural, las siguientes son las normas que aplican:

- Código sísmico de Costa Rica (CSCR).
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR).
- Normas de la Sociedad Americana para pruebas en Materiales (ASTM).
- Normas INTE del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO).
- Código Internacional de la Construcción (IBC)
- Especificaciones del Instituto Americano del Concreto (ACI).
- Especificaciones Instituto Americano de la Construcción de acero (AISC).
- Especificaciones de la Sociedad Americana de la Soldadura (AWS).
- Reglamentos técnicos de materiales del Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC).

Normas para planos estructurales

En Costa Rica, no hay normas que establezcan los requisitos que debe cumplir un plano estructural y el tipo de detalles que deben agregarse. Los planos dependen del proyecto, sin embargo, es posible establecer condiciones mínimas para los planos estructurales, de la misma manera que se hace con el proceso de diseño.

Existen algunas publicaciones internacionales que pretenden homogenizar algunos aspectos del detallado en los planos, entre ellas se pueden mencionar:

- La especificación del Instituto Americano del Concreto: “Details and Detailing of Concrete Reinforcement (ACI 315)”.
- El manual del Instituto Americano de

Construcción en Acero: “Detailing for Steel Construction”.

- El manual del Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile: “Manual de detallamiento para elementos de Hormigón armado”.
- La especificación de la Comisión de Normas Técnicas de la República de Venezuela: “Instrucciones para la Elaboración de Planos para Edificios”.

Recursos de Inspección

Se determinaron los recursos que necesita el profesional para complementar las labores de inspección, consultando a los profesionales entrevistados y encuestados.

Equipo de protección personal

Se determinó además, que el equipo mínimo de seguridad que debe tener disponible el inspector es el siguiente:

- Casco.
- Chaleco reflectivo.
- Zapatos de seguridad.
- Anteojos de seguridad.
- Arnés de seguridad.

El equipo de seguridad debe estar homologado. En Costa Rica no se efectúan pruebas de homologación, por lo que se recomienda adquirir equipo que cumpla con las normas estipuladas por instituciones tales como el Instituto Nacional de Normas Americanas (ANSI) y la Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo (OSHA) de los Estados Unidos de América, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (INCOTEC) y algunas otras organizaciones públicas o privadas de prestigio internacional. Puede tomar como punto de partida las normas del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), el cual posee algunas normas respecto al equipo de protección personal.¹

¹ Instituto Nacional de Seguros. *Equipo de protección personal*. p:8.

Implementos y documentos

La figura 5, muestra la respuesta de los profesionales ante la pregunta: ¿Qué documentos debe llevar el inspector a la obra para realizar la inspección estructural?

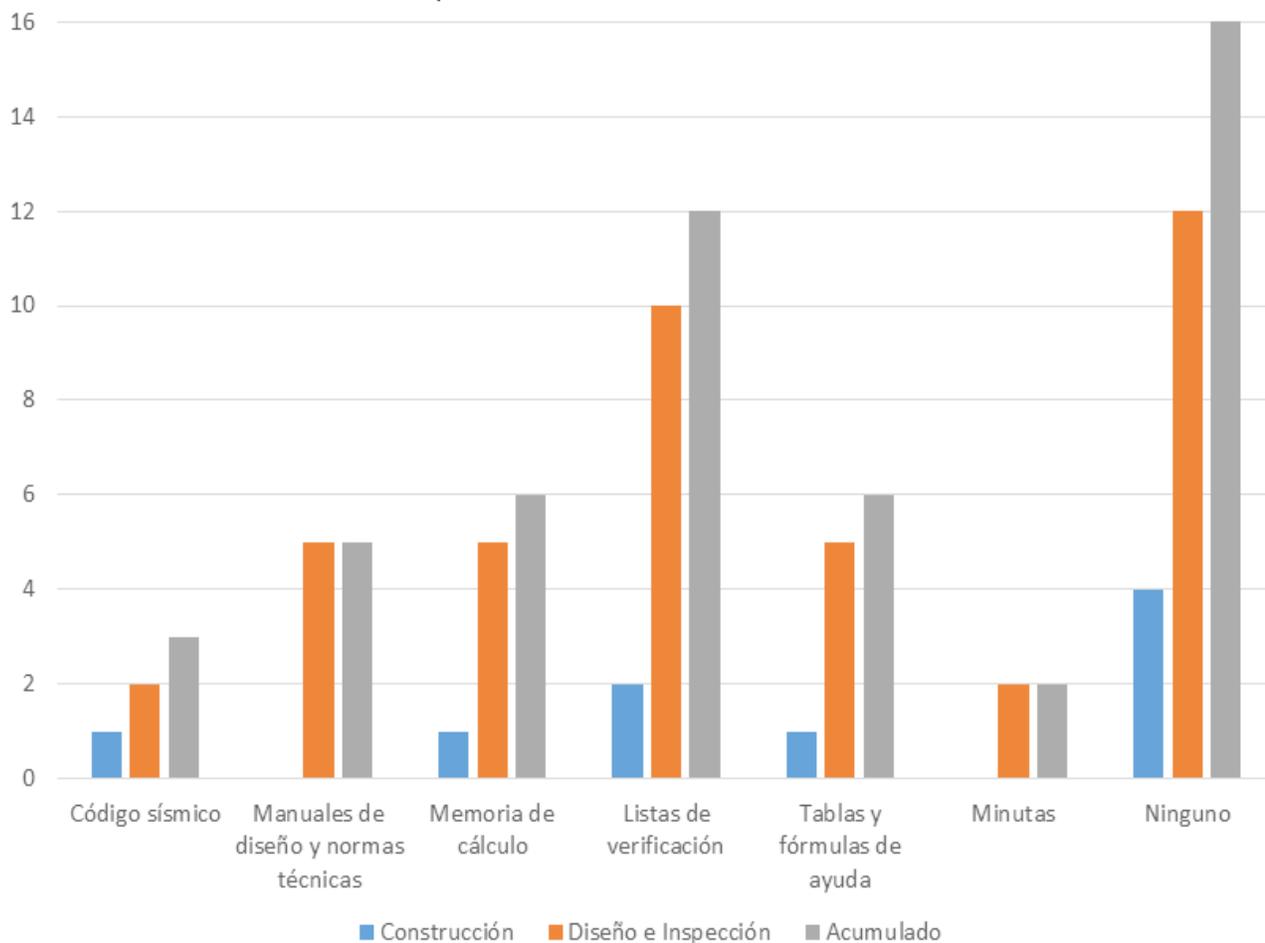


Figura 5. Documentos complementarios de inspección.

Fuente: elaboración propia

Para determinar los implementos y documentos que se requieren para complementar el proceso de inspección, se consultó a los profesionales mediante las siguientes preguntas:

- ¿Qué accesorios debe llevar el inspector a la obra para realizar la inspección estructural?
- ¿Qué documentos debe llevar el inspector a la obra para realizar la inspección estructural?

El equipo que se necesita utilizar para el registro de la información y solución de imprevistos es el siguiente:

- Lapicero, libreta y/o tableta electrónica.
- Listas de verificación.
- Computadora portátil, tableta electrónica y/o libreta de apuntes.
- Cámara fotográfica.
- Calculadora científica.
- Dispositivo de posicionamiento global (GPS).
- Herramientas de demarcación (tizas, pintura, crayones, etc.).

Los profesionales consultados recomiendan que, para efectos de medición y comprobación, el siguiente equipo podría ser de gran utilidad:

- Cinta métrica y/o distanciómetro láser.
- Plomada de cuerda: para verificar el plomo.
- Nivel de gota: para corroborar niveles.
- Nivel láser (ver ejemplo en la figura 6)
- Galgas y calibradores para mediciones en soldadura: para corroborar las dimensiones especificadas de soldaduras (ver ejemplo en la figura 7).
- Vernier, calibrador o pie de rey (ver ejemplo en la figura 8).
- Regla para espesor de grietas: para aproximar el espesor de las grietas (ver ejemplo en la figura 9).
- Clinómetro: dispositivo para medir niveles y pendientes (ver ejemplo en la figura 10).

Ensayos in situ

Se consultó a los profesionales: ¿Qué pruebas de laboratorio solicita el inspector estructural? mediante la encuesta y entrevistas, por lo que las pruebas recomendadas por los inspectores son las siguientes:

- Prueba de veleta.
- Penetrómetro dinámico.
- Prueba del cono de arena.
- Prueba del densímetro nuclear.
- Medidor de recubrimientos de pintura.
- Esclerómetro.
- Ultrasonido.
- Pachómetro.
- Prueba de revenimiento o Cono de Abrams.
- Resistencia de cilindros.
- Extracción de núcleos.

A continuación, en las figuras de la 6 a la 10, se muestran ejemplos de los equipos de medición y/o comprobación recomendados por los profesionales consultados.



Figura 6. Nivel láser en cruz.
Fuente: (Makita, 2014)

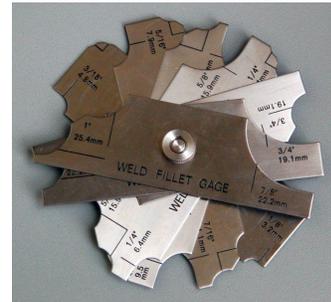


Figura 7. Galgas para medición de soldaduras.
Fuente: (Todo Medición)

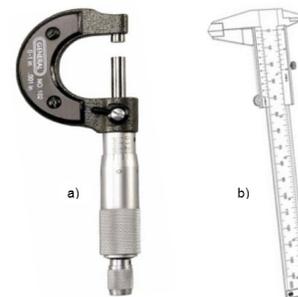


Figura 8. Vernier o pie de rey.
Fuente: (KGB, 2014; General Tools, 2014)



Figura 9. Regla para espesor de grietas.
Fuente: (Elcometer, 2014)



Figura 10. Clinómetro.
Fuente: (Makita, 2014)

Visitas de inspección

Durante el desarrollo del proyecto, tanto en el proceso de práctica con la empresa consultora, como en las visitas organizadas con profesionales de otras empresas y consultores independientes, se pudieron observar distintos procesos constructivos y realizados por diferentes empresas constructoras.

A continuación se presenta un extracto de lo observado y que se considera relevante para el diagnóstico de procesos de inspección estructural.

Proyectos visitados

A continuación se realiza una breve descripción de los proyectos que se visitaron durante las visitas realizadas en conjunto con profesionales encargados de la inspección estructural.

- Edificio del proyecto City Place: ubicado en el cantón de Santa Ana, forma parte de un proyecto de uso mixto.
- Edificio F-32: ubicado en la zona franca de nombre American Free Zone, en la provincia de Heredia, es un edificio de 6 niveles. Previsto para servicios complementarios de la zona franca.
- Edificio Sabana Business Center Hilton Garden-Inn: ubicado sobre el boulevard de Rohrmoser en Sabana Norte. Es un edificio de 22 niveles y 3 sótanos, que incluye espacios para parqueos, oficinas y hotel.
- Edificio de Escuela de Ingeniería Agrícola: ubicado en el Tecnológico de Costa Rica, en la Sede central, en Cartago. Edificio de un nivel de cubículos para oficinas de profesores y un semisótano previsto para bodega de almacenamiento.
- Edificio de aulas: ubicado en el Tecnológico de Costa Rica, en la Sede central, en Cartago. Edificio de 4 niveles.

Registro fotográfico

A continuación se muestran fotografías que representan parte de las actividades observadas durante las visitas de inspección.

La fotografía 1 muestra el sitio de almacenamiento del acero de refuerzo y de las armaduras que han sido confeccionadas.



Fotografía 1. Zona de almacenamiento del acero de refuerzo.

El proceso de prefabricación de vigas de concreto reforzado, en sitio, se muestra en las fotografías 2 y 3.



Fotografía 2. Viga de concreto reforzado, prefabricada en sitio.



Fotografía 3. Llaves de cortante en viga prefabricada en sitio.

La fotografía 4 muestra el procedimiento de verificación de la longitud de empalme por traslape para el refuerzo vertical de un muro.



Fotografía 4. Verificación de empalme por traslape en muro de concreto reforzado.

En las fotografías 5 y 6, se muestra la disposición del acero en una losa y la suciedad en la superficie del encofrado en la tarde previa al colado de ésta.

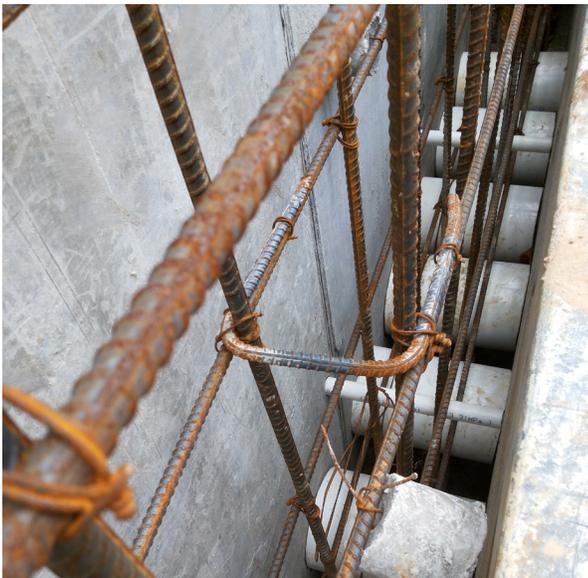


Fotografía 5. Densidad del refuerzo y suciedad en la superficie del encofrado.



Fotografía 6. Helados para el soporte de la malla inferior de la losa y suciedad en la superficie del encofrado.

Generalmente es necesario colocar componentes del sistema electromecánico embebidos en el concreto, lo que puede generar la necesidad de desplazar gran cantidad de concreto estructural o desplazar el acero de refuerzo del elemento,. Las fotografías 7 y 8 muestran los ejemplos correspondientes.



Fotografía 7. Pasantes embebidos en la base del muro.



Fotografía 8. Reubicación de aros para colocar elementos embebidos.

Las fotografías 9 y 10 muestran una columna de concreto, con una alta densidad de acero de refuerzo, tanto longitudinal como transversal, mientras que la fotografía 11 muestra las posibles repercusiones de combinar esas grandes cantidades de acero, con deficiencias en el proceso de colado de concreto.



Fotografía 9. Densidad del refuerzo en columnas de concreto y nivel de oxidación del refuerzo.



Fotografía 10. Espaciamiento entre los aros de una columna y el nivel de oxidación del refuerzo.



Fotografía 11. Proceso de reparación de hormigueros en columnas.

En proyectos de gran envergadura, se subcontrata el proceso de elaboración de armaduras de refuerzo. Las empresas especializadas en armaduras, utilizan equipos que permiten doblar barras de gran diámetro y cumpliendo con las especificaciones de doblado que indican los códigos. La fotografía 12 muestra una dobladora.



Fotografía 12. Máquina dobladora para acero de refuerzo.

La figura 13 muestra la configuración del apuntalamiento de una losa postensada.



Fotografía 13. Apuntalamiento de entepiso postensado.

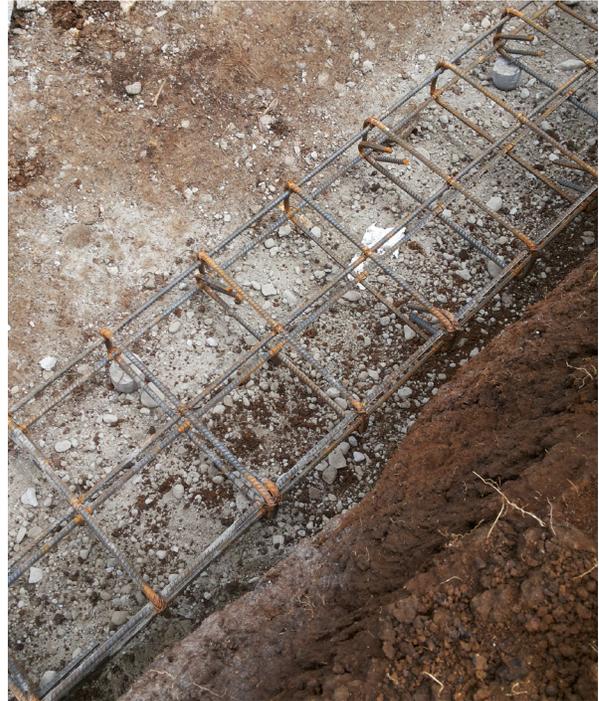
Las pruebas de resistencia de cilindros de concreto son el parámetro más común para verificar la resistencia especificada del concreto. Adicionalmente se realizan pruebas de revenimiento, para verificar la trabajabilidad del concreto y de cierta manera, verificar la relación agua-cemento de la mezcla. La fotografía 14 muestra la prueba de revenimiento y la 15 el proceso de moldeo de cilindros de concreto.



Fotografía 14. Prueba de revenimiento.



Fotografía 15. Muestreo de cilindros de concreto.



Fotografía 17. Material depositado en la zanja de fundación.

Las fotografías 16, 17 y 18, muestran errores constructivos observados en la cimentación de una de las edificaciones.

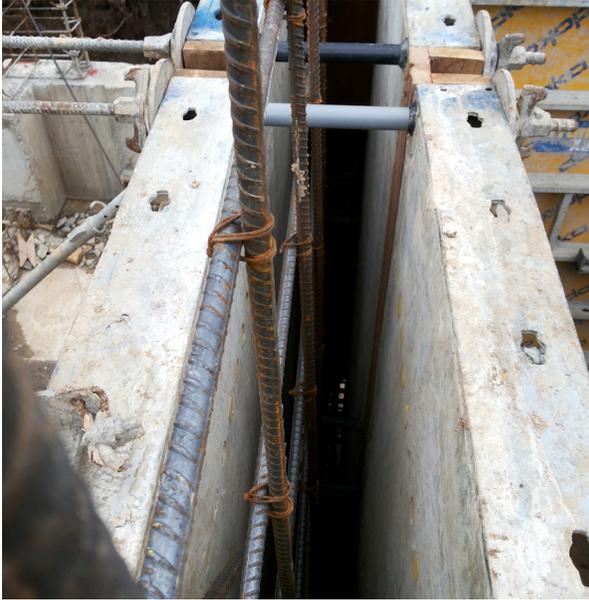


Fotografía 16. Refuerzo de previstas desalineado.



Fotografía 18. El 100% de empalmes por traslapeo en la misma sección.

Las fotografías 19, 20 y 21, muestran errores en la colocación del refuerzo.



Fotografía 19. Refuerzo de muro recostado en la formaleta.

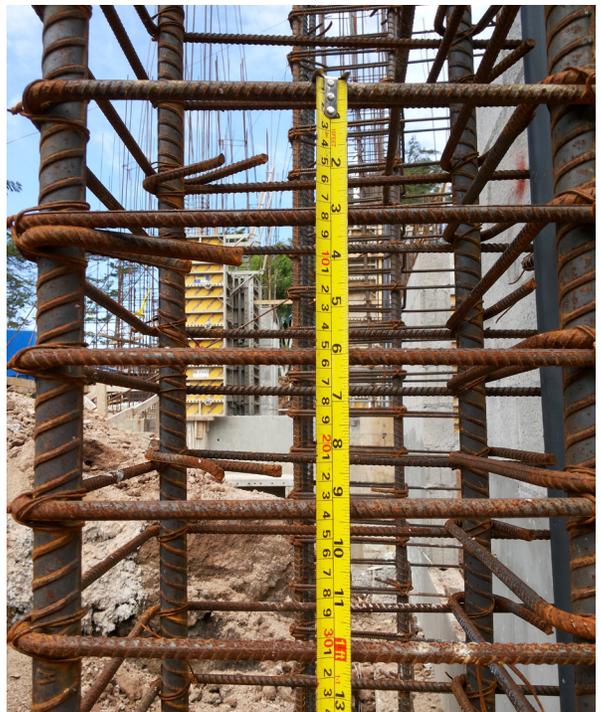


Fotografía 21. Recubrimiento excesivo por colocación incorrecta del refuerzo.

La fotografía 22 muestra el proceso de verificación del espaciamiento del refuerzo transversal de una columna.



Fotografía 20. Refuerzo de cimentación mal amarrado y con libertad de movimiento.



Fotografía 22. Verificación del espaciamiento entre aros de columna.

El refuerzo debe estar limpio, libre de sustancias que limiten la adherencia acero-concreto. Las fotografías 23, 24 y 25, muestran acero sucio, oxidado y/o manchado con pintura.



Fotografía 23. Refuerzo con residuos de concreto.



Fotografía 25. Nivel de oxidación y residuos de concreto en el refuerzo.



Fotografía 24. Refuerzo manchado con pintura.



Fotografía 26. Corte de chorrea sucio.

Cuando se realizan procesos de curado inefficientes, el concreto tiende a sufrir grandes agrietamientos por contracción. Las fotografías 27 y 28 muestran el agrietamiento en la losa y las deficiencias en el curado de ésta, respectivamente.



Fotografía 27. Grietas en el entrepiso.



Fotografía 28. Proceso deficiente de curado del entrepiso.

Problemas durante la construcción

Se consultó a los inspectores, cuáles son las causas que generan más problemas durante el proceso constructivo, con el objetivo de hacer énfasis en los factores que deben ser controlados durante el proceso de inspección, para mejorar la calidad de la obra. Se elaboró una representación gráfica de dichas causas mediante un diagrama de Ishikawa, el cual se muestra en la figura 11.

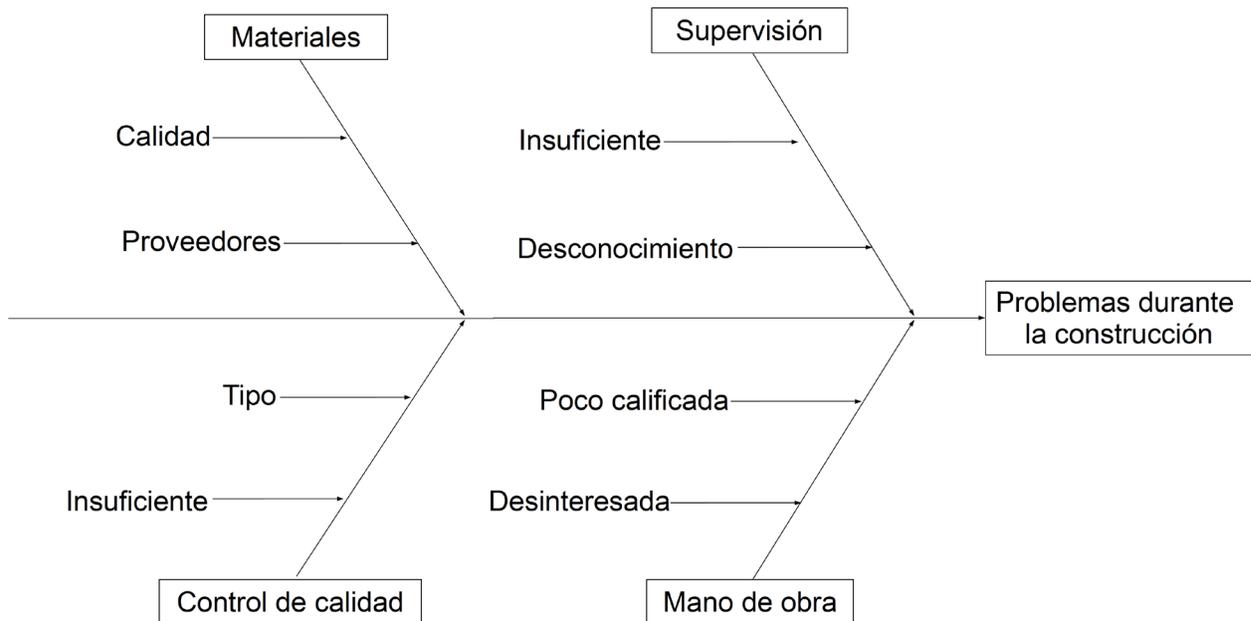


Figura 11. Diagrama de causa y efecto sobre los problemas durante el proceso constructivo.

Fuente: elaboración propia.

Posibles normas complementarias al CSCR

La figura 12, muestra el resultado de la respuesta de los profesionales consultados a la pregunta: ¿Deberían regularse aspectos de inspección estructural?

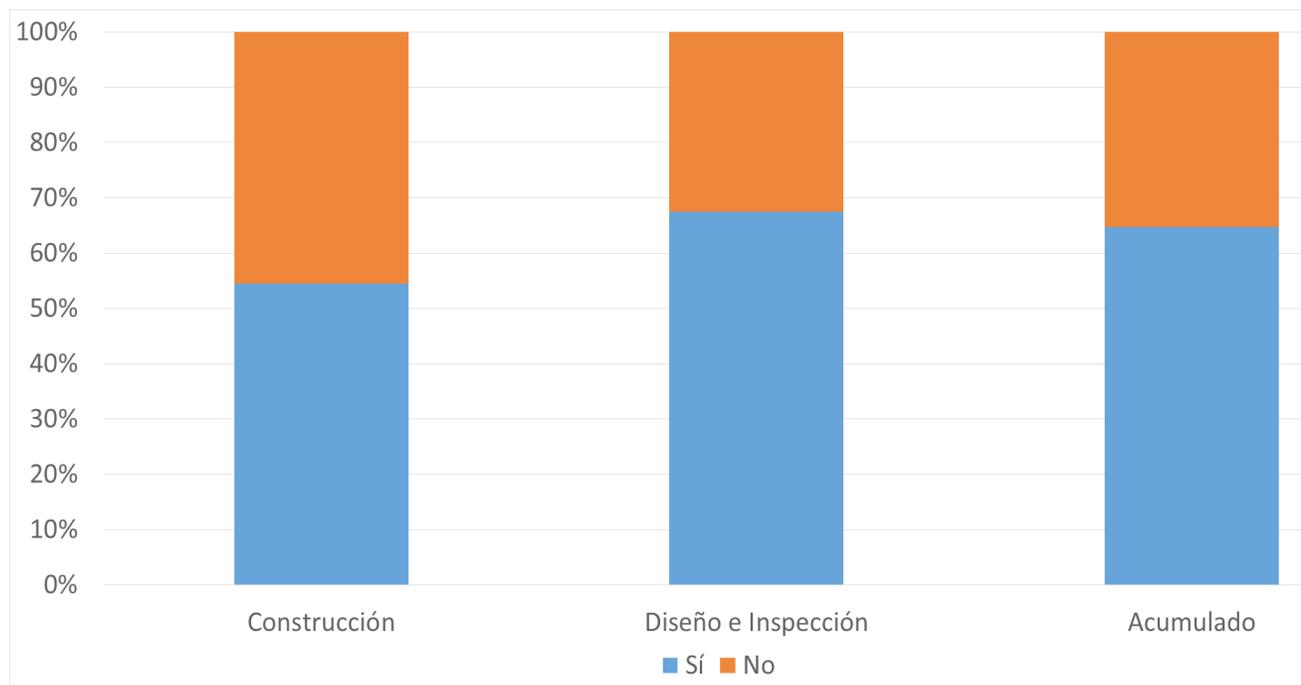


Figura 12. Respuesta sobre regulación en materia de inspección estructural.
Fuente; elaboración propia.

A los encuestados y entrevistados se les realizó la siguiente pregunta: ¿Considera necesario crear normas complementarias al CSCR?, ¿Cuáles?

La respuesta de los profesionales indicó que solamente un 20% de éstos considera necesario un documento adicional al de la figura 12. Las sugerencias que consideran, se deberían implementar en paralelo al CSCR son las siguientes:

- Documento con detalles gráficos que acompañen el texto del CSCR y que ayuden a los constructores a entender algunos conceptos.
- Especificaciones para diseño de elementos de concreto pretensados y postensados.
- Especificaciones para diseño de losas de

- pisos industriales.
- Guía de interpretación de cada uno de los capítulos del CSCR.
- Guía para el manejo de bitácora.

Documento “Criterios básicos de inspección estructural”

El documento “Criterios básicos de inspección estructural”, en adelante “el documento”, fue diseñado y pretende estandarizar los criterios de inspección utilizados por los inspectores.

El documento reúne, en forma de manual, los criterios técnicos establecidos en las distintas

normas consultadas, con el fin de permitir a los inspectores estructurales consultar información sobre los materiales, tolerancias dimensionales e información relevante para la inspección estructural, acompañada de figuras que faciliten su comprensión. El manual tiene algunos apéndices de uso práctico, como listas de verificación y tablas de resumen de los diferentes criterios, con el fin de que sean utilizados por los inspectores en el campo y le sirvan para consultar las dudas rápidamente.

Las figuras 13, muestra la portada del documento, mientras que la figura 14 muestra el índice de contenido del mismo.

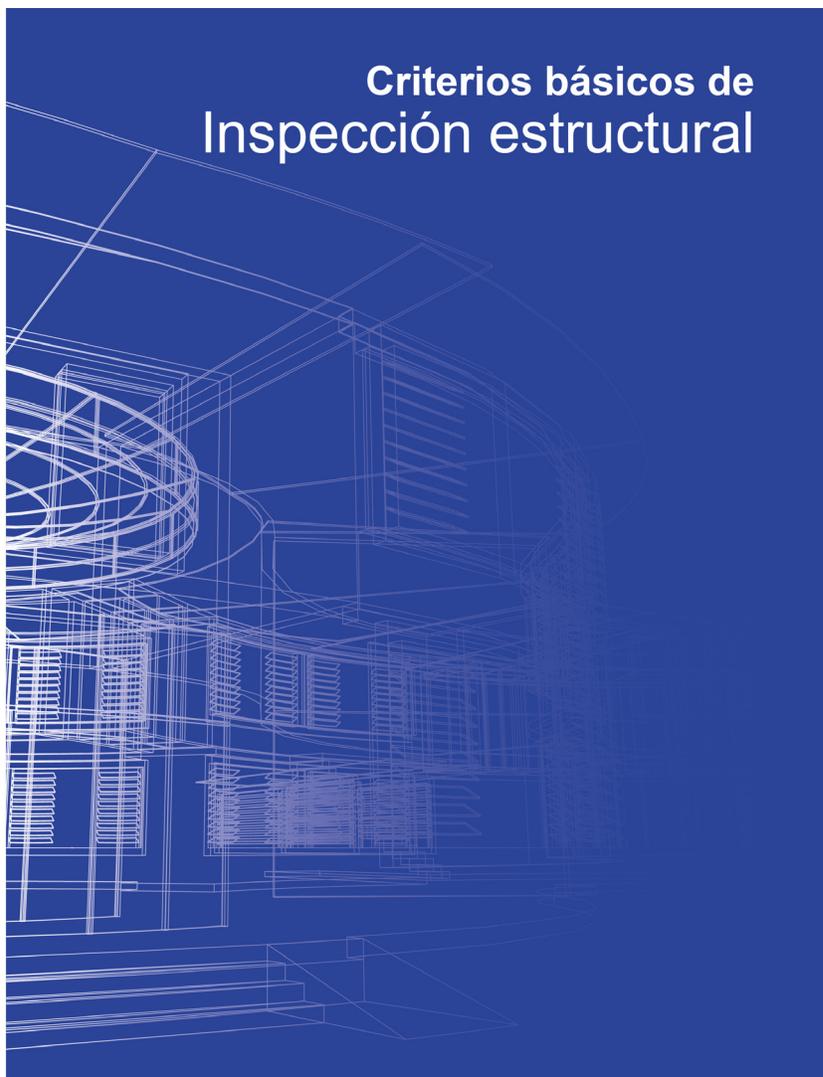


Figura 13. Portada del documento “Criterios básicos de inspección estructural”

Fuente: elaboración propia.

Índice de contenido

Contenido	0
Índice de contenido	1
Índice de figuras	3
Índice de cuadros	5
Capítulo 1 Aspectos generales	7
Generalidades	9
Introducción	9
Objetivo	9
Alcance y limitaciones	9
Recomendaciones de uso	9
Notación y definiciones	10
Definiciones	10
Siglas	13
Notación	14
Reglamentación	15
Organización de la inspección	16
Actividades previas	16
Registros de inspección	16
Control de cambios	17
Control de la información	17
Capítulo 2 Aspectos específicos	19
Materiales	21
Suelo	23
Materiales de relleno y sustitución	25
Acero de refuerzo	25
Concreto	30
Entrepisos prefabricados	34
Acero Estructural	35

Concreto reforzado	41
Armaduras y mallas de refuerzo	43
Fundaciones Superficiales	63
Columnas y Muros	66
Vigas y Ménsulas	69
Contrapisos y Entrepisos	71
Encofrado y apuntalamiento	78
Acero estructural	83
Tolerancias para la secciones	85
Tolerancias para el marco estructural	91
Preparación del acero estructural	98
Soldaduras	99
Pernos	110
Referencias	117
Apéndices	123
Cuadros de consulta	125
Listas de verificación	136
Orden de cambio	169
Anexos	171
Simbología soldadura	173
Tolerancias para ganchos	175
Tabla para identificación de pernos	178

Figura 14. Índice de contenido del documento “Criterios básicos de inspección estructural”
Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 14, el documento cuenta básicamente con dos capítulos.

Capítulo 1

Es de aspectos generales, introduce al inspector en el uso del documento, especifica su objetivo, los alcances y limitaciones que tiene, además de las recomendaciones de uso. Este capítulo además tiene algunas definiciones, siglas y notación utilizadas en el documento.

En la sección de reglamentación se muestran los códigos, especificaciones, normas y reglamentos que han sido tomados en consideración para la elaboración del documento y que tienen gran relevancia en los procesos de inspección estructural.

En la siguiente sección, se explican algunos criterios básicos que debe tomar en cuenta el inspector, para organizar la visita de inspección, realizar registro del proceso de

inspección, documentar los cambios solicitados y además se realizan algunas indicaciones básicas sobre el control de la información.

Capítulo 2

Este capítulo se divide en tres grandes secciones:

- **Materiales:** trata los aspectos básicos sobre los materiales, las especificaciones que éstas deben cumplir los mismos de acuerdo con la reglamentación vigente, entre otros aspectos, que ubican al inspector con respecto a los materiales por inspeccionar.
- **Concreto reforzado:** se tratan los aspectos de inspección estructural relacionados con el concreto reforzado, los aspectos que se deben cumplir, las posibles tolerancias de aceptación, además de tratar algunos aspectos específicos para distintos elementos estructurales.
- **Acero estructural:** se muestran las tolerancias aceptables en las secciones transversales

de las secciones de acero estructural, las tolerancias para marcos estructurales, cómo debe prepararse el acero para ser trabajado, además se tratan algunos criterios básicos para la inspección de soldaduras y pernos.

Referencias

Se muestra un listado de los documentos que han sido consultados para la elaboración del documento.

Apéndices

La sección de apéndices trae algunas herramientas complementarias al documento, que permiten estandarizar los procesos de inspección y sirven de consulta rápida en el campo.

- Cuadros de consulta: se muestran algunos cuadros resumen, de una gran cantidad de

aspectos tratados en el cuerpo del documento. Algunos de estos cuadros incluyen el dato por revisar con la tolerancia aplicada, con el fin de que el inspector sepa inmediatamente si el criterio que está revisando, puede considerarse aceptable.

- Listas de verificación: son herramientas estandarizadas para inspeccionar: cimentaciones, columnas, vigas y losas macizas de concreto reforzado, entresijos de viguetas pretensadas y conexiones apernadas y soldadas, para acero estructural. En la figura 15 se muestra la primera página de una lista de verificación. Las listas fueron enviadas a 6 profesionales para su validación, sin embargo, al momento de elaborar el informe, no se había recibido respuesta.
- Orden de cambio: es un documento que permite documentar los cambios solicitados en obra, con el fin de respaldar la información. La figura 16, muestra un ejemplo de orden de cambio.

La figura 15 muestra la primera página de la lista de verificación para la inspección estructural de fundaciones, mientras que la figura 16 muestra el formato diseñado para documentar los cambios solicitados en campo.

Formulario de inspección estructural de fundaciones

Proyecto: _____ Fecha: _____

Responsable de la construcción: _____ ID del elemento: _____

Responsable de la inspección: _____

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Superficie de Soporte					
¿Coincide el nivel de desplante excavado con el especificado?	Planos				
¿Cumple la capacidad de soporte con la prevista en el diseño?	Planos				
¿Está el nivel freático de acuerdo a lo previsto en el diseño?	Planos				
¿El material de relleno es el especificado?	Planos				
¿Se encuentra la superficie de soporte limpia?	----				
¿El nivel de compactación es el especificado?	Planos Especificaciones				
¿Hay irregularidades en la superficie de soporte?	----				
¿Hay agua en la excavación?	----				

Figura 15. Primera página del formulario de inspección estructural de fundaciones.

ORDEN DE CAMBIO	
Proyecto: _____	Nº Orden: _____
Nombre del solicitante: _____	Número de cédula: _____
Puesto del solicitante: _____	Fecha Solicitud: ____ / ____ / ____
Actividad: _____	
Descripción del cambio solicitado	
_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	
Afectación en el plazo de construcción	
¿Cuál actividad del programa se afecta?	_____
¿La actividad forma parte de la Ruta Crítica?	SI: _____ NO: _____
¿Cuál es la fecha de entrega del cambio?	Fecha Entrega: ____ / ____ / ____
Afectación en el costo de construcción	
¿Afecta el presupuesto inicial?	SI: _____ NO: _____
¿Cuál es el monto requerido (si es necesario)?	Letras: _____
(Indique el monto en letras y en números)	Números: _____
¿Quién asume el pago del costo requerido?	_____
¿Se aprueba la solicitud de cambio?	SI: _____ NO: _____
_____ Firma solicitante	_____ Firma Director del Proyecto
_____ Firma de Ingeniero Inspector	

Figura 16. Formato de orden de cambio.

Herramientas electrónicas

El inspector puede aprovechar las bondades de la tecnología, para facilitar sus labores, realizarlas de una forma ordenada y, en algunos casos, respaldar la información de forma inmediata.

iAuditor

Es una herramienta diseñada especialmente para realizar auditorías, está disponible para dispositivos con sistema operativo Android y iOS, permite elaborar listas de verificación, es muy versátil, en las listas el inspector puede agregar fotografías y observaciones a cada uno de los aspectos a revisar

Ventajas

- Permite exportar un informe de la Inspección de forma muy ordenada y personalizada.
- Permite personalizar completamente las listas de verificación.
- Se puede aprovechar el sistema GPS del dispositivo electrónico para ubicar con coordenadas la edificación.

Desventajas

- El informe solamente se puede exportar gratuitamente en formato PDF, para exportarlo en un formato compatible con Microsoft Office Word 2010 o anterior, es necesario pagar el servicio en la nube y otras características adicionales. Por lo tanto, si no se utiliza la versión de pago y se requiere realizar alguna modificación al informe, es necesario utilizar la versión de Microsoft office Word 2013, Adobe Acrobat o uno de características similares, es decir, que permitan modificar archivos PDF.
- Es necesario superar la curva de aprendizaje para manejarlo adecuadamente. Después de que ésta ha sido superada, su manejo se vuelve sumamente sencillo.

PlanGrid

Está disponible para dispositivos con sistema operativo Android y iOS, que permite cargar documentos pesados como planos, de forma muy rápida y permite que el inspector pueda navegar en el juego de planos y observar claramente los detalles en sitio.

Ventajas

- Carga archivos de gran tamaño rápidamente y con una resolución bastante aceptable.
- Elimina el uso de planos en papel que en ocasiones es muy incómodo.

Desventajas

- Tiene un límite de carga de archivos de forma gratuita; después es necesario pagar una mensualidad para aprovechar la aplicación.

Herramientas de colaboración

Existen diferentes servicios en la “nube” que permiten compartir rápidamente archivos y carpetas de un dispositivo a otro, permiten sincronizar fotografías con el servicio en la nube, para tener el respaldo oportuno. Entre los más populares, se pueden mencionar Dropbox y Google drive.

Ventajas

- Permiten sincronizar y respaldar inmediatamente la información.
- Están disponibles para dispositivos Android, iOS, computadoras y tabletas con Windows, entre otros.
- Facilitan la colaboración entre distintos protagonistas del proyecto.

Desventajas

- Tienen límites de almacenamiento gratuito.

Google drive tiene una ventaja adicional, debido a que permite que diferentes personas colaboren, en tiempo real, en el desarrollo de documentos, hojas de cálculo y presentaciones, desde distintos computadores, mediante el uso del servicio de Google Docs, que es gratuito.

Análisis de resultados

El presente apartado ha sido organizado de manera que se analicen secuencialmente los resultados presentados en la sección anterior.

Responsabilidades del Inspector Estructural

Los constructores e inspectores normalmente la definen de acuerdo con la magnitud del proyecto ¹, pero el inspector estructural, debe ser objetivo en sus labores y su responsabilidad no es circunstancial.

Las responsabilidades adicionales que se enuncian en la sección de resultados, generalmente son compartidas entre los profesionales encargados de la construcción y el inspector; sin embargo, no se deben dejar de lado, el inspector debe ser capaz, en la medida de lo posible, de anticipar situaciones que lo puedan comprometer o al resto del equipo de trabajo.

Afirmar que no es responsabilidad del inspector estructural solucionar los imprevistos, se debe a que el inspector simplemente es quien supervisa que las disposiciones del diseñador, que han sido plasmadas en los planos y especificaciones, sean ejecutadas en campo.

Si el inspector es quien diseñó la estructura en planos, tiene toda la potestad para resolver los imprevistos, de no ser así, debe realizar la consulta respectiva al diseñador. No quiere decir que el inspector no pueda dar solución al problema, pero el diseñador, en primera instancia, es el indicado para resolverlo. El diseñador es quien conoce con certeza, cómo se conceptualizó, analizó y diseñó

¹“En un proyecto pequeño, el Inspector estructural tiene la responsabilidad completa del control de calidad de los materiales, desde su gestión hasta analizar reportes e informes; mientras que en un proyecto grande, con un encargado técnico del control de calidad de materiales, debe revisar los reportes e informes para verificar el cumplimiento con lo establecido.” Encuestado dedicado al diseño e inspección.

la estructura.

Dado el caso en que el diseñador, por alguna razón particular, no pueda proponer la medida correctiva, el inspector debe tener el criterio ingenieril para solucionar la situación, siempre y cuando tome las precauciones del caso.

Normativa aplicable

El CSCR considera pocos lineamientos para la inspección estructural, presenta algunas especificaciones de materiales y parámetros sumamente básicos de inspección en el capítulo de acero estructural.

El Código de Cimentaciones indica algunas consideraciones por tomar en cuenta sobre las superficies de soporte, pero básicamente es un documento que trata aspectos de diseño.

No hay una normativa que tenga explícitamente especificaciones sobre inspección estructural. El siguiente análisis ejemplifica encontrado en algunas de las normativas mencionadas en la sección de resultados.

Especificaciones del Instituto Americano del Concreto (ACI): tiene, además de la especificación “Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario (ACI 318)”, especificaciones o manuales que deben tomarse en cuenta para la supervisión de obras, por ejemplo el “Manual para supervisar obras de concreto (ACI 311)”, que trata aspectos y recomendaciones constructivas; la especificación “Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary (ACI 117)”, permite tener una guía de las tolerancias dimensionales y de ubicación, que pueden permitirse para la construcción de elementos de concreto, entre otras especificaciones del ACI.

Especificaciones Instituto Americano de la Construcción de acero (AISC): tiene como base el documento “Especificación ANSI/AISC 360 para Construcciones de Acero”, que trata aspectos de

diseño principalmente y además cuentan con la publicación “Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges (AISC 303)”, que especifica condiciones de montaje y algunas tolerancias permisibles en las estructuras de Acero. El AISC 303, hace referencia, específicamente a la norma ASTM A6 “Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling”, para tolerancias dimensionales en los elementos estándar de acero estructural.

Especificaciones de la Sociedad Americana de la Soldadura (AWS): tratan sobre los materiales y procedimientos de soldadura.

Las normas INTE, ASTM y algunos reglamentos técnicos del MEIC tienen especificaciones sobre los materiales e información que puede ser aprovechada durante la inspección estructural.

El inspector debe realizar una búsqueda compleja para ubicar la información pertinente para efectos de inspección estructural, gran parte de las especificaciones se encuentran en inglés y esto puede ser una barrera para consultar las especificaciones, es decir, como documento de consulta antes de realizar visitas al campo.

Normas para planos

Los profesionales entrevistados comparten la opinión de que, en los planos estructurales, no es posible representar el 100% de lo que se debe hacer durante la construcción, consideran necesario buscar homogeneidad en los planos, para que los inspectores estructurales y constructores, puedan “leer” la información descrita, sin diferir en criterios de interpretación. Es necesario procurar evitar que la construcción se guíe por interpretaciones subjetivas, que puedan generar errores y, por falta de comunicación entre los distintos profesionales, se puedan generar litigios.

Si un detalle es plasmado en el plano constructivo, es interpretado incorrectamente y se utiliza una sola vez, el problema posiblemente no es tan grave y puede ser corregido, sin que ninguna de las partes resulte afectada; pero cuando un detalle se utiliza en forma repetitiva para la construcción de una misma edificación, el problema podría impactar gravemente la estructura y/o a alguna de las partes involucradas.

Los profesionales y personal que intervienen en el proceso constructivo, deben tener suficiente confianza para preguntar y solicitar aclaraciones sobre lo que consideren necesario, con el objetivo de mejorar la interpretación de lo que se requiere construir. El inspector debe prepararse antes de la visita, revisar los planos minuciosamente y anticipar las situaciones que puedan ser conflictivas durante la construcción, lo mismo que resaltar detalles que pueden generar confusión a los profesionales y personal de la construcción.

Necesidad de herramientas de estandarización

En Costa Rica, existe normativa para el diseño sismorresistente desde el año 1974² y, desde entonces, la conceptualización de cómo las edificaciones se enfrentan a un sismo, se ha caracterizado por seguir ciertos lineamientos estipulados en el Código Sísmico. Es muy importante contar con especificaciones, basadas en investigación, que respalden el diseño de las nuevas obras; pero también es necesario contar con herramientas que aseguren que la edificación se construya según las disposiciones de dicha normativa.

Una estructura puede ser impecable en los planos constructivos, pero si no existen herramientas que sirvan de guía a los profesionales en la adaptación de lo que está plasmado en planos para su debida ejecución en obra, los elementos estructurales podrían ser construidos de forma errónea y sin obedecer lo que conceptualizó el diseñador.

En la construcción, el proceso de inspección se realiza de forma subjetiva; el inspector decide cómo y qué revisar, según su experiencia y criterio profesional.

En la figura 3, en la barra de acumulado, se puede observar que 32 de los 50 profesionales consultados, consideran necesaria la existencia de una herramienta de estandarización, para el proceso de inspección estructural.

La respuesta de los profesionales, mostrada en la figura 3, si se analiza democráticamente, fundamenta la necesidad de que existan herramientas de estandarización para

²Página web del CSCR

los procesos de inspección estructural. Algunos profesionales entrevistados argumentan que los términos experiencia y criterio profesional, no pueden ser tergiversados; es decir, no pueden ser obligados forzosamente a respaldar que el profesional es capaz de enfrentarse a cualquier cosa; la experiencia depende de lo vivido por cada profesional, de los problemas y condiciones que ha enfrentado durante el desarrollo de su vida profesional.

Es cierto que la experiencia está relacionada directamente con los años que se tienen trabajando en una determinada profesión, pero no implica que todos los profesionales con un mismo periodo de experiencia profesional, estén en igualdad de condiciones y por lo tanto, puedan resolver un problema específico, ignorando las tolerancias aceptables. Entre los diferentes materiales de uso estructural, existen disposiciones y requisitos mínimos distintos, que el inspector tiene que conocer y tener muy claros, por ejemplo, en el concreto estructural, las tolerancias permisibles se encuentran en el rango de centímetros, mientras que en el acero estructural, cada milímetro cuenta y el desconocimiento por parte de los inspectores, de esta situación, podría generar imperfecciones constructivas que tendrán repercusiones directas sobre la integridad de la estructura.

Diseñar herramientas de estandarización, para el proceso de inspección estructural, no pretende generar insumos que sustituyan al inspector, tampoco procura reemplazar la pericia del profesional, simplemente pretenden complementar la experiencia práctica, con el estado del arte, con las tolerancias que recomiendan las organizaciones nacionales e internacionales.

La existencia de dichas herramientas, no puede garantizar al 100% que la construcción de una obra se realice obedeciendo a la conceptualización del diseño, pero al menos es un instrumento de consulta y de apoyo para las decisiones de los inspectores estructurales.

Procedimiento de inspección

Inspección periódica

El inspector debe organizar las visitas de inspección con los constructores, las visitas de inspección periódicas parecen ser confortables para las partes, dado que les facilita el manejo

de la agenda laboral; sin embargo, no es recomendable que el inspector realice las visitas de manera monótona, de alguna forma debe hacer que sus visitas sean impredecibles, con el objetivo de disminuir la posibilidad de vicios ocultos en la estructura.

El inspector puede realizar inspecciones rutinarias, tal como la que se muestra en la figura 4, para observar periódicamente el proceso constructivo y asegurarse de que las actividades se están realizando de acuerdo con las especificaciones y planos y que se están respetando los códigos de diseño, pero debe procurar que sus visitas realmente proporcionen el efecto fiscalizador al proceso constructivo. A continuación se realiza el análisis de cada una de las actividades que componen el procedimiento de inspección periódica, que se muestra en la figura 4.

La seguridad de los trabajadores es el aspecto más importante y, el uso de equipo de protección personal (EPP), es uno de los pilares para el cumplimiento del objetivo. El EPP debe adaptarse a las condiciones de trabajo y antes de ingresar a cualquier sitio en construcción, es importante colocarse el equipo básico de seguridad. Durante el proceso de inspección, si se requiere el uso de equipo especial, debe utilizarse.

El inspector debe asegurarse de que se encuentren los documentos, antes de iniciar la inspección y en caso de que no sea así, solicitar la explicación y exigir que éstos sean llevados a la obra. Los planos y especificaciones, deben permanecer en el sitio en construcción, porque son el “manual” de construcción del edificio y el cuaderno de bitácora, es el documento en el que los profesionales llevan registro de su actuar profesional.³

En la reunión previa, el inspector, debe conocer el proceso que se ha llevado a cabo y tomar en cuenta las condiciones en la que se encuentra el constructor, para buscar la solución de las situaciones que han sido conflictivas. El inspector debe ser solidario con el constructor y entender cuál es la situación que está viviendo. El equipo de profesionales debe realizar una visita conjunta para discutir y buscar la solución de aquellos aspectos que han sido informados durante la reunión previa. Se deben resolver o aclarar los posibles conflictos existentes, con los demás especialistas, dar indicaciones acerca de cuál es la medida correctiva por implementar.

Cuando el inspector realiza la inspección específica, debe ir con el personal de la 3 Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. *Reglamento Especial Cuaderno de Bitácora de Obras*. p: 1.

construcción, revisar detalladamente todos los aspectos constructivos que le competen, realizar mediciones y verificaciones. El inspector debe estar atento a cada uno de los detalles, ser un poco desconfiado, buscar conciliar y solucionar los problemas encontrados sin afectar al constructor o la integridad de la estructura.

Reunión final: el inspector debe informar verbalmente la situación actual, si considera que deben tomarse acciones correctivas y no puede dejar de lado realizar las anotaciones en el cuaderno de bitácora, debido a que éste es el único registro legal que puede respaldar las indicaciones que han sido comunicadas a los constructores y por lo tanto, respaldan que el inspector está realizando correctamente su labor.

El inspector debe asegurarse que todos los procesos cumplen con los requisitos especificados, razón por la cual debe realizar inspecciones de taller y/o aprobación.

En el caso de elementos que quedan ocultos, las medidas alternativas que toman algunos inspectores, son riesgosas. A continuación se analiza cada una de ellas:

Realizar una inspección mediante el uso de fotografías, no permite observar bien el proceso, realizar las mediciones depende mucho de la perspectiva desde la que la fotografía ha sido tomada.

El uso de equipos especiales es costoso y debe ser evitado.

La confianza es esencial, pero es responsabilidad del inspector asegurarse personalmente de que la construcción está siendo realizada según las especificaciones.

La demolición es una medida extrema pero en las situaciones en las que no es posible determinar si el trabajo fue realizado según las especificaciones, puede ser la única alternativa. Es una medida costosa, se pierden recursos importantes como el tiempo y el constructor no verá con buenos ojos la medida, por lo que la relación entre el inspector y el constructor, podría volverse complicada.

El constructor debe respetar la labor del inspector y viceversa. En un ambiente en el que se respeta el trabajo y responsabilidad del otro, aumentan las posibilidades de que todo fluya de la mejor manera. El constructor debe evitar en la medida de lo posible, los errores constructivos, para que los trabajos puedan continuar sin retrasos ni conflictos.

Recursos de Inspección

Equipo de protección personal

Es imprescindible y no puede faltar durante el desarrollo de las inspecciones. El equipo que se muestra en la sección de resultados no es el único que debe ser utilizado, debido a que el equipo de seguridad debe ser adecuado a la actividad que se está inspeccionando.

Implementos y documentos

Dependen de las necesidades de la inspección y los gustos del inspector.

Se recomienda que el inspector utilice suficientes instrumentos de apoyo para registrar y documentar el trabajo realizado. El inspector debe respaldar la información de los informes (en caso de que deba entregar) y no dejar todo en su memoria, debe intentar que la información se encuentre disponible en caso de que sea requerida.

Si el inspector debe realizar cálculos, para revisar alguna situación o solucionar algún imprevisto, debe tener a mano herramientas que le permitan rápidamente realizar los cálculos y de una manera confiable.

En la figura 5, se muestra que el 68% profesionales considera adecuado que el inspector lleve algunos documentos adicionales, para complementar su trabajo y el 24% de los consultados reconoce la necesidad de utilizar listas de verificación como parte de dichos documentos adicionales.

Los equipos mostrados en las figuras de la 6 a la 10, son algunas recomendaciones, sin embargo, es posible que se encuentren en el mercado equipos de medición que se adecuen mejor a las necesidades de inspección.

En la figura 8, se observa que hay dos tipos de Vernier. Ambos tipos tienen precisiones bastante altas, sin embargo, el tipo "a" permite saltarse la "rebaba" que tienen los perfiles de acero en los bordes. Si se utiliza el pie de rey del tipo "b", las "rebabas" podrían ser incluidas en las mediciones y generar datos errados en la medición.

El equipo de medición y los ensayos deben ajustarse a la etapa que se está inspeccionando.

Ensayos in situ

Hay evaluaciones complejas, que requieren de especialistas que manejen el equipo y puedan interpretar los resultados del instrumento, mientras que otras pueden ser realizadas por cualquier persona con algunos conocimientos básicos sobre los materiales y la manipulación de los instrumentos de medición.

Visitas de inspección

El análisis que se muestra a continuación, está basado en las fotografías que se muestran en el Registro fotográfico en la sección de resultados.

El acero de refuerzo debe almacenarse en un sitio que lo proteja y evite que comience a oxidarse rápidamente. En la fotografía 1, del registro fotográfico, se puede observar que el acero de refuerzo se encuentra a la intemperie y sobre el suelo, lo que puede acelerar el proceso de oxidación y hacer que éste llegue a un nivel de oxidación inaceptable. El sitio donde está almacenado el acero de refuerzo facilita que puedan adherirse a éste, partículas de polvo que afectan la adherencia con el concreto.

El tratamiento que se le dé al acero de refuerzo durante el almacenaje, no es una responsabilidad directa del inspector estructural; sin embargo, éste podría hacer recomendaciones y estar pendiente de la situación, para prever las condiciones en las que se podría encontrar el acero de refuerzo durante su colocación.

La fotografía 2, muestra la armadura de una viga prefabricada en sitio. La fotografía 3, muestra las vigas después del colado del concreto. En esta última, se puede observar que en una de las vigas, las llaves de corte prácticamente no existen, debido a las lluvias que se presentaron en los días del colado, y en la otra tienen poca profundidad, lo que podría generar planos de falla por corte en los elementos durante su vida útil. El inspector recomendó a los constructores realizar el colado bajo techo para evitar el desgaste de las llaves, pero no solicitó medidas correctivas para los elementos mostrados en la fotografía 3.

La fotografía 4, muestra a un representante de la empresa constructora, realizar las mediciones del empalme por traslape, para el acero vertical de un muro. El inspector estructural observa la medida e indica si se aprueba o no el trabajo. El

procedimiento utilizado en este caso, puede ser ventajoso para el inspector, debido a que le permite disponer de sus manos para el uso de listas de verificación y otras posibles herramientas.

Un ejemplo de malas prácticas constructivas se observó en la preparación de los elementos para el colado de una losa. La misma sería colada el día sábado (en la madrugada), dos inspectores se presentaron el día viernes (por la tarde), para hacer una inspección de aprobación, el encofrado estaba sucio y había elementos que debían ser retirados de la superficie del encofrado (trozos de alambre, trozos de helados de soporte, etc.), tal como se muestra en las fotografías 5 y 6. La situación mencionada, pasó desapercibida por los inspectores, los cuales realizaron las mediciones correspondientes en el refuerzo, solicitaron la colocación de varillas faltantes y solicitaron amarrar los elementos que estaban sueltos. Los inspectores no revisaron el espesor de losa proyectado.

Los pasantes que se muestran en la fotografía 7, no fueron previstos por el Ingeniero responsable del diseño estructural, el inspector se percató de la situación y realizó la anotación en el cuaderno de bitácora. Como se observa en la fotografía 7, dichos pasantes están en una crítica del muro y sin embargo, el inspector no se comunicó con el diseñador, para tomar las medidas respectivas.

Los constructores movieron el refuerzo transversal de una viga para colocar un elemento que forma parte del sistema electromecánico, tal como se muestra en la fotografía 8. El inspector se percató de la situación y llamó la atención de los constructores, pero no se aseguró de que el problema haya sido solucionado, a pesar de tratarse de una inspección de aprobación antes del colado de concreto.

El proceso colado de columnas de concreto es complejo y se debe realizar cuidadosamente, para no tener que ejecutar procedimientos de reparación de hormigueros como el que se muestra en la fotografía 11. El proceso de colado debe ser inspeccionado, en especial cuando la densidad de acero de refuerzo es tan alta como la que se muestra en la fotografía 9, debido a que se podría generar segregación del concreto y hormigueros, dentro de la columna, de forma tal que no son visibles desde la superficie. Las fotografías 9 y 11, pertenecen a la misma edificación.

La fotografía 10 es un acercamiento de

la columna mostrada en la fotografía 9 y permite observar el nivel de oxidación del acero, el cual es un nivel considerado permisible. El refuerzo, al ser tocado, no liberó partículas y no tenía escamas por oxidación.

La máquina que se muestra en la fotografía 12, muestra una máquina para el doblado de acero de refuerzo, la cual es modular y permite doblar el acero de acuerdo con las dimensiones normadas por los códigos.

La fotografía 13 muestra la configuración del apuntalamiento para la losa de entrepiso postensada. Los inspectores hablaron con los constructores el día de la visita, debido a que les pareció insuficiente el apuntalamiento de las losas inferiores. Debido a la velocidad del proceso constructivo, en esa edificación, al menos tres losas sucesivas debían ser apuntaladas. La llamada de atención se debió a que en una ocasión anterior una de las losas inferiores sufrió el efecto del flujo plástico, debido a apuntalamientos deficientes e insuficientes.

Las pruebas de control de calidad permiten determinar si los materiales utilizados cumplen con los requerimientos. La fotografía 14, muestra al técnico de laboratorio realizando la prueba de revenimiento. El inspector no observó el proceso de muestreo del concreto y no revisó que el llenado del cono de Abrams, se realizara adecuadamente, con el fin de asegurarse de que los resultados que le serían entregados, habían sido determinados según las normas que competen. El inspector tampoco prestó atención al procedimiento de moldeo de los cilindros de concreto, que se muestra en la fotografía 15.

El inspector observó que el refuerzo estaba alineado y solicitó al armador, enderezar una varilla vertical que estaba inclinada, tal como se muestra en la fotografía 16. Las fotografías 17 y 18 permiten observar que la superficie de soporte de la cimentación no estaba limpia y durante la visita se encontraban en el proceso de colado de concreto.

Un aspecto importante que se observa en la figura 18, es que el 100% de los empalmes por traslazo se realizaron en la misma sección transversal; el inspector le indicó al maestro de obras que dicho procedimiento no estaba permitido por el CSCR, el maestro de obras contestó que había solicitado a los armadores incrementar en un 50% la longitud de los traslazos. El inspector no verificó si la medida había sido aplicada. El ACI 318 permite colocar el 100% de los empalmes por

traslazo en la misma sección transversal, siempre y cuando su longitud se incremente en un 30%.

En una de las visitas, se pudo observar que los armadores colocaron el acero de refuerzo del muro recostado a la superficie del encofrado. El inspector solicitó colocar el refuerzo centrado, en ningún momento verificó dimensiones ni distribuciones de refuerzo. El inspector no utilizó planos como referencia de inspección, a pesar de que el diseño estructural no fue realizado por él y su especialidad es construir y no el diseño estructural.

El refuerzo debe ser amarrado de forma que durante el proceso de colado, mantenga la posición requerida, en la fotografía 20 es posible observar que el acero de refuerzo ha cambiado su posición antes del colado, lo que implica directamente que las amarras no están cumpliendo su objetivo y durante el colado habrán desplazamientos del refuerzo.

La durabilidad del concreto reforzado depende en gran parte de que el acero de refuerzo cuente con un recubrimiento adecuado para evitar su deterioro. En la fotografía 21 se muestra un muro, cuyo recubrimiento especificado es de 5 cm y los helados están contruidos para cumplir con dicho requisito, sin embargo, se puede observar que los helados son pequeños con respecto al recubrimiento que se está utilizando. Las especificación ACI 117 indican tolerancias permisibles para reducción del recubrimiento solamente, no obstante, el incremento del recubrimiento no es saludable en elementos solicitados a flexocompresión, debido a que su capacidad en flexión depende directamente de la "longitud de palanca" y el uso de recubrimientos excesivos, podría generar reducciones en el ancho de palanca, que a su vez repercuten en la resistencia del elemento. El inspector en este caso es un ingeniero constructor y no tenía experiencia laboral en el diseño estructural, por lo que no le dio mayor importancia al problema.

La fotografía 22 muestra la uniformidad del espaciamiento de los aros de refuerzo. El espaciamiento especificado es de 75 mm, la tolerancia permisible para el caso de la foto es de 41,5 mm y el error en el espaciamiento, medido en sitio, no supera los 10 mm.

La adherencia del concreto con el acero de refuerzo es lo que permite la transferencia de fuerzas entre los materiales. La presencia de suciedad, residuos de concreto, como los mostrados en las fotografías 23 y 25, y/o manchas

de pintura, como las que se observan en la fotografía 24, pueden afectar de forma parcial o completa el efecto de adherencia requerido y por lo tanto, hacer que ambos materiales trabajen individualmente y no como el conjunto que se espera.

Los cortes de chorrea son necesarios en muchas ocasiones y deben ser debidamente planeados, con aprobación previa por parte de la inspección y deben permanecer limpios para lograr que el concreto trabaje monóticamente cuando la colada se continúe. La fotografía 26, muestra un corte de chorrea sucio, que pasó desapercibido por el inspector.

La fotografía 27 muestra las consecuencias del curado deficiente de los elementos de concreto. La fotografía 28 muestra el entepiso seco prácticamente en su totalidad. No hubo llamadas de atención por parte del inspector.

Los inspectores durante las visitas no se preocuparon por las dimensiones de los ganchos estándar, requisito esencial para que el refuerzo en el concreto reforzado desarrolle la ductilidad que se necesita durante un evento sísmico.

En general, durante las visitas de inspección, fue posible observar que los inspectores que se dedican al diseño estructural realizan inspecciones más minuciosas en comparación con las que realizan los constructores que deben realizar el trabajo de inspección estructural, esto se debe a que los constructores observan muchos aspectos estéticos y constructivos que no tienen repercusión estructural pero sí la tienen en el área a la que se dedican normalmente.

Problemas durante la construcción

Al realizar el diagrama de causa y efecto (figura 11) se identificaron las causas más comunes que producen defectos y problemas durante el proceso constructivo. Por ejemplo, los supervisores desconocen los procedimientos recomendados para el retiro de puntales, por lo que realizan lo que su criterio profesional les indica y lamentablemente, el procedimiento utilizado es con el que la especificación ACI 117 ejemplifica el retiro incorrecto de los puntales.

Los inspectores no solicitan pruebas de laboratorio, debido a que conocen y confían en los

fabricantes de los materiales, lo que realmente es preocupante, dado que, a pesar de que muchos procesos industriales han sido automatizados, el factor humano siempre está presente y podrían generarse materiales defectuosos que no cumplan con las especificaciones indicadas y, al ser utilizados en la construcción, ser un punto de falla para la estructura.

Es responsabilidad del inspector determinar cuales pruebas realizar de acuerdo con la envergadura de la edificación que se está construyendo, esto porque deben optimizarse los recursos y las pruebas de laboratorio deben adecuarse a las posibilidades económicas del cliente, salvaguardando la seguridad de la edificación.

La mano de obra en ocasiones no se identifica con la importancia de sus labores, se muestra desinteresada, lo cual repercute en la calidad de sus labores. Es responsabilidad del constructor fomentar la estabilidad emocional de los trabajadores, buscar la comodidad de éstos, lo que posiblemente se traduzca en una mejora de calidad de los procesos constructivos.

Hay inspectores que utilizan pruebas de control de calidad inadecuadas, algunas veces solicitan pruebas para verificar determinada propiedad, con un ensayo que se utiliza para determinar una propiedad completamente diferente. Por ejemplo, un profesional solicitó una prueba de próctor estándar, para verificar la capacidad del suelo en el campo. Los técnicos de laboratorio, encargados de realizar la prueba están conscientes de que dicha prueba no es apta para verificar la capacidad, pero el inspector debe estar enterado con anticipación, informarse y conocer procedimientos de laboratorio, para

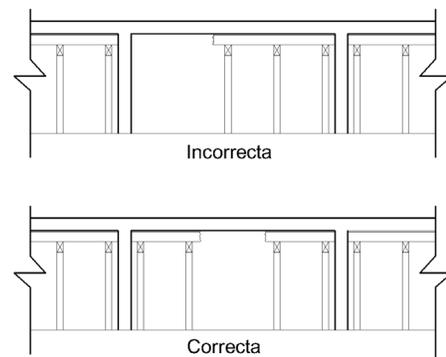


Figura 17. Procedimiento de remoción de puntales.
Fuente: (ACI, 2004)

solicitar los que considere adecuados y puedan generar los insumos para una fiscalización acorde con las normas vigentes.

Posibles normas complementarias al CSCR

Analizando las posibles normas complementarias al CSCR, propuestas por los profesionales consultados y, que se muestran en la sección de resultados, es posible que sea necesario crear algunas herramientas que acompañen técnicamente el CSCR, con el objetivo de tomar en cuenta aspectos que el CSCR no están incluidas dentro del texto, pero que tienen repercusiones estructurales importantes.

- Los detalles gráficos son considerados por varios de los profesionales como una medida interesante, debido a que una proyección gráfica podría aclarar a los constructores las necesidades que establece el CSCR, mejorar las competencias técnicas en aspectos estructurales de los mismos, con el objetivo de mejorar la interpretación de los planos y especificaciones.
- Las personas consultadas consideran necesario que en el país existan especificaciones de diseño para elementos de concreto pretensados y postensados, con el objetivo de homogenizar el diseño y tomar en cuenta requisitos sismorresistentes adecuados a la actividad sísmica de Costa Rica.
- Los profesionales consideran necesario que exista una guía de manejo de bitácora, debido a que ésta en ocasiones puede ser utilizada erróneamente e inclusive omitida por algunos de los profesionales de la construcción.

En la figura 12, el acumulado muestra que al menos 31 de los 50 profesionales consultados consideran que es necesario que se regulen aspectos de inspección estructural.

El proceso constructivo debe ser controlado y el control ejercido debe estar fundamentado técnicamente.

Documento “Criterios básicos de inspección estructural”

Es un documento que pretende solventar la necesidad de herramientas de estandarización para los procesos de inspección estructural. No pretende de ninguna forma sustituir al inspector estructural y no pretende que personas que no conocen el comportamiento de las estructuras sustituyan a éstos, sin embargo, reúne criterios recomendados por organismos nacionales e internacionales que le permiten al inspector estructural tomar decisiones sobre la marcha con el objetivo de realizar mejoras integrales en los procesos de inspección y por consiguiente, mejoras importantes en los procesos constructivos que están siendo fiscalizados. El documento trae herramientas prácticas que los inspectores pueden aprovechar como parte de la estandarización, tales como órdenes de cambio, que son necesarias para documentar los cambios solicitados por los profesionales de la construcción, otros consultores y/o propietario de la obra. El documento también cuenta con listas de verificación que permiten al inspector recordar, en campo, los aspectos que debe revisar para el elemento en cuestión y evitar de esta manera, olvidar aspectos fundamentales de la inspección.

Herramientas electrónicas

Las herramientas electrónicas que se presentan en la sección de resultados, son algunas de las posibilidades que pueden encontrarse en el mercado actualmente. No implica que deben ser de uso estricto por parte de los profesionales, sin embargo podrían facilitarle algunas labores a éstos, mejorar el flujo de información entre los protagonistas del proyecto y mantener la información respaldada en todo momento.

Conclusiones

- De la respuesta obtenida y mediante la observación en sitio se concluye que se necesitan herramientas para estandarizar los procesos de inspección estructural.
- Los inspectores estructurales tienden a realizar las inspecciones de forma periódica, siguiendo una secuencia monótona de actividades durante el proceso, lo que podría facilitar predictibilidad por parte del personal de la construcción y por lo tanto permitirles ocultar procedimientos constructivos considerados malas prácticas.
- El inspector debe realizar inspecciones de taller y aprobación.
- El documento de “Criterios básicos de inspección estructural” está basado en el contenido de los códigos, especificaciones, normas y reglamentos que rigen en Costa Rica, por lo tanto el documento es aplicable para la inspección estructural en el territorio nacional en elementos de acero y concreto.
- Los procesos, tareas y recursos de inspección dependen, entre otros aspectos, del material que compone los elementos estructurales, por lo tanto se concluye que las herramientas deben enfocarse específicamente para cada material y no se pueden extrapolar criterios entre materiales.
- Según los resultados obtenidos mediante las encuestas y entrevistas, los inspectores no revisan todos los criterios exigidos por la reglamentación vigente, por lo que herramientas como las desarrolladas se consideran de gran ayuda para los profesionales en la realización de su labor.
- Se diseñó un documento llamado “Criterios básicos de inspección estructural”, el cual se ajusta a las necesidades de los inspectores estructurales, reúne los criterios de inspección necesarios para que el inspector esté informado.
- Se desarrollaron hojas de verificación para estandarizar los procesos en el campo y con ello mejorar el proceso de inspección.
- Los profesionales de la ingeniería encuestados y entrevistados consideran que se necesitan crear algunas normas complementarias al CSCR, que regulen aspectos de inspección estructural. Además consideran necesario crear algunas especificaciones para estandarizar aspectos que no se encuentran normados actualmente en nuestro país.

Recomendaciones

- Someter el documento de “Criterios básicos de inspección estructural” y las herramientas que éste contiene, a un proceso de validación en campo.
- Continuar con el desarrollo de herramientas de estandarización de los procesos de inspección estructural, complementando el presente trabajo, para abarcar materiales estructurales que no fueron investigados.
- Implementar las sugerencias de los profesionales encuestados en cuanto a nuevas normativas, con el objetivo de mejorar continuamente la reglamentación de edificaciones y hacer que ésta sea de fácil entendimiento para los profesionales de la ingeniería ajenos al área de diseño estructural.
- Es imprescindible que el inspector realice inspecciones de taller y aprobación, para que fiscalice que los procedimientos se realicen adecuadamente y evitar vicios ocultos durante el proceso.
- Desarrollar programas de capacitación y educación continua que contengan actualización de la normativa relacionada con la inspección estructural.

Apéndices

Apéndice 1: Formato de encuesta electrónica con ejemplo de respuesta.

Apéndice 2: Formato de entrevista con ejemplo de respuesta.

Apéndice 3: Criterios básicos de inspección estructural.

Apéndice 1: Formato de encuesta con ejemplo de respuesta.

Se aplicó prácticamente el mismo formato de encuesta tanto a profesionales de la construcción, como los encargados del diseño e inspección estructural, con excepción de dos preguntas al final de la encuesta, que iban dirigidas según el trabajo que desarrollan.

Ejemplo 1: Respuesta de profesional encargado de la construcción.

1- ¿Cuál es la responsabilidad del inspector estructural?

Velar porque se cumpla con el diseño estructural del plano de construcción

2- ¿Qué accesorios debe llevar el inspector a la obra?

El equipo para poder observar todos los elementos

3- ¿Qué documentos debe llevar el inspector al sitio?

Planos constructivos, bitácora, memoria de cálculo etc.

4- ¿Cuál es el procedimiento normal de inspección?

Llega a proyecto busca a maestro de obras y realiza el recorrido por las diferentes etapas del proyecto.

5- ¿Qué pruebas de laboratorio solicita un Inspector estructural?

Pruebas de concreto, pruebas de aceros.

6- ¿Es necesario crear herramientas para regular aspectos de inspección?

Sí

7- ¿Hace falta alguna herramienta que ayude a los inspectores a estandarizar el proceso?

Sí

8- ¿Considera necesario crear otras normas complementarias para el CSCR?

No

9- Escoja un elemento de acuerdo a la primera letra de su primer apellido.

Elemento de acero estructural

¿Qué aspectos debe revisar el inspector estructural en el elemento de la pregunta anterior?

Dimensiones del elemento

10- ¿Cómo ha sido su experiencia con los Ingenieros estructurales?

Ha sido enriquecedora, de hecho hace poco tuve una experiencia en la que me di cuenta que en las ferreterías y depósitos suelen vendernos perfiles metálicos con los espesores menores a los solicitados.

El ingeniero siempre andaba con un vernier y medía los espesores de los tubos cuadrados y nos hizo cambiar un gran porcentaje de los tubos por no poseer un espesor adecuado.

11- ¿Cómo considera que debe organizar el inspector sus visitas?

Las visitas deben ser periódicas

Ejemplo 2: Respuesta de profesional encargado de diseño e inspección estructural.

1- ¿Cuál es la responsabilidad del inspector estructural?

Velar por que la construcción se realice de acuerdo a los planos estructurales y bajo normas de calidad adecuadas, revisar que la calidad de los materiales se la adecuada, así como resolver problemas que se presenten en campo y que requieran modificación.

2- ¿Qué accesorios debe llevar el inspector a la obra?

Cinta métrica, lápiz, papel

3- ¿Qué documentos debe llevar el inspector al sitio?

Planos, especificaciones técnicas, check list, informes de laboratorio

4- ¿Cuál es el procedimiento normal de inspección?

Revisión de varios aspectos de elementos ya armados y listos según constructor, para luego dar aprobación de colado o indicar correcciones para poder colar.

5- ¿Qué pruebas de laboratorio solicita un Inspector estructural?

Pruebas de resistencia de concreto, resistencia de varillas, capacidad del suelo.

6- ¿Es necesario crear herramientas para regular aspectos de inspección?

Sí

7- ¿Hace falta alguna herramienta que ayude a los inspectores a estandarizar el proceso?

Sí

8- ¿Considera necesario crear otras normas complementarias para el CSCR?

No

9- Escoja un elemento de acuerdo a la primera letra de su primer apellido.

Placa de fundación

¿Qué aspectos debe revisar el inspector estructural en el elemento de la pregunta anterior?

Desplante	Acero de columna	Recubrimientos
Dimensiones	Anclajes	Limpieza
Acero indicado	Distribución de acero	

11- ¿Qué aspectos son los que generalmente presentan más errores durante el proceso constructivo?

Mano de obra poco calificada, mala supervisión por parte del constructor, recubrimientos, limpieza y anclajes.

12- En cuanto a las listas de verificación ¿Considera usted que se deban resumir los aspectos a revisar o se debe presentar un desglose completo de dichos aspectos?

Se debe de resumir para mayor rapidez y facilidad sin embargo el inspector debe haber estudiado o adquirido la capacidad de revisar cada aspecto y ampliarlo según sea el caso.

Apéndice 2: Formato de entrevista con ejemplo de respuesta.

El formato de entrevista no fue estructurado, exceptuando el caso que se muestra a continuación, el cual fue mediante un guion completamente planificado, debido a que el entrevistado estaba limitado de tiempo.

1- **¿Cuál es la responsabilidad del inspector estructural?**

Velar para que se construya la obra de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas y con la mejor calidad y costo posible y en el menor tiempo.

2- **¿Qué implementos y documentos debe llevar para inspeccionar acero estructural?**

Planos, especificaciones técnicas, planos de taller y cinta métrica.

3- **¿Cuál es el procedimiento común para la inspección en estructuras de acero estructural?**

Revisar a priori los planos de taller para aprobar su fabricación. Realizar primero una inspección visual y de procedimientos en taller y luego otra en sitio. Realizar pruebas de soldadura y pintura. Revisar alineamiento y plomos en obra.

4- **¿Realiza pruebas de laboratorio para el acero estructural?**

Correcto, según mencione anteriormente y verificar el grado e integridad de composición del acero.

Hacen falta herramientas de inspección, inclusive el CSCR debería tener un capítulo que defina los parámetros de inspección.

5- **¿Considera necesario crear normas complementarias para el CSCR?**

Normas para diseño por cargas de viento, para diseño de elementos de concreto preesforzados y postensados, para diseño de losas de pisos industriales y para diseño de edificios altos. Especificaciones para inspección de obras sería útil también.

6- **¿Cómo inspecciona conexiones soldadas? ¿Solicita pruebas específicas?**

Primero visualmente y confirmar que se estén usando los electrodos correctos y luego mediante pruebas de ultrasonido de la soldadura.

7- **¿Cuáles son los cuidados más importantes en uniones soldadas?**

Las soldaduras deben cumplir con lo indicado en los planos estructurales, los planos de taller y las especificaciones técnicas. Deben ser uniformes y libres de cavidades.

8- **¿Cómo inspecciona las uniones atornilladas?**

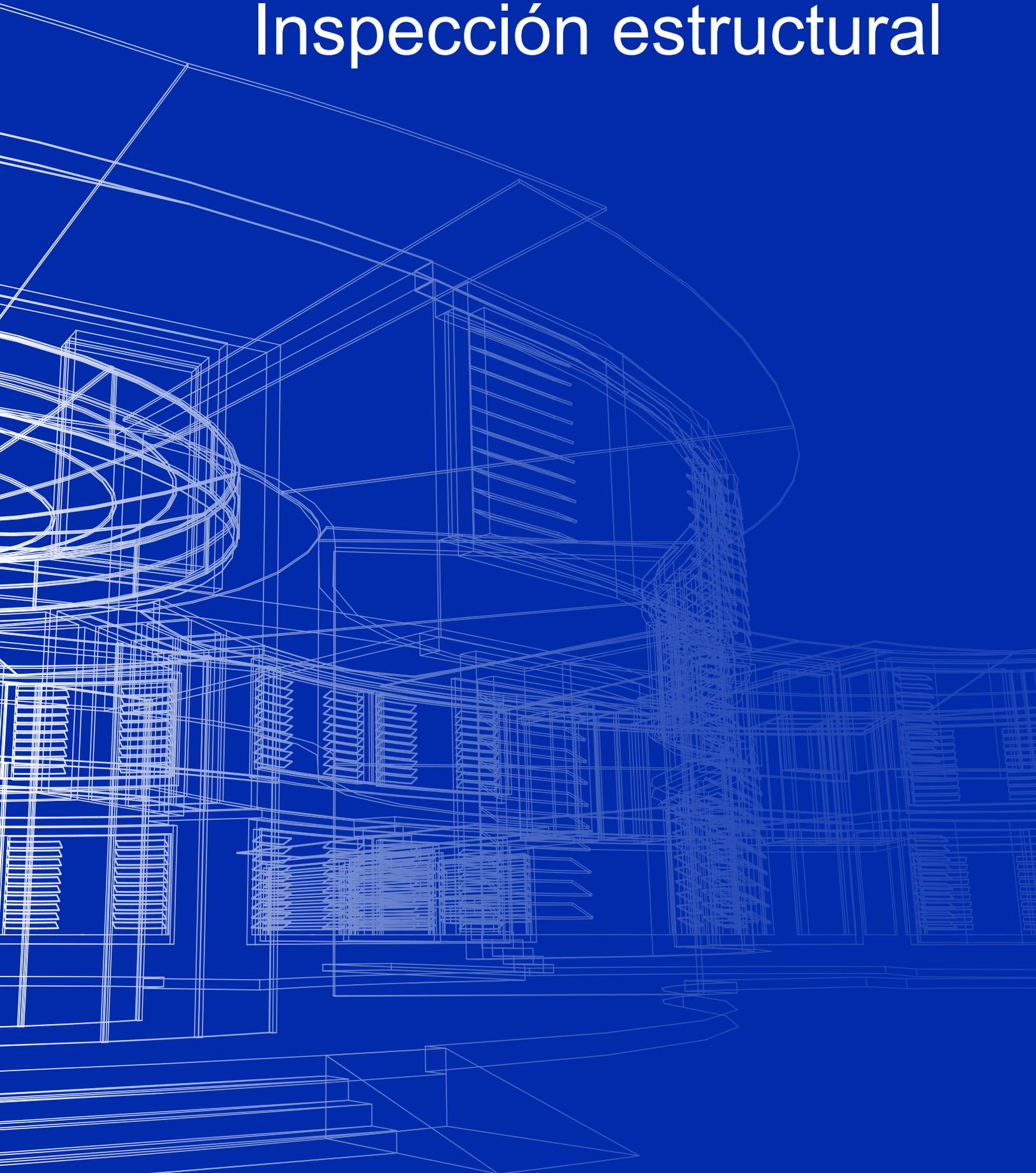
Los pernos y placas de unión deben cumplir con los planos, planos de taller y especificaciones. Se debe revisar el diámetro, largo del perno, tamaño y espesor de turcas y arandelas. Se debe revisar el torque especificado.

9- **¿Qué aspectos son los que generalmente presentan más errores durante el proceso constructivo?**

Mala planificación, fabricación, soldadura y montaje.

Prefiero que las listas de verificación contengan un desglose completo de los aspectos a revisar.

Criterios básicos de Inspección estructural



Criterios básicos de
Inspección estructural

Contenido

Índice de contenido

Contenido	0
Índice de contenido	1
Índice de figuras	3
Índice de cuadros	5
Capítulo 1 Aspectos generales	7
Generalidades	9
Introducción	9
Objetivo.....	9
Alcance y limitaciones	9
Recomendaciones de uso	9
Notación y definiciones	10
Definiciones	10
Siglas	13
Notación	14
Reglamentación	15
Organización de la inspección	16
Actividades previas	16
Registros de inspección	16
Control de cambios	17
Control de la información	17
Capítulo 2 Aspectos específicos	19
Materiales	21
Suelo.....	23
Materiales de relleno y sustitución.....	25
Acero de refuerzo	25
Concreto	30
Entrepisos prefabricados	34
Acero Estructural	35

Concreto reforzado	41
Armaduras y mallas de refuerzo	43
Fundaciones Superficiales	63
Columnas y Muros	66
Vigas y Ménsulas	69
Contrapisos y Entrepisos	71
Encofrado y apuntalamiento	78
Acero estructural	83
Tolerancias para la secciones	85
Tolerancias para el marco estructural	91
Preparación del acero estructural	98
Soldaduras	99
Pernos	110
Referencias	117
Apéndices	123
Cuadros de consulta	125
Listas de verificación	136
Orden de cambio	169
Anexos	171
Simbología soldadura	173
Tolerancias para ganchos	175
Tabla para identificación de pernos	178

Índice de figuras

Figura 1. Perfiles y secciones laminados en caliente.	35
Figura 2. Secciones laminadas en frío	36
Figura 3. a) Posición del refuerzo. b) y c) tolerancias.....	46
Figura 4. Recubrimiento del refuerzo. b), c) y d) tolerancias	47
Figura 5. Ubicación vertical para elementos enterrados y tolerancia permisible.....	47
Figura 6. Tolerancias de ubicación y colocación de dovelas.	49
Figura 7. Ubicación de refuerzo con respecto a elementos embebidos.....	49
Figura 8. Colocación de empalmes por traslapos alternados.	52
Figura 9. Restricción de ubicación para empalmes por traslapo.	53
Figura 10. Requisitos especiales para empalmes en columnas.	54
Figura 11. Distancia máxima entre amarras transversales de barras a compresión....	56
Figura 12. Ejemplo de colocación de refuerzo en los nudos de unión viga columna y en traslapos.	58
Figura 13. Zonas de confinamiento en vigas.....	59
Figura 14. Zonas de confinamiento en columnas.	60
Figura 15. Detalles especiales de armado para columnas.	62
Figura 16. Configuración del refuerzo para pasante de tuberías.	62
Figura 17. Vista en planta de desviación horizontal permisible en la ubicación de fundaciones.	64
Figura 18. Vista en planta de la desviación horizontal permisible en la ubicación de fundaciones de elementos de mampostería.....	64
Figura 19. Vista en elevación de la desviación vertical permisible en la ubicación de la cara superior de fundaciones.....	65
Figura 20. Vista en planta de la desviación permisible en las dimensiones de la sección transversal de fundaciones encofradas.....	65
Figura 21. Vista en planta de la desviación permisible en las dimensiones de la sección transversal de fundaciones formadas por el suelo.	66
Figura 22. Vista en elevación de la desviación en el espesor de la fundación.....	66
Figura 23. Desplome permisible en columnas.....	67
Figura 24. Vista en planta de la desviación horizontal permisible en la ubicación de columnas y muros.....	68
Figura 25. Desviación vertical en vigas y ménsulas.	70
Figura 26. Distancia entre elementos adyacentes seccionados en un plano vertical...	71
Figura 27. Juntas de aislamiento.	73
Figura 28. Juntas de expansión típicas.	73
Figura 29. Recomendaciones para el colado de losas sobre el terreno.	75
Figura 30. Colocación de viguetas pretensadas de entrepiso.	77
Figura 31. Secuencia de remoción de puntales y encofrados.	79
Figura 32. Referencia para la rectitud longitudinal de secciones W y S.	86
Figura 33. Referencia para la rectitud longitudinal de secciones C, L y T.	88
Figura 34. Simbología para tolerancias de la sección transversal de perfiles W.	89
Figura 35. Simbología para tolerancias de la sección transversal de perfiles S.	90
Figura 36. Simbología para tolerancias de la sección transversal de perfiles C.	90
Figura 37. Simbología para tolerancias de la sección transversal de perfiles C.	91

Figura 38. Tolerancia de ubicación de los puntos de trabajo en la base.	92
Figura 39. Acortamiento diferencial de columnas.....	93
Figura 40. Envolvente en el plomo de columnas exteriores.	95
Figura 41. Tolerancias en la alineación para miembros rectos empalmados en campo.	96
Figura 42. Perfiles aceptables e inaceptables de soldadura de filete.	100
Figura 43. Perfiles aceptables e inaceptables de soldadura en juntas a tope.....	101
Figura 44. Simbología de soldadura.	106
Figura 45. Ejemplos de simbología para soldadura de filete.	106
Figura 46. Ejemplo de simbología para soldaduras a tope.....	107
Figura 47. Conexión de aplastamiento.....	111
Figura 48. Conexión de deslizamiento crítico.....	111
Figura 49. Conexión pretensada.....	112
Figura 50. Tipos de agujero.	113

Índice de cuadros

Cuadro 1. Controles generales y requisitos mínimos a evaluar.....	24
Cuadro 2. Resistencia y elongaciones permisibles para el acero A615.....	27
Cuadro 3. Requisitos de doblado para el acero ASTM A615.	27
Cuadro 4. Resistencia y elongaciones permisibles para el acero A706.....	28
Cuadro 5. Requisitos de doblado para el acero A706.	28
Cuadro 6. Esfuerzos para el refuerzo de malla electrosoldada corrugada.	30
Cuadro 7. Esfuerzos para el refuerzo de malla electrosoldada lisa.	30
Cuadro 8. Tipos de cemento y principales aplicaciones recomendadas.....	32
Cuadro 9. Requisitos para los agregados según normas INTE.	33
Cuadro 10. Requerimientos mínimos de tensión para el acero A36.....	36
Cuadro 11. Requerimientos mínimos de tensión para aceros A572.....	37
Cuadro 12. Requerimientos mínimos de tensión para aceros A992.....	37
Cuadro 13. Especificación del material de fabricación de elementos en el mercado...	38
Cuadro 14. Designación estándar de secciones de acero estructural.	38
Cuadro 15. Tensión nominal de conectores y partes roscadas.	39
Cuadro 16. Propiedades mecánicas para material de aporte en soldaduras del sistema sismorresistente.....	40
Cuadro 17. Electrodo eximidos de ensayos especiales.....	40
Cuadro 18. Diámetro de doblado mínimo para el acero de refuerzo.	44
Cuadro 19. Valores de recubrimiento mínimo.	45
Cuadro 20. Tolerancias permitidas para la posición y recubrimiento del acero de refuerzo.	45
Cuadro 21. Tolerancia en la ubicación vertical de las dovelas.	48
Cuadro 22. Distancia libre mínima entre barras o paquetes de barras.	50
Cuadro 23. Tolerancias para la ubicación longitudinal de los ganchos y las terminaciones de barras.....	51
Cuadro 24. Porcentaje de aumento en traslapo para barras empaquetadas.....	52
Cuadro 25. Longitud de empalme para barras en compresión.	53
Cuadro 26. Tolerancias permisibles en longitudes de desarrollo o longitud de traslapos.	54
Cuadro 27. Diámetros mínimos de confinamiento.....	55
Cuadro 28. Tipos de empalme a utilizar en refuerzo transversal de tipo espiral.....	57
Cuadro 29. Tolerancia de las dimensiones en planta para fundaciones formadas por el suelo.....	66
Cuadro 30. Tolerancia para el desplome de columnas y muros.....	67
Cuadro 31. Desviación en las dimensiones de la sección transversal.....	68
Cuadro 32. Desviación permisible del espaciamiento de elementos seccionados por un plano vertical.....	70
Cuadro 33. Tolerancia en la reducción del espesor de losas sobre el suelo.	76
Cuadro 34. Tiempo de remoción de puntales y encofrado.	80
Cuadro 35. Tiempo de remoción de puntales y encofrado.	80
Cuadro 36. Variaciones permisibles en la rectitud de elementos W.	87
Cuadro 37. Variaciones permisibles en la rectitud de secciones S, C, L y T.	87
Cuadro 38. Variaciones permisibles en la sección transversal de secciones W.	89

Cuadro 39. Variaciones permisibles en la sección transversal de secciones S.	89
Cuadro 40. Variaciones permisibles en la sección transversal de secciones C.	90
Cuadro 41. Variaciones permisibles en la sección transversal de angulares.	91
Cuadro 42. Límites de convexidad para soldaduras de filete.	100
<i>Cuadro 43. Criterios de aceptación para inspección visual de soldaduras.</i>	<i>107</i>
Cuadro 44. Dimensiones nominales de los agujeros.	114

Capítulo 1

Aspectos generales

Generalidades

Introducción

El presente documento tiene como propósito integrar los criterios técnicos establecidos por las distintas normas y códigos con respeto a la inspección estructural, tanto a nivel nacional como internacional, y servir como guía de los aspectos a revisar en campo durante el proceso constructivo de una edificación.

Objetivo

Establecer un procedimiento de inspección estándar que garantice al cliente un producto que cumpla con los requerimientos estructurales necesarios para su correcto funcionamiento y respete las especificaciones del contrato en su totalidad.

Alcance y limitaciones

Los lineamientos contenidos en este manual, permiten inspeccionar una gran variedad de elementos estructurales; sin embargo, se recomienda que el profesional responsable de la inspección estructural, lo utilice como guía apoyándose en primer lugar en su experiencia y criterio técnico.

El presente documento no contiene aspectos de elementos estructurales poco convencionales, para los cuales en caso de ser necesario, se deberá recurrir a otras herramientas de inspección no mencionadas en este documento.

Los criterios establecidos en este manual, no podrán ser extrapolados para elementos que no estén contemplados en el mismo.

Recomendaciones de uso

El inspector no deberá utilizar las disposiciones del presente documento de forma acrítica. Para el mejor aprovechamiento de la presente herramienta, se recomienda que se respeten los lineamientos que la misma contiene. En caso de ser necesario, el Inspector, podrá prescindir de estas disposiciones y utilizar criterios alternativos más rigurosos.

Notación y definiciones

Definiciones

Inspección

Uno de los aspectos determinantes para el buen funcionamiento de una estructura, es calidad de la mano de obra en cada una de sus etapas y operaciones. En el ámbito de la construcción es común encontrar mano de obra poco especializada y en el peor de los casos con ausencia total de ésta lo cual es un factor a considerar en la vida útil de la estructura, razón por la cual es importante verificar en el proceso de construcción el cumplimiento de todos los aspectos técnicos. Esta responsabilidad le corresponde a la inspección y por lo tanto, es uno de los procedimientos más importantes en la ejecución de obras civiles.

Según el Reglamento para la contratación de servicios de consultoría en Ingeniería y Arquitectura del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) , la inspección se define como:

“... la vigilancia o atención que el profesional o grupo de profesionales suministra durante el proceso de ejecución de una obra, con el fin de que ésta se realice de conformidad con las mejores normas de trabajo, los planos de construcción, las especificaciones técnicas y demás documentos que forman parte del contrato. Si bien el profesional que realiza la inspección asume la responsabilidad que le corresponde en virtud de la tarea encomendada por el cliente, su actuación no libera al constructor de su responsabilidad contractual. El servicio de inspección se presta mediante visitas periódicas a la obra por parte del profesional. No implica una permanencia constante o residencia profesional...”

El concepto de inspección de campo, incluye no solo observaciones y mediciones de campo sino también la revisión de aspectos estructurales mediante la realización de pruebas de laboratorio y análisis de sus resultados.

Inspector

Deberá ser un profesional de Ingeniería Civil o en Construcción, inscrito en el CFIA, facultado para el diseño estructural. A continuación se detallan los aspectos que caracterizan a un inspector:

Características

- Ser una persona íntegra, con experiencia práctica en el proceso que se le ha asignado, con el conocimiento del comportamiento estructural del mismo, que le permita conocer los principios técnicos pertinentes.
- Tener claro el proceso constructivo de los elementos a inspeccionar.
- Tener la capacidad de jerarquizar los distintos conceptos para poder concentrar su atención en los más importantes. Debe estar familiarizado con las tolerancias y criterios de recepción establecidos en los documentos de diseño y normas que competen a los procesos inspeccionados.
- Ser estricto, exigente y respetuoso en las observaciones y modificaciones requeridas.

Responsabilidades

- Representar al propietario del proyecto en construcción y garantizar que reciba en obra lo estipulado en el contrato.
- Tener un juego actualizado de planos del proyecto a inspeccionar.
- Garantizar el cumplimiento de planos y especificaciones, elaborando los documentos que certifiquen dicho cumplimiento.
- Hacer las anotaciones correspondientes a lo observado durante el proceso de inspección en el Cuaderno de Bitácora de Obra. Toda visita de inspección debe ser registrada y firmada en la Bitácora de Obra.
- Trabajar en equipo con el grupo de profesionales en obra.

Obligaciones

- Identificar, examinar y aceptar los materiales, a partir de los certificados entregados por los productores y proveedores y los resultados del muestreo y pruebas de laboratorio de los materiales entregados.
- Verificar que se hayan corregido los procedimientos y elementos inaceptables.
- Preparar registros e informes de cada inspección.
- Utilizar como mínimo el siguiente equipo básico de seguridad a la hora de realizar la inspección:
 - Casco.
 - Chaleco.
 - Zapatos con punta de acero.
 - Anteojos de seguridad.
- Seguir las directrices de seguridad establecidas por la empresa constructora que desarrolla el proyecto.

Autoridad

- El inspector debe buscar solución a los problemas presentados sobre la marcha del proceso y detener el mismo como último recurso si sus observaciones no son atendidas.
- Contar con la autorización para desechar e impedir el uso de materiales, equipo y/o mano de obra que no satisfagan los requisitos del diseño o que puedan generar un producto deficiente.

Medidas y tolerancias

Es frecuente suponer equivocadamente que las tolerancias deben aplicarse a la colocación de maestras, encofrados y guías de construcción, sin embargo esto no es así, ya que las tolerancias aplican únicamente al producto final.

Es importante que el inspector verifique que todos los elementos se encuentren tal y como se especifica en planos, así evitar que el producto final sobrepase las tolerancias permisibles y por lo tanto, haya una reducción en la calidad del mismo.

El criterio del inspector es sumamente importante y en ocasiones, podría permitir variaciones que a su criterio no afectan el comportamiento estructural de los elementos.

Siglas

ACG: Asociación Costarricense de Geotecnia.

ACI: Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute).

AISC: Instituto Americano de la Construcción en Acero (American Society of Steel Construction)

ASTM: Sociedad Americana para pruebas en materiales (American Society for Testing Materials)

AWS: Sociedad Americana de la Soldadura (American Welding Society).

CBR: Índice de soporte de California (California bearing ratio).

CFIA: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

END: ensayos no destructivos.

EPS: Especificación de procedimiento de soldadura.

FCAW: Soldadura con hilos tubulares (Flux cored arc welding).

GMAW: Soldadura protegida con gas (Gas metal arc welding).

ICC: Consejo Internacional de Códigos (International Code Council).

ICCYC: Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto.

IMCYC: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

INS: Instituto Nacional de Seguros.

INTECO: Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

LANAMME: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.

MEIC: Ministerio de Economía, Industria y Comercio.

MSP: Macro Steel Project

RCSC: Consejo de investigación de conexiones estructurales (Research Council on Structural Connections)

SMAW: Soldadura por arco eléctrico (Shielded metal arc welding).

SPT: Ensayo de penetración estándar (Standard Penetration Test).

WRI: Instituto del Alambre de Refuerzo (Wire Reinforcement Institute)

.

Notación

h_w : Altura del muro o del segmento de muro considerado.

l_w : Longitud del muro o del segmento de muro considerado en la dirección de la fuerza cortante.

d : Peralte efectivo de la sección.

d_b : Diámetro nominal de la barra en milímetros.

f'_c : Resistencia a la compresión del concreto en kg/cm^2 , si se utiliza en otras unidades, se especificará en la ecuación correspondiente.

f_t : Esfuerzo especificado de tensión en kg/cm^2 , si se utiliza en otras unidades, se especificará en la ecuación correspondiente.

f_y : Esfuerzo especificado de fluencia en kg/cm^2 , si se utiliza en otras unidades, se especificará en la ecuación correspondiente.

h : peralte de la sección.

l_{ag} : Longitud de anclaje, en milímetros.

l_{ar} : Longitud de anclaje recto.

m : Metro.

mm : Milímetro.

MPa : Megapascal.

Reglamentación

En Costa Rica, para efectos de inspección estructural en los temas que abarca el presente documento, aplican los siguientes códigos, especificaciones, normas y reglamentos:

- Código sísmico de Costa Rica (CSCR).
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR).
- Normas de la Sociedad Americana para pruebas en Materiales (ASTM)
- Normas INTE del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO)
- Código Internacional de la Construcción (IBC)
- Especificaciones del Instituto Americano del Concreto (ACI)
- Especificaciones Instituto Americano de la Construcción de acero (AISC).
- Especificaciones de la Sociedad Americana de la Soldadura (AWS)
- Reglamentos técnicos de materiales del Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC).

Organización de la inspección

Actividades previas

Revisión de la documentación

El inspector deber revisar la documentación contractual a saber:

- Contrato y anexos.
- Conocer las especificaciones y planos del proyecto.
- Estudios de suelos y materiales.
- Condiciones generales de la contratación.
- Cualquier otra información relativa.

Estudio de la documentación

El estudio de la documentación incluye:

- Análisis, valoración y clasificación.
- Aclaratorias necesarias con el proyectista, contratante y contratista de la obra.
- Lista de actividades, certificaciones de calidad, mediciones o verificaciones que se deben realizar.

Registros de inspección

A nivel interno, las inspecciones serán documentadas mediante el uso de listas de verificación en las cuales quedará plasmado el proceso de inspección realizado por el inspector el cual incluye los aspectos revisados para cada uno de los elementos, las observaciones y anotaciones respectivas cuando apliquen.

Además, el Inspector deberá anotar en el cuaderno de bitácora de obra lo observado durante el proceso de inspección, las correcciones y procedimientos que deberá realizar el contratista para atender las correcciones. Deben anotarse también los cambios realizados al diseño.

Control de cambios

Durante el proceso de inspección, es probable que surjan cambios provocados por diferentes causas; ya sea por modificaciones arquitectónicas, aspectos que no hayan sido tomados en cuenta durante el proceso de diseño u otras que podrían conllevar cambios estructurales implícitos.

Por lo tanto, es importante que se lleve un registro escrito y formal de los cambios solicitados por implicados en la obra, sin importar si estos tienen repercusión económica o son actualizaciones que no conllevan cambios estructurales importantes.

Para registrar de dichos cambios, se utilizará una “orden de cambio”, en la cual deberá indicarse el tipo de cambio, una breve descripción del mismo y la firma de la persona lo que solicita. Además de información general del proyecto, fecha de la solicitud y otros aspectos importantes para el respaldo de la información.

Control de la información

El sistema de control de la información, se deberá apegar al sistema de gestión de la empresa y/o profesional encargado de la inspección. Se deberá contar con mecanismos de que garanticen la seguridad de la información.

El sistema de control de la información deberá ser flexible y susceptible a modificaciones rápidas que permitan adaptar el manejo de la información al proyecto y grupo de trabajo.

En el sistema deberán archivar después de la inspección, principalmente los siguientes documentos:

- Órdenes de cambio.
- Listas de verificación.
- Fotografías

Capítulo 2

Aspectos específicos

1 | Materiales

Este apartado no pretende enseñar al inspector el comportamiento del material como parte de un elemento estructural, en su lugar mostrará los requisitos de inspección, algunas especificaciones técnicas requeridas según normas y reglamentos. Además, se mencionan aspectos generales de la escogencia de los materiales.

Suelo

El proceso constructivo de cimentaciones, excavaciones y muros de contención deberá asegurar el cumplimiento de las hipótesis de diseño, garantizar la seguridad de la estructura y de los trabajadores durante la construcción y evitar daños a terceros.

Las superficies excavadas en las cuales se ha de colocar concreto, deben cumplir con los requisitos establecidos de ubicación, dimensiones, forma, compactación y humedad. Deben verificarse los siguientes aspectos:

- Comprobación del área de fundación y que se haya aprobado para el diseño de carga por un Ingeniero geotécnico.
- Humectación las paredes y fondo de la fundación previo a la colocación del concreto.
- Eliminación de agua antes de la colocación del concreto.
- Se tomen las provisiones para el drenaje donde sea necesario.

(IMCYC, 2007)

Cuando se deba colocar concreto estructural directamente contra la tierra, la condición de la subrasante es vital. A menos que la estructura o la losa esté siendo colocada sobre un relleno controlado o que esté soportada por otro mecanismo, tal como pilotes; es sumamente importante que la subrasante no esté perturbada. Las subrasantes de suelo arcilloso deben ser protegidas contra la penetración de agua antes de la colocación del concreto. Los suelos ablandados por agua o perturbados necesitarán ser recortados, colocados nuevamente y compactados con material estructural de relleno, tal como se defina en las especificaciones del proyecto o el reporte geotécnico, antes de la colocación del concreto (IMCYC, 2007).

Dependiendo de las condiciones climáticas, de la duración de los trabajos previos de preparación y la naturaleza de los suelos arcillosos, puede ser necesario colocar un sello de concreto para la subrasante. Típicamente tiene un espesor de 50 a 100 mm y debe ser colocada tan pronto como sea posible después de que quede expuesta la superficie de cimentación; de modo que selle la subrasante, preserve su integridad, evite la ganancia de humedad (IMCYC, 2007) y no permita que el concreto estructural se mezcle con el suelo cuando se está efectuando el proceso de colado.

Es importante realizar controles y evaluar diferentes requisitos para detectar problemas a tiempo previo a la ejecución de los trabajos y de esta manera poder solucionar los mismos con el objetivo de eliminar riesgos para el proyecto y a terceros.

El cuadro 1 contiene los controles generales y requisitos a evaluar de acuerdo al Código de Cimentaciones de Costa Rica.

Cuadro 1. Controles generales y requisitos mínimos a evaluar.

Control	Requisitos y problemas relacionados
Verificaciones de los supuestos de diseño	<p>Perfil típico del subsuelo, localización, identificación de estratos, espesores, propiedades y naturaleza, verificación del estrato resistente. Identificación de condiciones y factores diferentes a los preestablecidos.</p> <p>Evaluación y confirmación de la resistencia y compresibilidad.</p> <p>Control de aguas, localización del nivel freático, filtraciones, flujo en el subsuelo y cuantificación.</p> <p>Nivel de perturbación del estrato resistente.</p> <p>Condiciones de estabilidad. Control topográfico de la excavación y puntos de carga máxima.</p>
Efectos sobre terrenos aledaños	<p>Requerimiento de protección para estructuras resistentes colindantes, control de deformaciones laterales, estabilidad de excavaciones, efecto de la hincada de pilotes y vibraciones, abatimiento de nivel freático, efecto de relleno y deformaciones laterales y asentamientos.</p>
Excavaciones	<p>Condiciones de drenaje, estabilidad de taludes, efectos del intemperismo, régimen de lluvia, carga externa perimetral, carga dinámica, duración.</p> <p>Control de posición y desplazamiento de estructuras de retención, giro y traslación.</p> <p>Medición de la presión lateral del suelo y esfuerzos en los elementos de soporte.</p> <p>Verificación de la falla de fondo por levantamiento.</p>
Rellenos	<p>Cumplimiento de las especificaciones de calidad y graduación del material de relleno, control de humedad-densidad. Control de espesores y uniformidad. Proceso de compactación. Preparación de superficies.</p> <p>Condiciones ambientales, protección de relleno y sellos en tiempo lluvioso.</p>
Comportamiento de la obra	<p>Asentamientos diferenciales, inclinaciones, subpresiones, distorsión angular, agrietamientos, infiltraciones, estabilidad del terreno, respuesta dinámica.</p>

Fuente: (ACG, 2009)

Las pruebas típicas que se piden al laboratorio para evaluar la capacidad y compactación idónea de los suelos son: prueba de compresión inconfiada, próctor estándar, SPT (Espinoza, 2012).

En el sitio, el nivel de compactación se puede determinar con el método del cono de arena (Espinoza, 2012) o mediante el uso de un densímetro nuclear.

Materiales de relleno y sustitución

Estos se emplean como subbase y ayudan a la distribución de cargas puntuales de las losas de contrapiso hacia los terrenos superficiales cuya resistencia generalmente es deficiente.

El espesor mínimo a utilizar se proyecta en función del nivel de compactación del material, ya que cuanto mayor sea la compactación mejor es la distribución de la carga de la losa de contrapiso o fundación hacia el terreno.

Una característica muy importante del material de sustitución es que contenga partículas gruesas y finas, las cuales se puedan compactar. Algunos de los materiales utilizados para sustitución son la piedra quebrada, grava, pizarra y lastre.

El lastre es el material más utilizado debido a que durante el proceso de compactación el mismo se degrada ayudando a llenar los vacíos y lograr que la compactación sea efectiva.

Para asegurar la calidad del material de sustitución los ensayos de laboratorio requeridos son: próctor modificado, CBR (Espinoza, 2012).

Acero de refuerzo

Debido a que al concreto es un material cuya resistencia a la tensión es aproximadamente un 10% de la resistencia a la compresión, es necesario compensar esa deficiencia con otro material que tenga la capacidad para transmitir tensión (Espinoza, 2012). Por esa razón se utiliza el acero de refuerzo, el cual debe ser corrugado, excepto en espirales o acero de preesfuerzo, en los cuales se puede utilizar refuerzo liso. Las fibras de acero deformadas dispersas se permiten solamente para elementos a flexión para resistir cortante bajo las condiciones en las que se requiera el refuerzo mínimo por cortante y se permita desprestigiar la torsión (ACI, 2008). Se permite el uso de otros tipos de refuerzos cuando el ACI 318 así lo permita según lo indicado en el artículo 3.5.1.

Se debe utilizar acero de refuerzo elaborado según la norma ASTM A706M, en el refuerzo longitudinal de elementos estructurales que formen parte de sistemas sismorresistentes y requieran ductilidad local óptima (CFIA, 2010).

Se permite utilizar acero de refuerzo elaborado según la norma ASTM A615M, grado 60 o grado 40, en elementos estructurales que formen parte de sistemas sismorresistentes y requieran ductilidad local moderada, así como en aros y ganchos de cualquier elemento estructural. El acero de refuerzo ASTM A615, grados 40 y 60, se permite en estos elementos siempre y cuando:

- a) El límite real de fluencia basado en ensayos realizados por la fábrica no debe ser mayor que f_y en más de 125MPa;
- b) La relación entre la resistencia real a la tensión y la resistencia real de fluencia no sea menor a 1,25.

(ACI, 2008)

En muros bajos con h_w/l_w menor que 2 de edificaciones de hasta dos niveles que sean diseñadas para demanda elástica, en losas de entrepiso y en los elementos que no forman parte de sistemas sismorresistentes, se pueden utilizar los alambres que cumplen la norma ASTM A1064 (CFIA, 2010).

Barras de refuerzo

Marcas de distinción

Según el Reglamento Técnico RTCR452:2011, toda barra deberá contar con marcas que especifiquen:

- Punto de origen: letra o símbolo establecido como la designación del fabricante.
- Designación de tamaño: número arábigo correspondiente al número de designación de la barra.
- Tipo de acero.
 - S: barra producida bajo la norma INTE 06-09-01 (ASTM A615).
 - W: barra grado 60 producida bajo la norma INTE 06-09-02 (ASTM A706).
- Designación de esfuerzo de fluencia mínima: para expresar la designación del grado, se realiza de la siguiente forma:
 - Para barras de grado 40 no se requiere ninguna designación.
 - Para barras de grado 60, la designación puede ser un "60" o una línea longitudinal continua individual a través de al menos cinco espacios desplazados desde el centro del lado de la barra.

Barras de acero corrugado

Este el refuerzo es el elaborado de acuerdo a lo estipulado por la norma ASTM A615 y deberá cumplir con las siguientes características:

- Las barras de refuerzo deben conseguirse en cuatro valores mínimos de esfuerzo de fluencia llamadas grado 40 (280MPa), grado 60 (420MPa), grado 75 (520MPa) y grado 80 (550MPa).
- No poseen características especiales para ser soldadas.
- Su fabricación se realiza moldeando el acero en caliente, para lograr el diámetro deseado y las corrugaciones para das anclaje mecánico.
- La composición química establecida por la norma.
- Las resistencias y elongaciones deberán cumplir con los datos del cuadro 2.
- El refuerzo debe cumplir con los requisitos del cuadro 3. para el doblado a 180° sin fisurarse.
- El ensayo debe realizarse con barras de sección completa, sin embargo en aquellos casos que no cumpla, pueden ser utilizados especímenes que cumplan los requisitos de la norma A370.

El cuadro 2 muestra las resistencias y elongaciones permisibles para el acero elaborado bajo la especificación ASTM A615.

Cuadro 2. Resistencia y elongaciones permisibles para el acero A615.

	Grado 40	Grado 60	Grado 75	Grado 80
Esfuerzo último mínimo, MPa	420	620	690	725
Esfuerzo de fluencia mínimo, MPa	280	420	420	550
Elongación en 200 mm, %				
Designación de la barra				
#3	11	9	7	7
#4,#5	12	9	7	7
#6	12	9	7	7
#7, #8	---	8	7	7
#9, #10, #11	---	7	6	6
#14, #18	---	7	6	6

Fuente: (INTECO, 2010)

El cuadro 3 muestra los requisitos de doblados sin fisuras para el acero elaborado bajo la especificación ASTM A615.

Cuadro 3. Requisitos de doblado para el acero ASTM A615.

Designación de la barra	Diámetro del mandril de doblado			
	Grado 40	Grado 60	Grado 75	Grado 80
#3, #4,#5	3,5 d_b	3,5 d_b	5 d_b	5 d_b
#6, #7, #8	5 d_b	5 d_b	5 d_b	5 d_b
#9, #10, #11	---	7 d_b	7 d_b	7 d_b
#14, #18	---	9 d_b	9 d_b	9 d_b

Fuente: (INTECO, 2010)

Se sugiere consultar la norma A370 para asegurarse que el laboratorio está cumpliendo con los requisitos especificados para los especímenes a ensayar, en caso de que estos no puedan ser ensayados con sección completa.

Barras de acero de baja aleación

Es el refuerzo elaborado de acuerdo a lo estipulado por la norma ASTM A706 y deberá cumplir con las siguientes características:

- Las barras se producen con una única resistencia mínima de fluencia llamada grado 60 (420MPa).
- La composición química es controlada para permitir la soldadura.
- La fabricación se realiza rolando el acero en caliente para lograr el diámetro deseado y las corrugaciones para obtener anclaje mecánico.
- La composición química establecida por la norma.
- Las resistencias y elongaciones deben cumplir con los valores del cuadro 4.
- El refuerzo debe cumplir con los siguientes requisitos de doblado a 180° mostrados en el cuadro 5, sin fisurarse.

El cuadro 4 muestra las resistencias y elongaciones permisibles para el acero elaborado bajo la especificación ASTM A706.

Cuadro 4. Resistencia y elongaciones permisibles para el acero A706.

	Grado 60
Esfuerzo último mínimo, MPa	620
Esfuerzo de fluencia mínimo, MPa	420
Elongación en 200 mm	
Designación de la barra	
#3, #4, #5, #6	14
#7, #8, #9, #10, #11	12
#14, #18	10

Fuente: (INTECO, 2010)

El cuadro 5 muestra los requisitos de doblados sin fisuras para el acero elaborado bajo la especificación ASTM A706.

Cuadro 5. Requisitos de doblado para el acero A706.

Designación de la barra	Diámetro del mandril de doblado
#3, #4, #5	3 d_b
#6, #7, #8	4 d_b
#9, #10, #11	6 d_b
#14, #18	8 d_b

Fuente: (INTECO, 2010)

Mallas de refuerzo

Designación del tamaño del alambre y las mallas

El alambre individual se designa mediante el uso de la letra D, para acero corrugado y la letra W, para acero liso; letras que serán acompañadas por la magnitud del área transversal en pulgadas cuadradas, multiplicada por el valor de 100. Por ejemplo, si la designación es W4, significa que se trata de alambre liso, con un área transversal de 0,04 pulgadas cuadradas (WRI, 2010).

En el caso de las mallas, la nomenclatura es semejante. La designación del alambre que la compone, se realiza de la misma manera, pero primero se debe colocar el espaciamiento en ambos sentidos de la malla (WRI, 2010). La notación a utilizar para mallas, es la siguiente:

Designación de malla: $\underline{N} \times \underline{M} - \underline{WX} \times \underline{WY}$

Dónde:

\underline{N} : es el espaciamiento en pulgadas de los alambres longitudinales.

\underline{M} : es el espaciamiento en pulgadas de los alambres transversales.

\underline{WX} : significa que el acero longitudinal es alambre liso (W) y con un área transversal de X/100 pulgadas cuadradas.

\underline{WY} : significa que el acero longitudinal es alambre liso (W) y con un área transversal de Y/100 pulgadas cuadradas.

Malla de alambre electrosoldado

Este tipo de refuerzo para concreto debe estar elaborado de acuerdo a las especificaciones de la norma ASTM A1064 y deberá cumplir con las siguientes características:

- a) Estar elaborado bajo las especificaciones: ASTM A185 (liso), ASTM A497 (corrugado) (ACI, 2008).
- b) Si la resistencia a la fluencia f_y es mayor que 420 MPa, la resistencia a la fluencia debe ser el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria de 0,35% (ACI, 2008).

Refuerzo corrugado

En este refuerzo las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 400 mm, en el sentido del esfuerzo calculado (ACI, 2008).

Los valores del esfuerzo de fluencia, mostrados en el cuadro 6, corresponden a los valores de esfuerzo medidos a una deformación unitaria de 0,5%.

Cuadro 6. Esfuerzos para el refuerzo de malla electrosoldada corrugada.

Tamaño del alambre	Esfuerzo último (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Resistencia al cortante de la soldadura (MPa)
Menores a W1,2	485	385	---
W1,2 y mayores	515	450	240

Fuente: (WRI, 2010; ASTM, 2013).

Refuerzo liso

En este refuerzo las intersecciones soldadas no deben estar espaciadas a más de 400 mm, en el sentido del esfuerzo calculado (ACI, 2008).

Los valores del esfuerzo de fluencia, mostrados en el cuadro 7, corresponden a los valores de esfuerzo medidos a una deformación unitaria de 0,5%.

Cuadro 7. Esfuerzos para el refuerzo de malla electrosoldada lisa.

Tamaño del alambre	Esfuerzo último (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Resistencia al cortante de la soldadura (MPa)
Menores a D4	550	485	---
Entre D4 y D45	550	485	240

Fuente: (WRI, 2010; ASTM, 2013).

Soldadura

El procedimiento de soldadura para barras de refuerzo debe basarse en la especificación AWS D1.4. El tipo de empalmes y su ubicación, deberán ser indicados en los planos de diseño o en las especificaciones del proyecto.

Las barras fabricadas según a las especificaciones ASTM para barras de refuerzo, excepto ASTM A706M, deben ser complementadas con un informe para poder verificar la soldabilidad y el cumplimiento de las propiedades de la especificación AWS D1.4 (ICC, 2009).

Concreto

Es un material producto de la mezcla de diferentes elementos tales como cemento hidráulico, piedra (agregado grueso), arena (agregado fino), agua y en algunos casos se agregan aditivos. El concreto se conoce como un material heterogéneo y su resistencia del diseño se puede modificar drásticamente si alguno de los materiales que lo componen es de mala calidad.

Para obtener un concreto de buena calidad se deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- Utilización de un buen cemento: con bajos niveles de calcio libre, que es un inerte dentro del cemento y bajos niveles de aluminato tricálcico pues produce grandes liberaciones de calor y pobres resultados en la resistencia del concreto.
 - Resistencia a la intemperie y químicos: lo cual se logra con la elaboración de concretos densos, de buen acabado superficial, cura adecuada y baja relación agua/cemento.
 - Resistencia mecánica: la cual se obtiene por medio de una buena calidad de la pasta, agregados bien graduados y limpios, baja relación agua/cemento y buena vibración.
- (Espinoza, 2012)

Los ensayos que generalmente se utilizan para controlar la calidad del concreto son: prueba de revenimiento, contenido de aire, temperatura del concreto, curado y prueba de cilindros. Se debe verificar que todas las pruebas solicitadas en el contrato están siendo realizadas, incluyendo el número, tiempo de curado y frecuencia (Division of Engineering U.S. Fish and Wildlife service, Departament of the interior, 2004).

Un resultado de prueba de resistencia siempre es el promedio de, al menos, dos especímenes probados a la misma edad. Puede hacerse un conjunto de dos a seis cilindros a partir de la misma muestra.

Durante el proceso de colado de elementos de concreto, cómo mínimo se deben tomar muestras de concreto al menos:

- Una vez al día.
- Una vez por cada 110 m³ de concreto colocado.
- Una vez por cada 460 m² de losas o muros.

(LANAMME, UCR, 2011).

Cuando los requisitos anteriores producen 5 ensayos de resistencia o menos, para cada clase de concreto, debe muestrearse al menos 5 tandas al azar o todas las tandas cuando son menos de 5 (IMCYC, 2006).

Si el total del concreto de una clase que se va a colocar es menor que 38m³ no es necesario muestrear para ensayos de resistencia si se demuestra con evidencia que la resistencia es adecuada (IMCYC, 2006).

Cuando los resultados de las pruebas a compresión de los cilindros estén un 10% por debajo de la resistencia solicitada por diseño, se puede realizar una verificación por métodos no destructivos como el esclerómetro o la extracción de núcleos. Si el resultado sigue dando bajo, se debe demoler el elemento (Espinoza, 2012) o realizar alguna especie de reforzamiento para complementar la resistencia del elemento (Navarro, 2013).

Debido a que la calidad del concreto depende de la calidad de sus componentes, a continuación se mencionarán algunos de los aspectos a tomar en cuenta en la escogencia de cada uno de ellos.

Cemento

Los cementos son conglomerantes hidráulicos, es decir, productos que al ser mezclados con agua permiten la formación de pastas que fraguan y endurecen, dando lugar a productos mecánicamente resistentes y estables (ICCYC, 2005).

El cuadro 8 muestra los principales tipos de cemento permitidos en Costa Rica según el RTCR 383:2004.

Cuadro 8. Tipos de cemento y principales aplicaciones recomendadas.

Tipo	Aplicaciones en concretos y morteros
I	Concretos de usos generales.
I-AR	Concretos de alta resistencia inicial.
MP-AR	Concretos de alta resistencia inicial con moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.
MP	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial y resistencia a los sulfatos, agua de mar, y de bajo calor de hidratación.
GU, MS	Concretos y morteros de uso general que no demanden alta resistencia inicial, concretos de uso masivo, con requerimientos de alta resistencia a los sulfatos, o al agua de mar y de bajo calor de hidratación.
Albañilería	No se recomienda la fabricación de concretos de uso estructural. Se recomienda sólo para fabricación de morteros.

Fuente: (MEIC, 2004)

Etiquetado del empaque

Debe cumplir con las siguientes disposiciones:

- El empaque debe indicar:
- Nombre del "Cemento".
- Tipo de cemento y la modificación de alguno de sus componentes si hubiere (Tipo I-RTCR, MP-RTCR, UG-RTCR, MS-RTCR, Tipo I-RTCR/AR, MP-RTCR/AR).
- Resistencia a los 28 días en MPa (de ser un cemento de alta resistencia inicial "AR", se indica la resistencia a un día).
- La aplicación recomendada.

Algunas otras características de empaquetado que no son importantes desde el punto de vista de la inspección se pueden consultar en el RTCR 383.

Agregados

La norma ASTM C33 regula el uso de agregados grueso y fino en cuanto al contenido de impurezas y graduación, en Costa Rica el decreto N°10854-MEIC, contiene las especificaciones técnicas para los agregados.

Con el objetivo de lograr un buen concreto se recomienda controlar los siguientes aspectos:

- Los pesos unitarios deberán altos, para asegurar materiales densos y capaces de transmitir cargas satisfactoriamente.
- Las absorciones deberán ser bajas, con la cual se logra controlar bien el agua libre de mezcla y así la relación agua/cemento.

La normativa nacional establece los requerimientos del cuadro 9 para dichas recomendaciones.

Cuadro 9. Requisitos para los agregados según normas INTE.

Agregado	Gravedad específica	Absorción (%)
Fino	Mayor a 2,4	Menor a 3,0
Grueso	Mayor a 2,4	Menor a 3,7

Fuente: (INTECO, 2009) (INTECO, 2010)

Agregado Fino

Se conoce como agregado fino a la arena natural (arena de río, de mar o de tajo), arena manufacturada (polvo de piedra en condición natural o lavado) o combinación de ambas, que pasa el tamiz de 9,5 mm, casi pasa completamente el tamiz de 4,75 mm y es predominantemente retenido en el tamiz de 0,075 mm (MEIC, 1979).

Agregado Grueso

Se conoce como agregado grueso a la grava, piedra, grava quebrada o una mezcla de éstos. Este agregado es retenido casi en su totalidad en el tamiz de 4,75 mm (MEIC, 1979).

Para evitar problemas durante la colocación del concreto, la generación de hormigueros y/o vacíos en los elementos estructurales que se recomienda que el tamaño nominal del agregado grueso no debe superar:

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

Estas limitaciones se pueden o no ser consideradas, si a criterio del profesional facultado para diseñar, la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que se logra que el concreto se coloque sin la formación de hormigueros o vacíos (ACI, 2008).

Agua

Siempre que sea posible, debe evitarse el agua con altas concentraciones de sólidos disueltos pues para la elaboración de concreto se debe utilizar agua potable, sin sabor u olor marcado. Las impurezas excesivas en el agua de mezclado, pueden provocar eflorescencia o corrosión en el refuerzo, además de afectar en ocasiones el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto y la estabilidad volumétrica.

Es importante verificar que el agua que se va a utilizar permita obtener los resultados esperados y se recomienda seguir las recomendaciones de la norma ASTM C1602 (ACI, 2008).

Aditivos

Son aquellos materiales que se utilizan para mejorar el desempeño del concreto en ciertas situaciones y que se agregan al concreto durante o antes del mezclado.

Los tipos más comunes de aditivos se enuncian a continuación:

- Inclusiones de aire.
- Acelerantes.
- Retardantes.
- Superfluidificantes.
- Impermeabilizantes.

(McCormack & Brown, 2012)

Entrepisos prefabricados

Los sistemas prefabricados generalmente permiten ahorrar al cliente tiempo y costo, durante el proceso de construcción de una obra.

En el mercado una gran variedad de sistemas de entrepiso prefabricados, diseñados para satisfacer distintas necesidades y elaborados por diferentes fabricantes.

Es importante recalcar que cada fabricante establece recomendaciones para cada uno de sus sistemas y por lo tanto, se deben considerar dichas recomendaciones con el fin de obtener el comportamiento estructural adecuado del entrepiso como producto terminado.

Acero Estructural

El acero estructural es aquel que compone los elementos del marco estructural dimensionado y mostrado en los planos estructurales y que es esencial para soportar las cargas que actúan sobre la estructura.

En este apartado se detallan los aceros destinados al uso en elementos, componentes y uniones de los sistemas sismorresistentes.

Aceros permisibles

Perfiles y placas laminados en caliente

Son aquellos perfiles que se forman cuando el acero fundido proveniente del horno se vierte en un sistema de colada continua donde el acero se solidifica, sin dejar que se enfríe completamente. Entonces el acero caliente se pasa por una serie de rodillos que oprimen el material dándole la forma transversal deseada.

Estos materiales deben satisfacer una de las siguientes especificaciones de la ASTM: A36, A53, A500 (grado B o C), A501, A529, A572 (grado 42,50 o 55), A588, A913 (grado 50, 60 o 65), A992, A1011 (grado 55), A1043 o especificaciones equivalentes reconocidas.

Asimismo, las placas de asiento de las columnas deben satisfacer alguna de las especificaciones anteriores o la especificación ASTM A283 (grado D) (CFIA, 2010).

La figura 1 muestra algunos perfiles y secciones laminados en caliente.

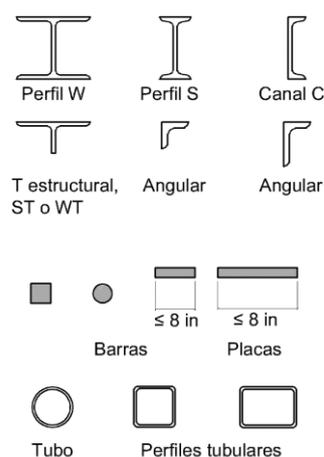


Figura 1. Perfiles y secciones laminados en caliente.

Fuente: (Rojas Moya, 2012)

Perfiles laminados en frío

Son perfiles que se obtienen a partir de láminas o placas de acero dobladas en frío hasta obtener su forma final. Por ser doblados, son secciones de espesores muy pequeños y se utilizan en estructuras ligeras.

Deben satisfacer alguna de las siguientes especificaciones ASTM: A36, A500 (grado B o C), A529, A570, A572 (grado 42, 50 o 55), A606, A607, A611 (grados A, B, C y D), A653, A715, A792, A875, A1003, A1008, A1011, JIS G3132 SPHT-2 o especificaciones equivalentes internacionalmente reconocidas.

Además deben satisfacer los siguientes requisitos:

- La relación entre el esfuerzo último y el esfuerzo de cedencia del acero no puede ser menor que 1,08.
- La elongación total de probetas no debe ser menor que 10% en una longitud de medición de 50 mm, o no debe ser menor que 7% en una longitud de medición de 200 mm, según la norma ASTM A370.

(CFIA, 2010)

La figura 2 muestra algunos perfiles y secciones laminados en frío.

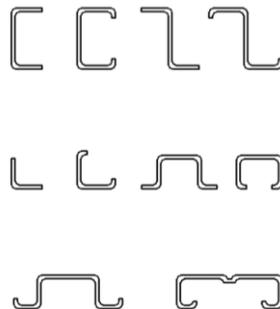


Figura 2. Secciones laminadas en frío

Fuente: (Rojas Moya, 2012)

Acero al carbono

Es el acero estructural elaborado de acuerdo a lo estipulado por la norma ASTM A36 y deberá cumplir con las características que se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Requerimientos mínimos de tensión para el acero A36.

Elemento	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo último (MPa)	Elongación en 200 mm (%)	Elongación en 50 mm (%)
Placas y barras	250	400 - 550	20	23
Secciones	250	400 - 550	20	21

Fuente: (ASTM, 2012)

Acero de alta resistencia de baja aleación Columbio-Vanadio

Es el acero estructural elaborado bajo las especificaciones normadas por la ASTM en la norma ASTM A572. Los aceros elaborados permisibles por el CSCR y elaborados por dicha norma, deben cumplir con las siguientes características:

Cuadro 11. Requerimientos mínimos de tensión para aceros A572.

Grado	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Esfuerzo último (MPa)	Elongación en 200 mm (%)	Elongación en 50 mm (%)
42	290	415	20	24
50	345	450	18	21
55	380	485	17	20

Fuente: (ASTM, 2013).

Acero para secciones estructurales

Es el acero fabricado bajo los lineamientos de la norma ASTM A992. Básicamente sustituye el uso de acero A572 grado 50 en la fabricación de perfiles W, aunque puede ser utilizado en la fabricación de otro tipo de secciones. Para propósitos prácticos, se puede decir que se trata del acero A572 grado 50, con algunos requisitos adicionales.

El acero A992 debe cumplir con las especificaciones que se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Requerimientos mínimos de tensión para aceros A992.

Esfuerzo de fluencia (MPa) [ksi]	Esfuerzo último (MPa)	Elongación en 200 mm (%)	Elongación en 50 mm (%)
345 – 450 [50 – 65]	450	18	21

Fuente: (ASTM, 2011)

Acero estructural disponible en el mercado

Si no se establece una alternativa por parte de los fabricantes, las secciones estándar en el mercado se encontrarán fabricadas con los materiales mostrados en el cuadro 13.

Cuadro 13. Especificación del material de fabricación de elementos en el mercado.

Elemento (Sección)	Material (Norma ASTM)
W y WT	A992
M, S, MT y ST	A36
HP	A36
L	A36
C y MC	A36
HSS	A500 grado B
Placas y barras	A36

Fuente: (AISC, 2010).

La explicación de la designación de las secciones mostradas en el cuadro 13, se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Designación estándar de secciones de acero estructural.

Elemento (Sección)	Tipo de sección
W	Perfil de patín ancho
S	Perfil Viga I
HP	Perfiles semejante al W y con uso principal en pilotes
M	Perfiles misceláneos (perfiles similares a los anteriores, pero que no pueden ser agrupados en dichos grupos)
WT, ST, MT	Perfiles tipo T, "cortados" a partir de perfiles W, S y M.
C	Perfil tipo canal americano
MC	Perfiles Misceláneos tipo canal
L	Perfiles angulares

Fuente: (Merritt & Ricketts, 2001; Rojas Moya, 2012)

El perfil W, consiste en dos patines paralelos separados por una sola alma. Se designación común por ejemplo W18x50 significa: W el tipo de perfil, 18 el peralte nominal y 50 el peso en libras por pie de longitud. Los perfiles S, HP y M, tienen la misma notación para ser descritos (Rojas Moya, 2012).

El perfil C, tiene dos patines y un alma pero en un solo eje de simetría y se designan como C9x20, de manera similar a los perfiles W, es decir, el número 9 designa el peralte de la sección y el 20 la cantidad de libras por pie de longitud (Rojas Moya, 2012).

La T estructural, mantiene el mismo formato de notación, pero por ejemplo, el perfil WT18x115, corresponde a una T estructural, con un peralte de 18 pulgadas y 115 libras por pie de longitud, recortado a partir de un perfil W36x230 (Rojas Moya, 2012).

Los perfiles angulares, se designan de la siguiente manera: L6x6x3/4, donde los dos primeros números, son el tamaño de cada uno de los lados del angular y el tercero el espesor (Rojas Moya, 2012).

Existen en el mercado también perfiles tubulares, barras, secciones cuadradas o rectangulares. Si el ancho de un perfil rectangular es de 8 pulgadas o menor se le clasifica como barra y se designa usualmente con el ancho antes del espesor, por ejemplo, barra de 3x3/8. Si el ancho es mayor de 8 pulgadas, el perfil se clasifica como

placa y su designación es dando primero el espesor y luego la longitud, por ejemplo: 1/2x10” (Rojas Moya, 2012).

Pernos y accesorios de conexión

Son aquellos que se utilicen para sistemas sismorresistentes deben satisfacer una de las siguientes especificaciones de la ASTM: A325, F1852, A490 o F2280.

Además los pernos de anclaje de sistemas sismorresistentes deben satisfacer la especificación ASTM F1554 (CFIA, 2010).

Para las barras de anclaje, se permiten elementos elaborados bajo las normas ASTM: A36, A193, A354, A449, A572, A588, F1554. Sin embargo, el material de preferencia es el F1554 (AISC, 2010).

Para miembros secundarios como largueros, clavadores, etc., se pueden utilizar tornillos ASTM A307.

El cuadro 15 muestra los requisitos de tensión nominal para los conectores.

Cuadro 15. Tensión nominal de conectores y partes roscadas.

Descripción del conector	Tensión de tracción nominal (MPa)	Tensión de corte nominal en conexiones tipo aplastamiento (MPa)
Pernos A307	310	188
Pernos A325: cuando la rosca no está excluida en el plano de corte	620	372
Pernos A325: cuando la rosca está excluida en el plano de corte	620	469
Pernos A490: cuando la rosca no está excluida en el plano de corte	780	469
Pernos A490: cuando la rosca está excluida en el plano de corte	780	579

Fuente: (AISC, 2010)

Soldadura

Todas las soldaduras que sean parte del sistema sismorresistente deben ser ejecutadas con material de aporte que cumpla con las propiedades mecánicas del cuadro 16 y el contenido de hidrógeno haya sido evaluado mediante el suplemento sísmico AWS D1.8.

Cuadro 16. Propiedades mecánicas para material de aporte en soldaduras del sistema sismorresistente.

Propiedades	Clasificación del material de aporte	
	Grado 70 (4900 kg/cm ²)	Grado 80 (5600 kg/cm ²)
Esfuerzo de cedencia, f_y (kg/cm ²)	4060 mín.	4760 mín.
Esfuerzo de último, f_u (kg/cm ²)	4900 mín.	5600 mín.
Elongación (%)	22 mín.	19 mín.
Tenacidad de Charpy CVN	276 kg-cm (mín.) a -18°C	

Fuente: (CFIA, 2010)

Todas las soldaduras que sean clasificadas como soldaduras críticas por demanda, deben ser ejecutadas con material de aporte que cumpla con las propiedades del cuadro 16, con excepción del requisito de la tenacidad de Charpy CVN, que debe ser de 552 kg-cm (mín.) a -18°C.

Para demostrar que el material de aporte cumple con los requisitos anteriores, el fabricante de la estructura metálica debe someter para su aprobación los certificados de conformidad de los proveedores de los electrodos o los informes de resultados de los ensayos realizados. No se requiere realizar pruebas de laboratorio adicionales, a menos que el inspector lo considere necesario (CFIA, 2010).

Cuando se utilice alguno de los electrodos mostrados en el cuadro 17., no es necesario demostrar mediante ensayos especiales que el material de aporte cumple con los requisitos mencionados anteriormente.

Cuadro 17. Electrodo eximidos de ensayos especiales.

Proceso de soldadura	Tipo de electrodo
SMAW	E7018
	E7018-X
	E7018-C3L
GMAW	Electrodos sólidos
	Electrodos compuestos

Fuente: (CFIA, 2010)

Para garantizar la uniformidad del material de aporte utilizado en las soldaduras críticas por demanda, todos los electrodos deben ser del mismo fabricante y proveedor. No se permite el uso de electrodos distintos en una misma soldadura (CFIA, 2010).

2 | Concreto reforzado

Armaduras y mallas de refuerzo

El inspector deberá asegurarse que la superficie de las barras esté libre de escamas de oxidación avanzada (oxidaciones leves se pueden permitir, ya que incluso mejora la adherencia y se puede considerar aceptable, excepto para el acero de preesforzado, si las dimensiones mínimas, incluyendo la altura de los resaltes del corrugado, y el peso de la muestra limpia utilizando un cepillo de acero, cumplen con las especificaciones de las normas), barro, grasa e imperfecciones que puedan afectar la resistencia y la adherencia con el concreto (Espinoza, 2012).

Los refuerzos principales deben ser varillas nuevas sin que se utilicen varillas dobladas que se enderecen. (Espinoza, 2012). Cualquier refuerzo agrietado o roto debe ser rechazado (IMCYC, 2007)

Los aros deberán tener la dimensión adecuada para lograr el recubrimiento suficiente para proteger el refuerzo principal al eje longitudinal del elemento, colocando los ganchos de remate alternos a lo largo del elemento (Espinoza, 2012).

Detalles constructivos

Ganchos estándar

Se conoce como gancho estándar, a los siguientes dobleces:

- a) De 180° más una extensión de 4 d_b , pero no menor a 65 mm en el extremo libre de la barra.
- b) De 90° más una extensión de 12 d_b en el extremo libre de la barra.
- c) Para aros y ganchos de aro:
 - Barra #5 y menor: doblez de 90° más 6 d_b de la barra en el extremo libre de la barra, o
 - Barra #6, #7 y #8, doblez de 90° más extensión de 12 d_b , o
 - Barra #8 o menor, doblez de 135° más extensión de 6 d_b en el extremo libre.

(ACI, 2008)

Doblado

Todo refuerzo debe doblarse en frío, a menos que el profesional responsable de diseño permita otra cosa (ACI, 2008).

No debe doblarse en la obra ningún refuerzo parcialmente embebido en el concreto, excepto cuando así lo indiquen los planos de diseño o lo permita el profesional facultado para diseñar (ACI, 2008).

Diámetros mínimos de doblado

El diámetro de doblado, medido en la cara interior de la barra no debe ser menor que los valores mostrados en el cuadro 18.

Cuadro 18. Diámetro de doblado mínimo para el acero de refuerzo.

Diámetro de las barras	Diámetro mínimo de doblado
#3, #4, #5, #6, #7, #8	6 d_b
#9, #10, #11	8 d_b
#14, #18	10 d_b

Fuente: (CFIA, 2010)

Colocación del refuerzo

Posición y recubrimiento

Acero de refuerzo

Se debe dejar recubrimiento mínimo , entre las armaduras y el encofrado, para brindarle una protección adecuada al acero de refuerzo contra la oxidación, fuego, sales de mar y además asegurar un cierto perímetro-área de adherencia entre el acero y el concreto,, para que el acero pueda desarrollar su capacidad (Navarro, 2013)

Recubrimiento mínimo para concreto colado en sitio (no preesforzado), se determina de acuerdo al especificado en el cuadro 19.

Cuadro 19. Valores de recubrimiento mínimo.

Condición	Recubrimiento de concreto (mm)
Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él	75
Concreto expuesto al suelo o a la intemperie:	
Barras #5 o menores	40
Barras #6 o mayores	50
Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:	
• Losas, muros y viguetas:	
Barras #11 o menores	20
Barras #14 y #18	40
• Vigas, columnas:	
Armadura principal, aros, espirales	40
• Cáscaras y placas plegadas:	
Barras #5 o menores	20
Barras #6 o mayores	13

Fuente: (ACI, 2008).

Estos recubrimientos se deberán respetar a menos que el tamaño de las barras exija un recubrimiento mayor y en el caso de paquetes de barras un diámetro equivalente (que se deduce del área total del paquete de barras) o 25 mm, sin embargo no es necesario que sea mayor a 50 mm, excepto en el caso de concreto colocado contra el suelo, ya que debe cumplir con el mínimo especificado.

El refuerzo, debe colocarse con precisión y estar adecuadamente asegurado antes de colocar el concreto, deben utilizarse dispositivos de fijación para evitar su desplazamiento durante el colado.

La tolerancia para el desplazamiento y recubrimiento se muestran en el cuadro 20. La medida de la posición del refuerzo debe tomarse perpendicularmente desde la superficie interna del encofrado y el recubrimiento de manera perpendicular desde la superficie de concreto. En las figuras 3 y 4 se observa cómo debe realizarse la medición para la posición y el recubrimiento respectivamente, además de cómo se debe interpretar la tolerancia respectiva.

Cuadro 20. Tolerancias permitidas para la posición y recubrimiento del acero de refuerzo.

Peralte o espesor del elemento	Posición	Recubrimiento
≤ 101 mm	± 6 mm	- 10 mm
Entre 101 mm y 305 mm	± 10 mm	- 10 mm
≥ 305 mm	±13 mm	- 13 mm

Fuente: (ACI, 2008) & (ACI, 2006).

La figura 3 muestra cómo se debe medir la posición del refuerzo en los elementos de concreto y cómo se deben interpretar las tolerancias permisibles.

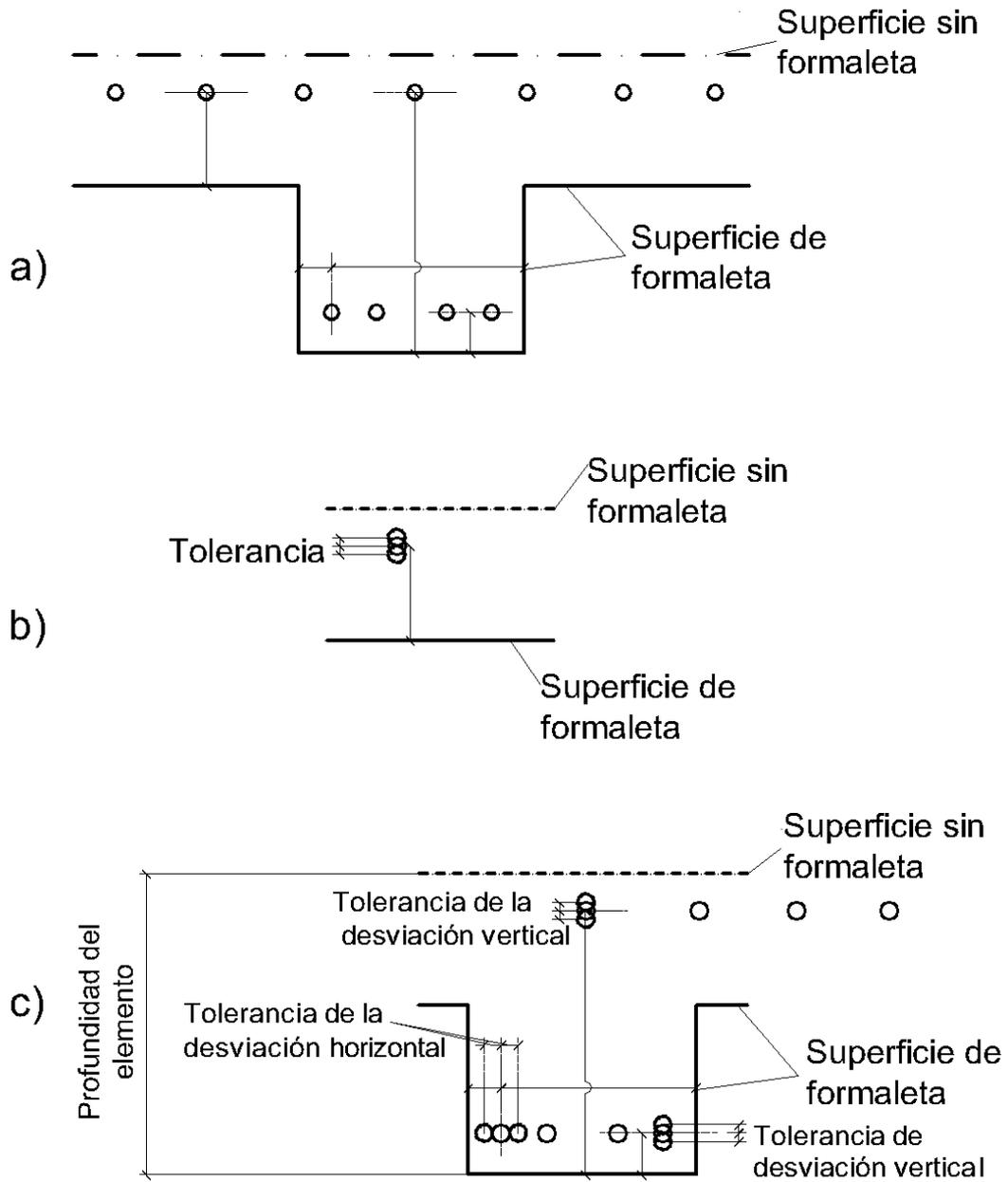


Figura 3. a) Posición del refuerzo. b) y c) tolerancias.

Fuente: (ACI, 2006)

La figura 4 muestra cómo se debe medir el recubrimiento del refuerzo en los elementos de concreto y cómo se deben interpretar las tolerancias permisibles.

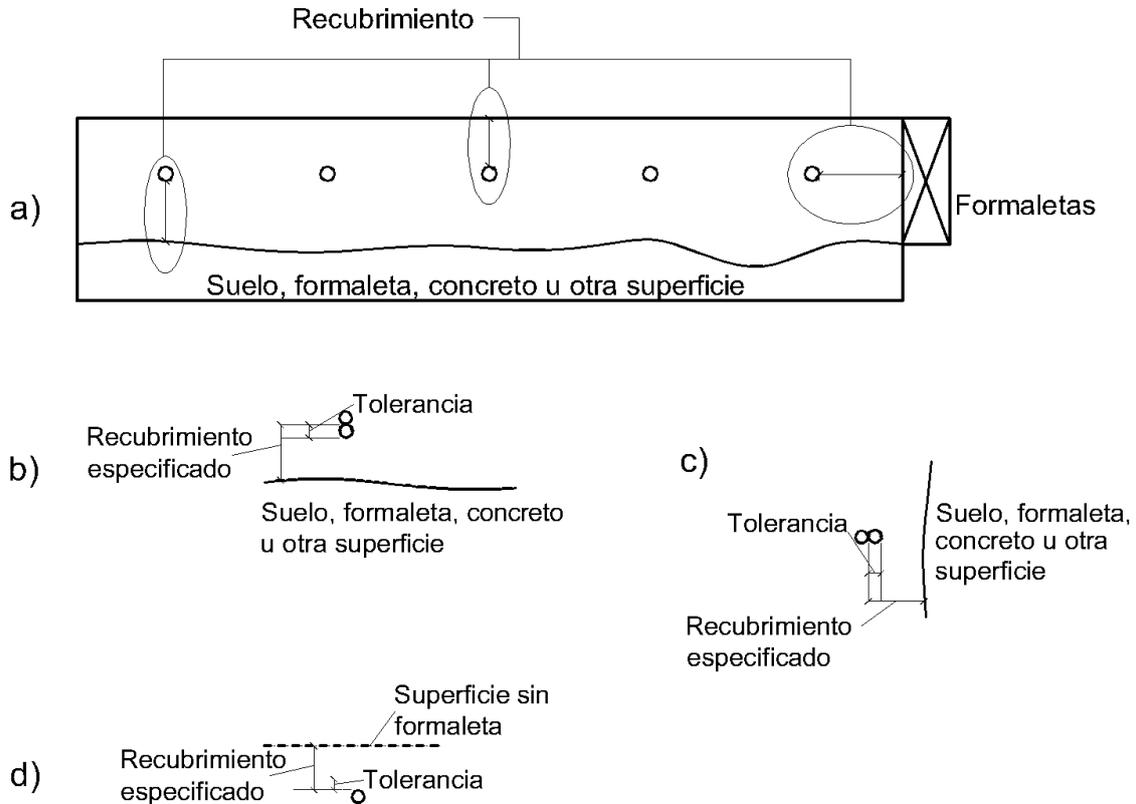


Figura 4. Recubrimiento del refuerzo. b), c) y d) tolerancias

Fuente: (ACI, 2006)

La reducción del recubrimiento no debe exceder $1/3$ del recubrimiento especificado y en el caso del recubrimiento inferior de balcones y arcos, la reducción no debe ser mayor a 6 mm (ACI, 2006).

La desviación vertical en la posición del acero, para elementos enterrados no debe exceder los 19 mm (ACI, 2006). La figura 5 muestra cómo debe medirse la posición y de qué manera debe interpretarse la tolerancia.

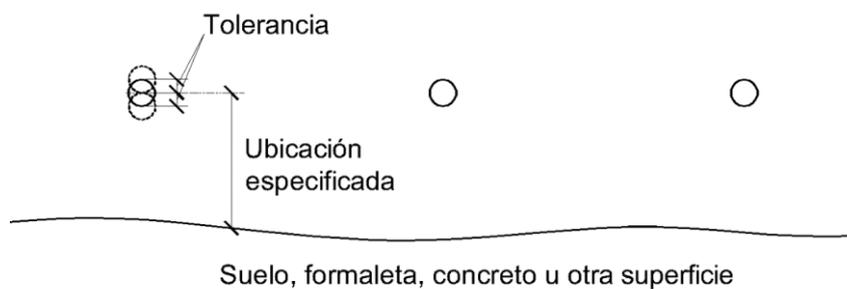


Figura 5. Ubicación vertical para elementos enterrados y tolerancia permisible.

Fuente: (ACI, 2006)

Mallas de refuerzo en losas

Se recomienda que la malla de refuerzo se coloque a 50 mm por debajo de la superficie de la losa o en el 1/3 superior de la sección de la losa, lo que esté más cerca de la superficie.

Con frecuencia no se logran la colocación y el soporte apropiado de la malla, dando como resultado refuerzo en el fondo de la losa o tan cerca de la parte superior que el recubrimiento es inadecuado.

Las losas estructurales usualmente contienen dos capas de varillas de refuerzo; una colocada cerca de la parte superior y otra cerca de la parte inferior de la losa o un sistema de torones postensados (IMCYC, 2007).

Las varillas de refuerzo de malla de alambre deben ser discontinuados en donde la intención del diseñador es permitir que se abra la junta y reducir la posibilidad de grietas por contracción y temperatura en un panel adyacente (IMCYC, 2007).

En el caso de losas sobre viguetas pretensadas se deberá tener un refuerzo mínimo por temperatura de 0,18% veces el área transversal de la losa, para evitar el agrietamiento de la misma, debido a que los espesores son bajos (Espinoza, 2012).

Elementos embebidos

Dovelas lisas

Algunos pisos industriales sometidos a tráfico intenso pueden tener detalles especiales de junta, tales como dovelas, que requieran la instalación cuidadosa.

El inspector debe verificar que las mismas se coloquen a la altura, profundidad y espaciamiento especificados y que se pongan a nivel y perpendiculares a la junta (IMCYC, 2007).

La tolerancia en la ubicación de la dovela medida desde el fondo de la losa se muestra en la figura 6.a) y no debe superar los valores especificados en el cuadro 21 (ACI, 2006).

Cuadro 21. Tolerancia en la ubicación vertical de las dovelas.

Espesor de la losa	Tolerancia
≤ 60 cm	± 13 mm
> 60 cm	± 25 mm

Fuente: (ACI, 2006)

Es posible tolerar diferencias de ± 76 mm en el espaciamiento especificado para las dovelas, sin embargo el número total de dovelas no podrá ser menor que el especificado (ACI, 2006). En la figura 6.b) se muestra la forma en que debe medirse el espaciamiento y la tolerancia respectiva.

El centro de la dovela, con respecto a la línea horizontal que es perpendicular al plano establecido por la junta deberá tener una desviación máxima horizontal y vertical

de ± 6 mm (ACI, 2006). En la figura 6.c) se muestra la forma en que debe medirse la desviación permisible en la perpendicularidad de la dovela.

La figura 6 muestra cómo debe medirse la posición y la forma cómo deben interpretarse las tolerancias.

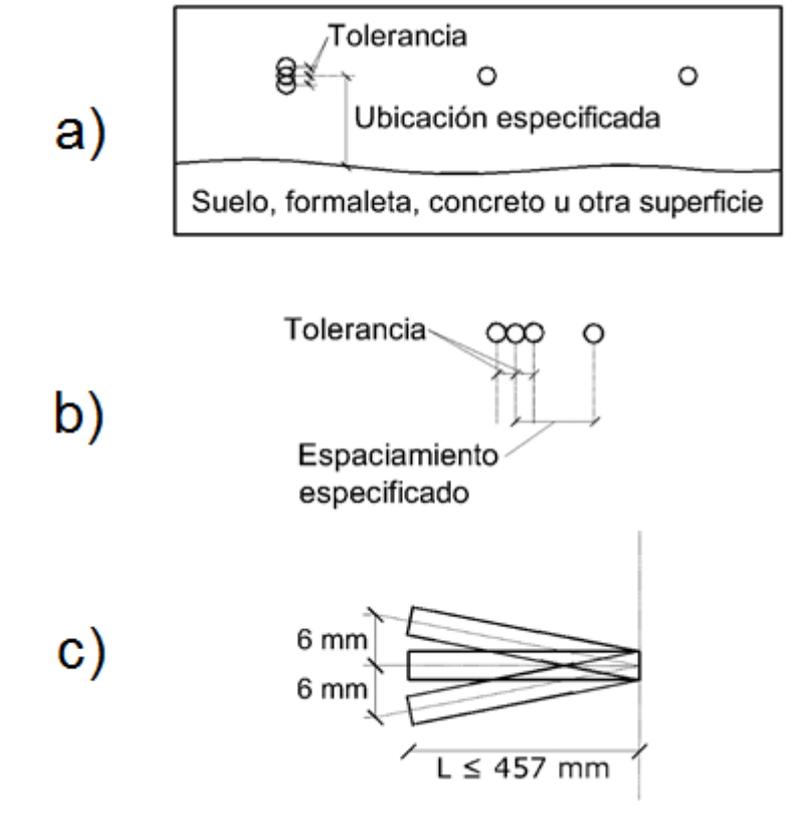


Figura 6. Tolerancias de ubicación y colocación de dovelas.

Fuente: (ACI, 2006)

Otros elementos embebidos

La distancia libre al refuerzo más cercano deberá ser el mayor entre el diámetro de la barra o 25 mm, como se muestra en la figura 7, y la línea central de montaje desde la localización especificada horizontal y vertical es de ± 25 mm.

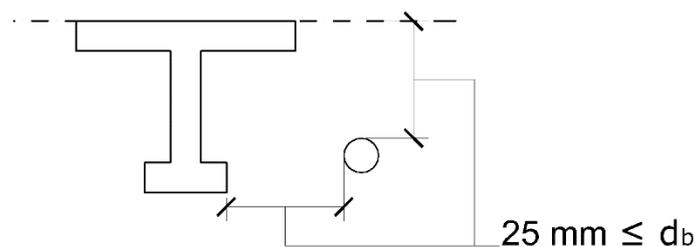


Figura 7. Ubicación de refuerzo con respecto a elementos embebidos.

Fuente: (ACI, 2006)

Separación del refuerzo

La distancia libre entre barras longitudinales y paralelas de una capa, no debe ser menor a las relaciones que se muestran en el cuadro 22 o 25 mm. Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más capas, las barras de las capas superiores deben colocarse exactamente sobre las de las capas inferiores, con una distancia libre entre capas no menor de 25 mm (ACI, 2008). La tolerancia para el cumplimiento de dichas separaciones no debe superar 0,25 veces la especificada o 25 mm.

Cuadro 22. Distancia libre mínima entre barras o paquetes de barras.

Numero de barras empaquetadas	Separación
1	d_b
2	$1,4 d_b$
3	$1,7 d_b$
4	$2 d_b$

Fuente: (ACI, 2006).

En elementos a compresión reforzados con espirales o aros, la distancia libre entre barras longitudinales no debe ser menor que $3/2 d_b$, ni 40 mm (ACI, 2008).

La distancia libre entre barras también se debe aplicar a la distancia libre entre un empalme por traslapo y los empalmes o barras adyacentes (ACI, 2008).

En muros y losas, exceptuando las losas nervadas, la separación del refuerzo principal por flexión no debe ser mayor de 3 veces el espesor del muro o de la losa, ni de 450 mm y el refuerzo de retracción y temperatura no debe colocarse con una separación mayor a 5 veces el espesor de la losa ni de 450 mm (ACI, 2008).

El espaciamiento del refuerzo en losas y muros debe tener una desviación máxima a lo largo de la línea paralela al espaciamiento especificado de ± 76 mm. El número total de barras no será menor al especificado (ACI, 2006).

Refuerzo longitudinal

Longitud de anclaje y desarrollo

Según el CSCR-2010, la longitud de anclaje (l_{ag}) para barras de dimensiones #3 a #11, con un gancho estándar (el cuál debe estar colocado en el núcleo confinado de una columna o un elemento de borde), no puede ser menor que $8 d_b$, 15 cm o la longitud calculada mediante la siguiente ecuación:

$$l_{ag} = \frac{f_y d_b}{16 \sqrt{f'_c}} \quad \text{Ecuación 1}$$

En el caso de concreto con agregado liviano, l_{ag} se debe calcular como 1,25 veces los valores anteriores, $10 d_b$ o 20 cm.

La longitud de anclaje (l_{ar}) para barras rectas de dimensiones #3 a #11, no puede ser menor que 2,5 veces el valor de l_{ag} . Si debajo de la longitud de anclaje de la barra longitudinal se colocan más de 30 cm de concreto fresco, se debe usar una longitud l_{ar} no menor que 3,5 veces el valor de l_{ag} .

Las barras rectas que terminan en un núcleo de unión deben pasar a través de la parte confinada del núcleo del elemento de borde. Cualquier parte de la longitud de anclaje que no esté en la región confinada se debe incrementar con un factor de 1,6. Cuando esto no sea posible con alguna barra, debido a variaciones de la sección transversal del elemento en flexión, se debe anclar mediante la prolongación de la barra hasta la cara opuesta de la región confinada del núcleo y continuar ortogonalmente después de un doblez de 90° (CFIA, 2010).

Adicionalmente, el ACI-318 indica que la longitud de anclaje (l_{ag}), se puede calcular mediante la ecuación 2 (Asumiendo algunos valores recomendados por el ACI 318, para concreto de peso normal).

$$l_{ag} = \frac{0,075 f_y d_b}{\sqrt{f'_c}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Nota: para efectos de inspección se utilizará el valor más conservador entre los valores calculados con las ecuaciones 1 y 2.

Se establece que la localización longitudinal de los ganchos y las terminaciones de barras deben estar dentro de las tolerancias del cuadro 23.

Cuadro 23. Tolerancias para la ubicación longitudinal de los ganchos y las terminaciones de barras.

Condición	Tolerancia
En finales discontinuos de ménsulas y soportes	± 13 mm
En finales discontinuos de otros elementos	± 25 mm
En otras ubicaciones	± 50 mm

Fuente: (ACI, 2008).

Empalmes del refuerzo

En el refuerzo solo se permite hacer empalmes cuando lo requieran o permitan los planos de diseño, las especificaciones o si lo autoriza el profesional facultado para diseñar (ACI, 2008).

Empalmes por traslapo

Para barras mayores de #11, no se deben usar empalmes por traslapo, salvo algunas excepciones para las cuales se recomienda consultar el apartado 12.14.2 del ACI-318.

La longitud mínima del empalme por traslapo en tracción debe ser la requerida para empalme por traslapo Clases A o B, pero no menor que 300 mm, donde:

- Clase A: la longitud de traslapo es la misma que la longitud de desarrollo o longitud de anclaje recto (ACI, 2008).
- Clase B: la longitud de traslapo es igual a 1,3 veces la longitud de desarrollo o longitud de anclaje recto (ACI, 2008).

Según el CSCR-2010, no es necesario el uso de empalmes clase B, solamente en los casos específicos en que el ACI-318 no permite elegir y exige clase B para tanto para la condición 3 (ver figura 10) de empalmes por traslapo en columnas como para cumplir con los requisitos de integridad estructural en las vigas perimetrales.

Los empalmes por traslapo de paquetes de barras deben basarse en la longitud de empalme por traslapo requerida por las barras individuales del paquete, aumentada según los porcentajes indicados en el cuadro 24.

Cuadro 24. Porcentaje de aumento en traslapo para barras empaquetadas.

N° barras/paquete	Porcentaje de aumento
3	20%
4	33%

Fuente: (ACI, 2008).

Los grupos de barras están limitados a 4 barras por paquete, deben estar colocados dentro de los aros y en el caso específico de las vigas, las barras mayores a #11 no deben agruparse en paquetes (ACI, 2008).

En ningún caso se puede traslapar más del 50% del refuerzo en tracción en una sección que esté dentro de la longitud de traslapo. La distancia entre traslapos alternos debe ser mayor que $30 d_b$ (CFIA, 2010). El ACI-318 recomienda separar los empalmes $40 d_b$, tanto para barras individuales como para paquetes de barras (ACI, 2008).

La figura 8 muestra cómo deben colocarse los empalmes por traslapo.

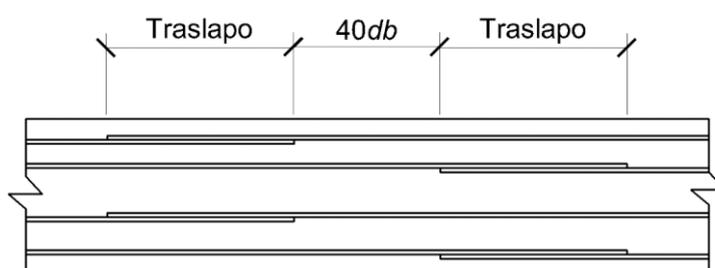


Figura 8. Colocación de empalmes por traslapos alternados.

Fuente: (Espinoza, 2012)

Empalmes por traslapo en flexión

Deben cumplir con los requisitos mínimos de empalmes por traslapo enunciados anteriormente y además, en los casos especiales en que las barras no puedan estar en contacto, el espaciamiento queda limitado a la menor distancia entre 1/5 de la longitud del empalme requerida por traslapo o 150 mm (ACI, 2008).

No deben hacerse traslapos en núcleos de unión, dentro de una distancia de $2d$ de los extremos del elemento y en sitios de posible cedencia del acero debido a desplazamientos inelásticos.

La figura 9 muestra la restricción de traslapos cerca de los núcleos de unión.

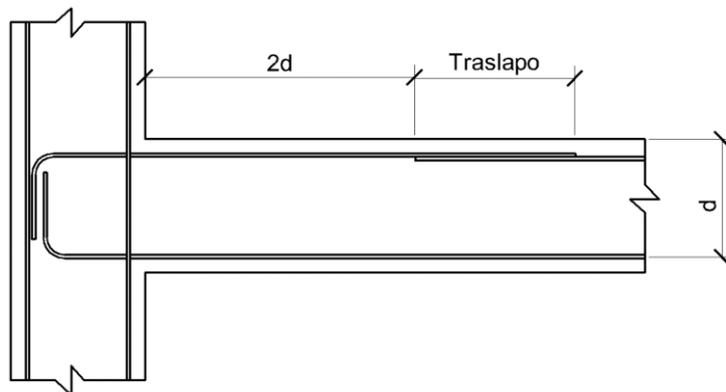


Figura 9. Restricción de ubicación para empalmes por traslapo.

Fuente: (Espinoza, 2012)

Empalmes por traslapo en compresión

Esta longitud, debe cumplir con los requisitos mínimos mostrados en el cuadro 25, con el fin de garantizar un empalme adecuado.

Cuadro 25. Longitud de empalme para barras en compresión.

f_y	Longitud de empalme	
	$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$
$\leq 4200 \text{ kg/cm}^2$	$0,095 f_y d_b$	$0,071 f_y d_b$
$> 4200 \text{ kg/cm}^2$	$(0,173 f_y - 32) d_b$	$(0,13 f_y - 24) d_b$

Fuente: (ACI, 2008)

Empalmes por traslapo en columnas

De acuerdo a las condiciones mostradas en la figura 10, se deberá seleccionar el tipo de empalme a utilizar. Estos traslapos no deben ser menores a 300 mm.

- Condición 1: El empalme debe cumplir con los requisitos del cuadro 25.
- Condición 2. El empalme debe ser empalme en tracción clase A.
- Condición 3. El empalme debe ser empalme en tracción clase B.

La figura 10 muestra un diagrama de interacción en el cual se limitan las condiciones para la escogencia del tipo de empalme por traslapo para elementos en flexocompresión.

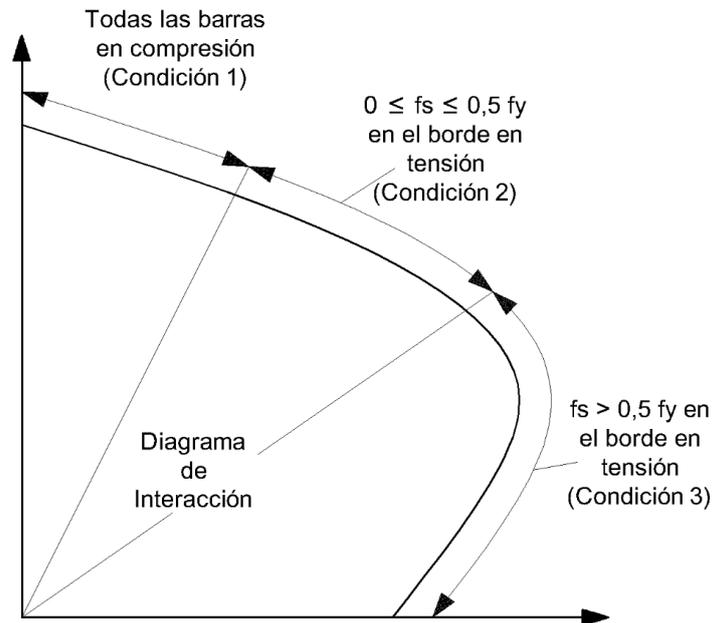


Figura 10. Requisitos especiales para empalmes en columnas.

Fuente: (ACI, 2008)

El cuadro 26 muestra las tolerancias permisibles en la longitud de los traslapos, para garantizar que funcionarán efectivamente.

Cuadro 26. Tolerancias permisibles en longitudes de desarrollo o longitud de traslapos.

Designación de la barra	Tolerancia
#3 a #11	-25 mm
#14 y #18	- 51 mm

Fuente: (ACI, 2006).

Empalmes soldados y mecánicos

En estructuras sismorresistentes, se permiten los empalmes mecánicos completos o soldados.

Los empalmes mecánicos en estructuras resistentes a sismos deben clasificarse como tipo 1 o tipo 2, de acuerdo con los siguientes requisitos:

- a) Tipo 1: debe desarrollar en tracción o compresión al menos 1,25 veces el f_y de la barra.
- b) Tipo 2: debe desarrollar la resistencia a la tensión de las barras.

Los empalmes soldados por su parte deben cumplir con el mismo requisito que el empalme mecánico tipo 1.

Los empalmes para barras #5 y menores, pueden no cumplir el requisito para empalme mecánico tipo 1 o soldado, en los casos que el área de refuerzo proporcionada es mayor que el doble de la requerida por análisis (ACI, 2008).

Los empalmes tipo 1 no deben usarse dentro de una distancia igual al doble de la altura del elemento, medida desde la cara de la viga o columna para sistemas sismorresistentes, tal como se muestra en la figura 9 para empalmes por traslape, o donde sea probable que se produzca fluencia del refuerzo como resultado de los desplazamientos laterales inelásticos. Se pueden usar empalmes mecánicos tipo 2 en cualquier localización (ACI, 2008).

En los empalmes con soldadura o mecánicos, al menos 50% del refuerzo total debe ser continuo y la distancia entre empalmes adyacentes no puede ser inferior a 30 cm (CFIA, 2010)

Los empalmes con soldadura o mecánicos son aptos para el uso en columnas (ACI, 2008).

Refuerzo transversal

Todos los refuerzos longitudinales se unen al refuerzo transversal por medio de alambre calibre #18 o más pesado (IMCYC, 2007). No se debe permitir la unión de refuerzo por medio de soldadura, ni siquiera para alinear refuerzos, ya que el sobrecalentamiento del acero dulce produce la cristalización del mismo con lo cual disminuye su resistencia y ductilidad (Espinoza, 2012).

Es importante verificar la colocación de amarras entre las barras, éstas deben ser fuertes y suficientes, para evitar que se muevan durante la colocación del concreto (GERDAU AZA, 2005).

Elementos a flexión

Todas las barras no preesforzadas deben estar confinadas por medio de estribos transversales fabricados con barras de diámetros mínimos de acuerdo al diámetro de las barras a confinar, en cumplimiento con lo especificado en el cuadro 27.

El cuadro 27 muestra los diámetros mínimos a utilizar para la elaboración de los estribos de acuerdo al tamaño del refuerzo longitudinal a confinar.

Cuadro 27. Diámetros mínimos de confinamiento.

Diámetro de barras longitudinales	Diámetro de acero transversal
#10 o menores	#3
#11, mayores o paquetes de barras	#4

Fuente: (ACI, 2008).

El espaciamiento de los estribos no debe exceder 16 veces el diámetro de la barra longitudinal, 48 veces el diámetro del aro o el peralte del elemento sometido a flexión (ACI, 2008).

Deben estar formados por una sola pieza y sus extremos superpuestos abrazando una misma barra longitudinal.

La desviación permisible para el refuerzo transversal en vigas es el menor de 76 mm o 83 mm por metro de peralte de la viga. El número total de aros no será menor al especificado (ACI, 2006).

Elementos en compresión

Aros o estribos

Debe proporcionarse confinamiento a todas las barras no preesforzadas por medio de estribos transversales fabricados con barras de diámetros mínimos de acuerdo al diámetro de las barras a confinar según lo especificado en el cuadro 27.

El espaciamiento vertical de los estribos no debe exceder 16 veces el diámetro de la barra longitudinal, 48 veces el diámetro del aro o la menor dimensión del elemento sometido a compresión (ACI, 2008).

Los aros deben disponerse de forma que cada barra longitudinal y barra alterna, tenga apoyo lateral proporcionada por la esquina de un aro con un ángulo interior no mayor a 135° y ninguna barra longitudinal puede estar separada a más de 150 mm libres de una barra apoyada lateralmente tal como se muestra en la figura 11 (ACI, 2008).

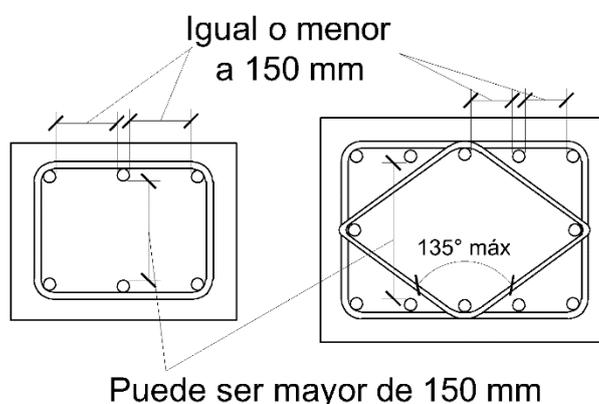


Figura 11. Distancia máxima entre amarras transversales de barras a compresión.

Fuente: elaboración propia.

Cuando las barras longitudinales estén localizadas alrededor del perímetro de un círculo completo, se permite el uso de un aro circular completo (ACI, 2008).

La distancia vertical entre los estribos de los extremos y la parte superior de la zapata, la losa de entrepiso o el refuerzo horizontal más bajo de la losa debe ser menor a la mitad del espaciamiento entre aros (ACI, 2008).

Cuando vigas o ménsulas concurren a una columna desde cuatro direcciones, se permite colocar el último aro a no más de 75 mm debajo del refuerzo más bajo de la viga o ménsula de menor altura (ACI, 2008).

La desviación permisible para el refuerzo transversal en columnas es el menor de 76 mm o 83 mm por metro de peralte de la mínima dimensión de la columna. El número total de barras no será menor al especificado (ACI, 2006).

Espirales

El tamaño de la barra de las espirales no debe ser menor a #3 y el espaciamiento libre entre las hélices no debe ser mayor a 75 mm ni menor a 25 mm.

El anclaje de la espiral debe consistir en 1,5 vueltas adicionales de la barra en cada extremo de la espiral.

El refuerzo de la espiral debe empalmarse, si se requiere, por alguno de los métodos mostrados en el cuadro 28.

Cuadro 28. Tipos de empalme a utilizar en refuerzo transversal de tipo espiral.

Tipo de empalme	Condición de la barra	Longitud de traslapo
Empalme por traslapo (no menor que 30 cm)	Barra corrugada sin recubrimiento	48d _b
	Barra lisa sin recubrimiento	72d _b
	Barras corrugadas recubiertas con epóxico	72d _b
	Barras o lisas sin recubrimiento con un gancho estándar en sus extremos empalmados por traslapo. Los ganchos deben estar embebidos en el núcleo confinado por la espiral	48d _b
	Barras corrugadas recubiertas con epóxico un gancho estándar en sus extremos empalmados por traslapo. Los ganchos deben estar embebidos en el núcleo confinado por la espiral	48d _b
Empalme mecánico o soldado completo	-	-

Fuente: (ACI, 2008)

Los espirales deben extenderse desde la parte superior de la zapata o losa en cualquier nivel, hasta la altura del refuerzo horizontal más bajo del elemento a soportar y para el caso de columnas con capitel, la espiral debe extenderse hasta un nivel en el cual el diámetro o ancho del capitel sea dos veces el de la columna. Las espirales deben mantenerse firmemente colocadas y alineadas.

Confinamiento especial

Entre las medidas más efectivas para lograr que los edificios tengan una respuesta dúctil, se encuentra la de reforzar de forma especial aquellas partes que son más susceptibles de ser dañadas durante un sismo. Estas zonas son aquellas en las que generalmente se alcanzan los máximos momentos tanto en vigas como en columnas (Vielma, Barbat , & Oller).

En el presente apartado se mencionan requisitos básicos de confinamiento, es decir aquellos que es posible identificar durante el proceso de inspección, los criterios de diseño se asumen aplicados en la configuración de los elementos mostrados en planos. Para requisitos especiales de confinamiento se pueden consultar las secciones 8.2.6 y 8.3.4 del CSCR-2010.

La figura 12 es una representación gráfica de las posibles zonas de confinamiento especial y muestra cómo en los nudos de unión viga-columna se interrumpe el acero transversal de la viga y pasan los aros de columna.

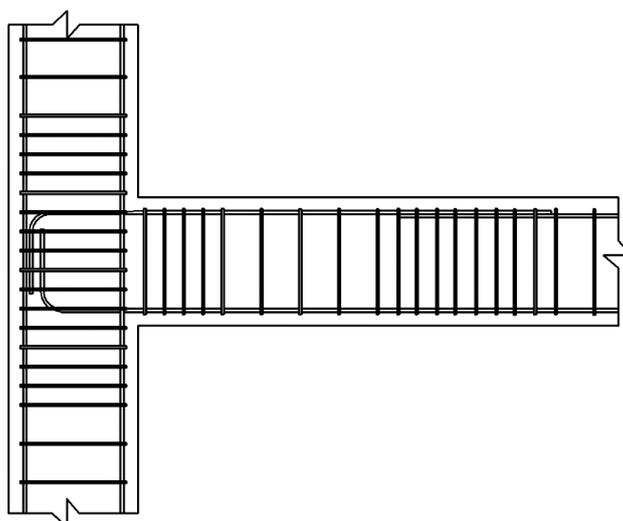


Figura 12. Ejemplo de colocación de refuerzo en los nudos de unión viga columna y en traslapos.

Fuente: (Espinoza, 2012).

Elementos a flexión

Se deben utilizar aros de confinamiento en toda la longitud de traslapo, con una separación máxima de $d/4$ en dicha zona, tal como se muestra en la figura 12.

Además, deben colocarse aros en los extremos del elemento; en cuyo caso el primer y último aro se colocara a 5 cm, a una distancia $2d$ del núcleo de unión y en longitudes $2d$ a cada lado de una sección en la que se puedan formar rótulas plásticas. Además, en cualquier región que necesite acero en compresión (CFIA, 2010).

El espaciamiento máximo de dichos aros es el menor de $d/4$, 6 veces diámetro del refuerzo longitudinal, 24 veces el diámetro del refuerzo transversal o 30 cm (CFIA, 2010).

La figura 3 muestra de forma gráfica las zonas de confinamiento especial en vigas de concreto reforzado.

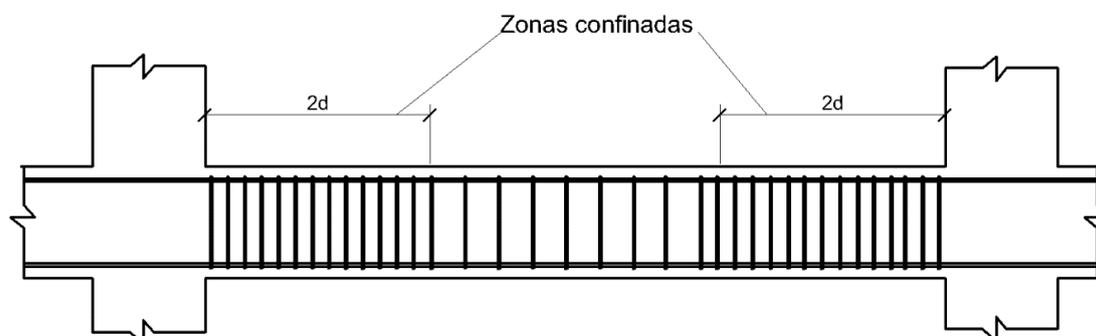


Figura 13. Zonas de confinamiento en vigas.

Fuente: Elaboración propia.

Donde no sean necesarios aros de confinamiento se deben colocar aros de barras #3 o mayores con espaciamiento máximo de $d/2$ (CFIA, 2010).

En regiones donde se requiera confinamiento, los aros se deben colocar de tal manera que todas las barras esquineras y las barras colocadas a más de 15 cm de las anteriores estén unidas a la esquina del aro o a un amarre suplementario. Los aros consecutivos deben tener sus extremos en los lados opuestos al elemento (CFIA, 2010).

En regiones de confinamiento, cuando la altura de la sección sea 60 cm o más, se colocan varillas longitudinales adicionales distribuidas en la altura del aro con separación no mayor que 35 cm (CFIA, 2010).

Elementos a flexocompresión

Se debe dar confinamiento especial a partir de la cara de cada nudo, así como en ambos lados de cualquier sección donde se pueda producir una rótula plástica debido a cargas sísmicas. La longitud de confinamiento especial no puede ser menor que el mayor de una sexta parte de la altura libre del elemento, la máxima dimensión de la sección transversal del elemento o 450 mm.

La figura 14 muestra las zonas de confinamiento especial para elementos sometidos a flexocompresión.

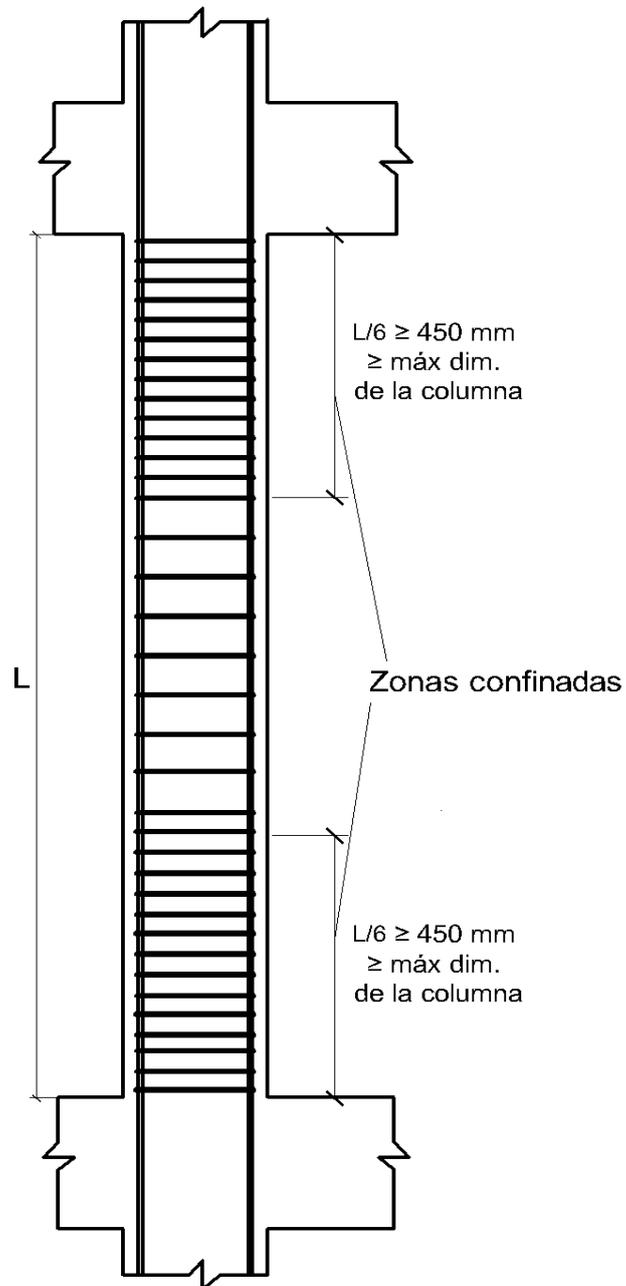


Figura 14. Zonas de confinamiento en columnas.

Fuente: elaboración propia

Detalles especiales para el refuerzo

Barras dobladas por cambio de sección en columnas

Cuando la cara de la columna está “desalineada” por cambio de sección, el detalle de refuerzo deberá realizarse de acuerdo con lo se muestra en la figura 15 y lo que se detalla a continuación:

- Sí está desalineada menos de 75 mm, se deberá realizar de la siguiente manera:
 - Las barras en los cambios de dirección se deben doblar antes de ser colocadas en el encofrado. La pendiente de la parte inclinada de una barra de este tipo no debe exceder de 1 a 6 con respecto al eje de la columna, tal como se muestra en la figura 15.
 - Las partes de la barra que estén arriba y debajo de la zona del doblado deberán ser paralelas al eje de la columna.
 - Deberá proporcionarse soporte horizontal adecuado a la barra doblada por cambio de sección por medio de aros transversales, espirales, o porciones del sistema de entrepiso.
 - Los aros transversales o espirales, en caso de utilizarse, se deberán colocar a una distancia no mayor de 150 mm de los puntos de doblado.
- Sí está desalineada 75 mm o más, deberá cumplir con las indicaciones anteriores y las siguientes variantes:
 - Las barras longitudinales no se deberán doblar. Se deberán proporcionar dovelas de refuerzo empalmadas por traslapo con las barras longitudinales adyacentes a las caras desalineadas de la columna. Estos traslapos deberán cumplir con los requisitos especiales de empalmes en columnas.

La figura 15 muestra los detalles especiales para el refuerzo en el caso de que las columnas estén desalineadas por cambio de sección.

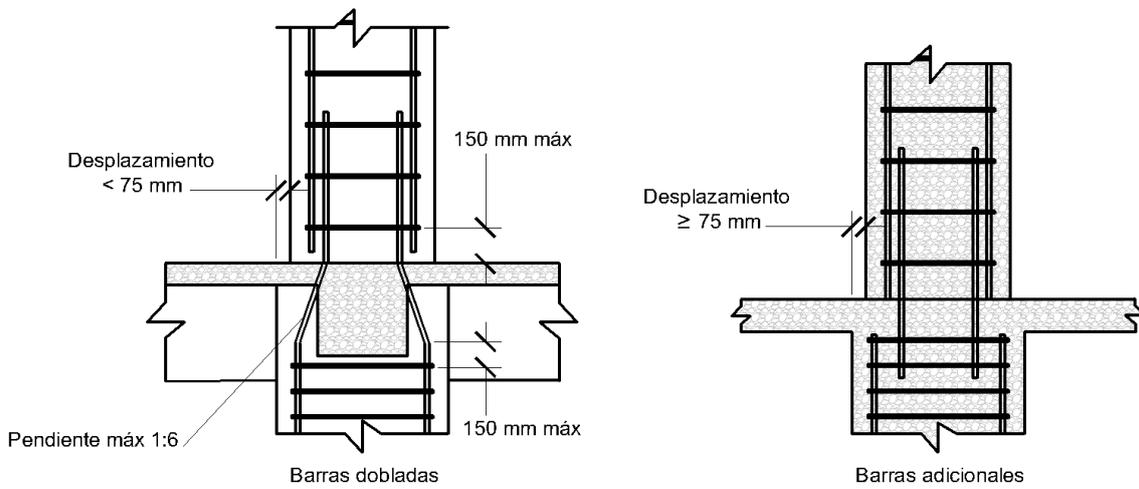


Figura 15. Detalles especiales de armado para columnas.

Fuente: Elaboración propia.

Pasantes para tuberías y accesorios

En el caso que sea necesario pasar una tubería o accesorio cuyo diámetro es mayor que el espaciamiento entre aros, no se debe permitir que los aros sean doblados. En dicho caso es mejor separar los aros y proteger la tubería con bastones transversales tal como se muestra en la figura 16 (Espinoza, 2012).

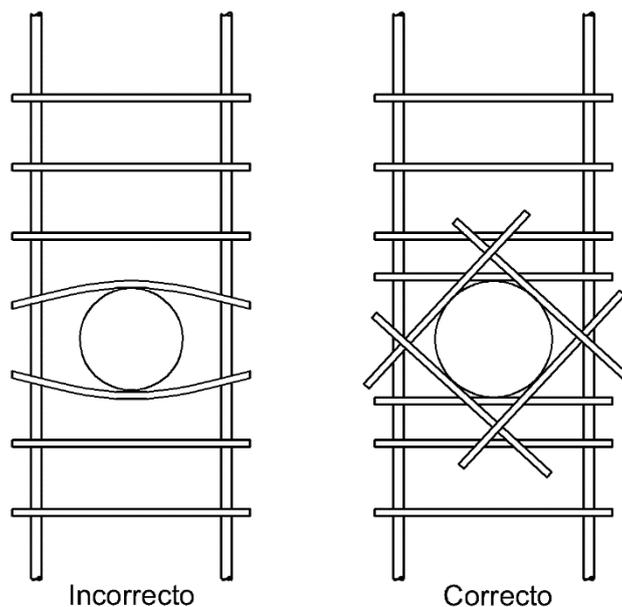


Figura 16. Configuración del refuerzo para pasante de tuberías.

Fuente: (Espinoza, 2012).

Requisitos para la integridad estructural

Las vigas del perímetro de una estructura deben tener un refuerzo continuo de al menos dos barras superiores con una sección no menor a $1/6$ del refuerzo negativo en el apoyo y dos barras inferiores de al menos $1/4$ del refuerzo de tracción requerido para el momento positivo en la mitad del vano. Los empalmes deberán ser clase B, mecánico o soldado.

Los posibles empalmes de las barras de continuidad superiores deben efectuarse cerca de la mitad del vano. Los posibles empalmes de las barras de continuidad inferiores deben efectuarse cerca del apoyo o en él.

Soldadura en el acero de refuerzo

Procesos de soldadura

La soldadura deberá realizarse mediante el proceso de SMAW, GMAW y FCAW. Otros procedimientos pueden ser usados mediante la aprobación del Ingeniero, provista desde cualquier método de calificación que permita asegurar que la soldadura será satisfactoria (AWS, 2005).

Fundaciones Superficiales

Desviación en la ubicación

Se refiere a la variación en la ubicación del elemento con respecto a la especificada en planos.

Horizontal

A menos que se indique otra cosa, la tolerancia para la ubicación horizontal desde el eje de ubicación será el menor de un $\pm 2\%$ de la dimensión paralela a la desviación o ± 51 mm.

La figura 17 muestra la vista en planta de la tolerancia en la ubicación de fundaciones.

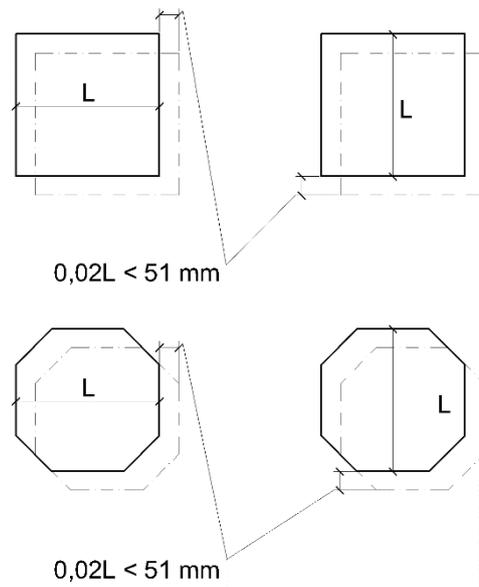


Figura 17. Vista en planta de desviación horizontal permisible en la ubicación de fundaciones.

Fuente: (ACI, 2006)

En el caso de fundaciones que soportan elementos de mampostería, la tolerancia en la ubicación horizontal será el menor de un $\pm 2\%$ de la dimensión paralela a la desviación o ± 13 mm, tal como se muestra en la figura 18.

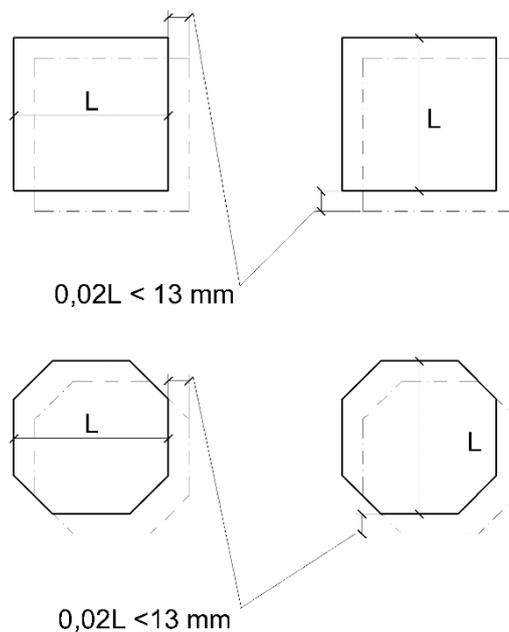


Figura 18. Vista en planta de la desviación horizontal permisible en la ubicación de fundaciones de elementos de mampostería.

Fuente: (ACI, 2006)

Vertical

La tolerancia en la ubicación vertical de la cara superior de la fundación será de +13 mm y -50 mm con respecto a la especificada en planos. Deberá interpretarse de acuerdo con lo mostrado en la figura 19.

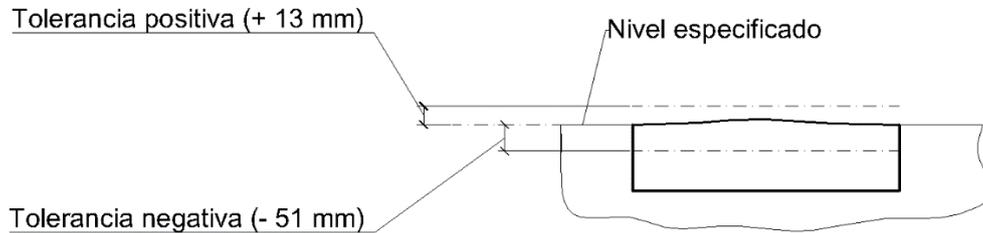


Figura 19. Vista en elevación de la desviación vertical permisible en la ubicación de la cara superior de fundaciones.

Fuente: (ACI, 2006)

Desviación dimensional

Se refiere a la variación en las dimensiones del elemento. Para cimientos formados por encofrados será de +51 mm y -13 mm. La figura 20 muestra cómo debe interpretarse la tolerancia indicada.

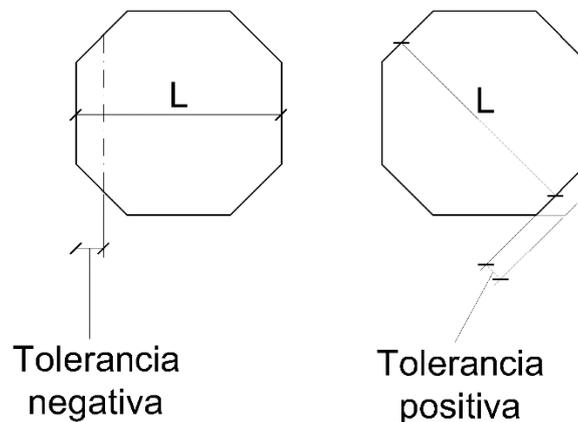


Figura 20. Vista en planta de la desviación permisible en las dimensiones de la sección transversal de fundaciones encofradas.

Fuente: (ACI, 2006)

Para cimientos formados con el suelo, aplican las tolerancias del cuadro 29.

Cuadro 29. Tolerancia de las dimensiones en planta para fundaciones formadas por el suelo.

Dimensión	Tolerancia	
$\leq 0,6$ m	+76 mm	-13 mm
$> 0,6$ m	+152 mm	-13 mm

Fuente: (ACI, 2006)

La figura 21 muestra cómo debe interpretarse la tolerancia para cimientos formados por el suelo.

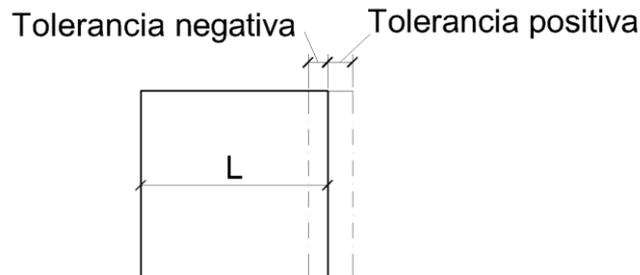


Figura 21. Vista en planta de la desviación permisible en las dimensiones de la sección transversal de fundaciones formadas por el suelo.

Fuente: (ACI, 2006)

El espesor de la fundación no deber ser reducido en más de un 5% del mismo. La figura 22 muestra la reducción aceptable en el espesor de la fundación.

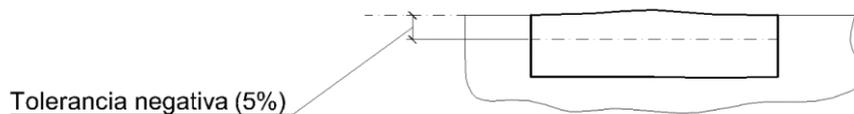


Figura 22. Vista en elevación de la desviación en el espesor de la fundación.

Fuente: (ACI, 2006)

Columnas y Muros

En columnas y muros se recomienda que la colocación del concreto no supere los 2 m de altura.

No se deben aceptar columnas en las cuales superficialmente se reflejen aros, y en el caso de que se observen hormigueros se solicitará que los mismos se reparen picando el área afectada, limpiando luego la superficie rugosa con agua y cepillo para colocar un epóxico que mejore la adherencia entre concretos y proceder con la colocación de un mortero expansivo (Espinoza, 2012).

Desviación en el plomo

El plomo de las columnas y muros, es un aspecto importante a tomar en cuenta durante el proceso constructivo, debido a que un desplome muy pronunciado podría generar fuerzas internas en los elementos para las que no han sido diseñados y por lo tanto, poner en riesgo la integridad estructural del elemento y como consecuencia, parcialmente la integridad de la estructura.

El inspector debe procurar que el plomo de las columnas y muros, como producto terminado, se encuentre dentro de las tolerancias especificadas en el cuadro YYY midiendo la altura desde la parte superior de la fundación, tal como se muestra en la figura 23.

Cuadro 30. Tolerancia para el desplome de columnas y muros.

Altura	Tolerancia
$\leq 25,4$ m	El menor de: 0,3% veces la altura o 25 mm
$> 25,4$ m	El menor de: 0,1% veces la altura o 152 mm

Fuente: (ACI, 2006)

La figura 23 muestra cómo debe medirse el desplome especificado en el cuadro 30.

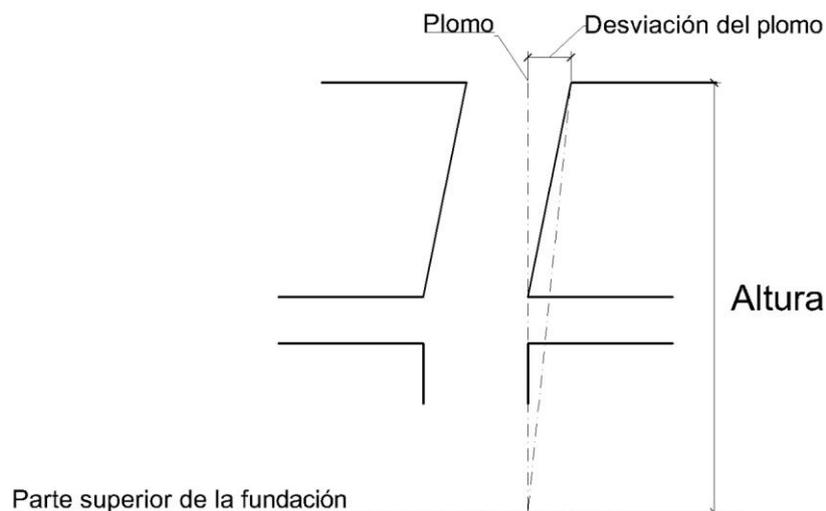


Figura 23. Desplome permisible en columnas.

Fuente: (ACI, 2006)

El Ingeniero Edwin Espinoza Blanco, en su curso de inspección indica que si el desplome de una columna supera $1/500$ veces su altura, el elemento debe ser demolido (Espinoza, 2012).

Desviación en la ubicación

Se refiere a la variación en la ubicación del elemento con respecto a la especificada en los planos.

Horizontal

Deberá ser medida en la parte superior de la fundación del elemento, no deberá superar los 25 mm. La figura 24 muestra cómo debe interpretarse la tolerancia en la ubicación del elemento.

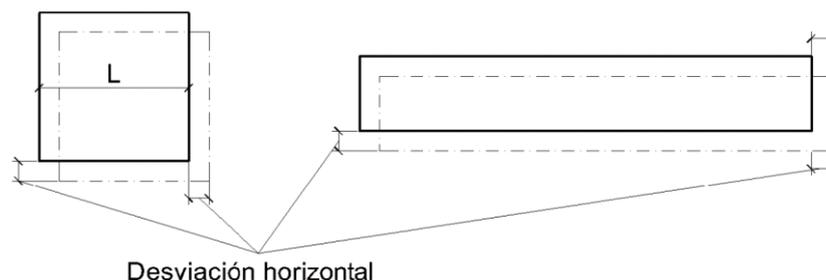


Figura 24. Vista en planta de la desviación horizontal permisible en la ubicación de columnas y muros.

Fuente: (ACI, 2006)

Vertical

La altura de la parte superior de los muros y columnas no deberá superar la desviación de ± 25 mm con respecto a la especificada en planos.

Desviación Dimensional

Se refiere a la variación en las dimensiones del elemento. Depende del espesor de los elementos y se rige de acuerdo a los criterios que se muestran en el cuadro 31.

Cuadro 31. Desviación en las dimensiones de la sección transversal.

Espesor	Tolerancia (mm)	
≤ 305 mm	+ 10	- 6
Entre 305 mm y 900 mm	+ 13	- 10
≥ 900 m	+ 25	- 19

Fuente: (ACI, 2006)

Nota: en el caso de muros formados con el suelo como encofrado, se permite una reducción de un 5% del espesor.

Vigas y Ménsulas

No deben permitirse pasantes ubicados cerca del borde superior e inferior de las vigas debido a que dicha práctica le puede reducir considerablemente la capacidad a la flexión a la viga (Espinoza, 2012).

Juntas de construcción

El concreto en las vigas aéreas se puede cortar tanto vertical como horizontalmente. El corte horizontal se permite para dar soporte a las losas o viguetas de entrepisos prefabricados y se debe tener cuidado de permitirlo cuando el mismo se encuentre a una profundidad no mayor que $h/3$ para evitar problemas debido al cortante interno horizontalmente que se genera en toda viga a flexión (Espinoza, 2012).

Si el corte de chorrea es vertical, el mismo deberá realizarse de manera inclinada (aproximadamente a 45°) en un punto de la viga donde la flexión y el cortante no causen esfuerzos altos (Espinoza, 2012).

Cuando los cortes de chorrea se permiten, antes de continuar la chorrea del resto de la viga, se debe colocar en la superficie endurecida y rugosa una capa de mortero rico en cemento o algún epóxico que mejore la adherencia entre concretos endurecidos y frescos (Espinoza, 2012).

Las juntas de construcción en las vigas principales deben desplazarse a una distancia mínima de dos veces el ancho de las vigas que las intersecten (ACI, 2008).

Las vigas apoyadas sobre columnas o muros no deben construirse hasta que el concreto del apoyo vertical haya endurecido hasta el punto que haya dejado de ser plástico.

Desviación en la ubicación

Se refiere a la variación en la ubicación del elemento.

Horizontal

La ubicación del elemento construido no deberá ser distar de la proyectada en ± 25 mm. La tolerancia debe interpretarse tal y como se muestra en la figura 24.

Vertical

La parte superior del elemento no deberá distar de la proyectada en ± 25 mm. Se debe medir tal como se muestra en la figura 25.

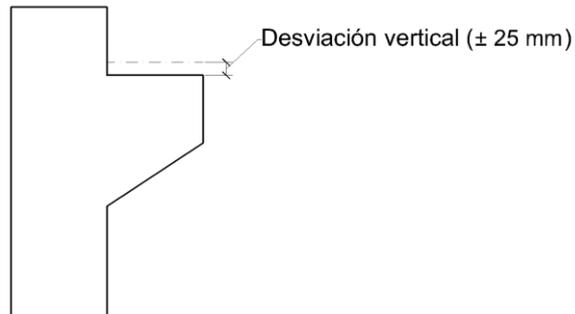


Figura 25. Desviación vertical en vigas y ménsulas.

Fuente: (ACI, 2006)

Desviación del espaciamiento entre elementos

La tolerancia para el espaciamiento, depende del ancho de los elementos, por lo que hay que tomar en cuenta los criterios del cuadro 32 y se debe medir de acuerdo con lo mostrado en la figura 26.

Cuadro 32. Desviación permisible del espaciamiento de elementos seccionados por un plano vertical.

Ancho	Tolerancia (mm)
≤ 51 mm	± 3 mm
Entre 51 mm y 305 mm	± 6 mm
≥ 305 mm	± 25 mm

Fuente: (ACI, 2006)

La figura muestra la desviación permisible entre el espaciamiento para elementos viga seccionados en un plano vertical.

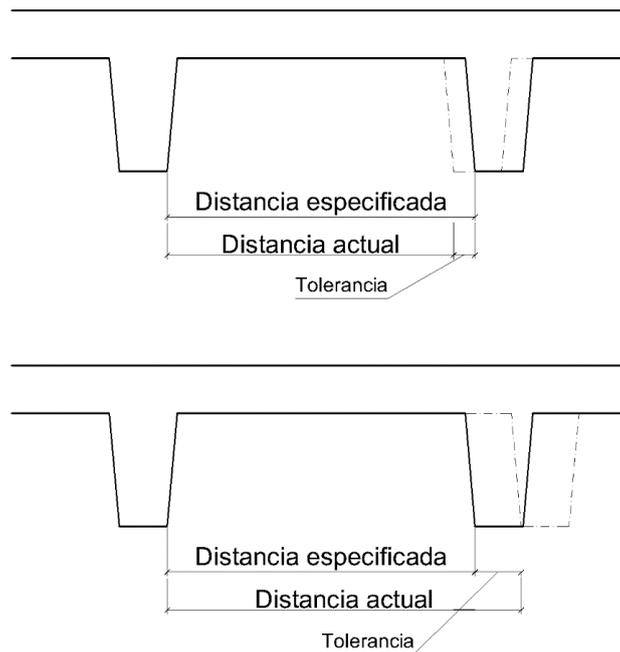


Figura 26. Distancia entre elementos adyacentes seccionados en un plano vertical

Fuente: (ACI, 2006)

Desviación Dimensional

Se refiere a la variación en las dimensiones del elemento. Para vigas y ménsulas depende del espesor del elemento y se rige de acuerdo a los mismos criterios especificados en el cuadro 31, para columnas y muros (ACI, 2006).

Nota: en el caso de vigas formadas con el suelo como encofrado, se permite una reducción de un 5% del espesor (ACI, 2006).

Contrapisos y Entrepisos

Juntas

Todas las juntas (de expansión, contracción y construcción) deben estar localizadas tal como se muestran en los planos constructivos o de acuerdo a lo aprobado por el ingeniero facultado para diseñar. Si la localización de las juntas no aparece en los planos, se debe hacer la consulta previa a la construcción de la losa (Division of Engineering U.S. Fish and Wildlife service, Departament of the interior, 2004).

Las juntas en una losa tienen como finalidad permitir los movimientos del concreto y evitar las fisuras irregulares, que se producen como consecuencia de asentamientos, retracción del concreto, cambios de temperatura y esfuerzos debidos a cargas aplicadas.

Se recomienda que las vigas y capiteles de columnas, se construyan monolíticamente como parte del sistema de losas (ACI, 2008).

Las juntas de construcción en entrepisos deben estar localizadas dentro del tercio central del vano de las losas, vigas y vigas principales (ACI, 2008).

Tolerancias para juntas

La desviación en la ubicación de las juntas es de ± 19 mm (ACI, 2006).

La profundidad de los cortes en juntas aserradas no puede variar en ± 6 mm. Este criterio se establece, para evitar el potencial corte del refuerzo.

El ancho y altura de las aberturas puede ser disminuido en 13 mm y aumentado un máximo de 25 mm.

Tipos de juntas

Juntas de dilatación o aislamiento

Permiten movimientos verticales y horizontales entre la losa, paredes, columnas, pozos de registro, o cualquier otro punto donde pudieran ocurrir restricciones. Son juntas que se desarrollan en todo el espesor de la losa para asegurarse el completo aislamiento.

Estas juntas tienen normalmente un espesor de 12 mm y deben llenarse de un material compresible.

Las juntas de aislamiento alrededor de las columnas pueden ser cuadradas o circulares como se muestra en la figura 27. Note que el cuadrado ha sido rotado 45° de tal manera que las esquinas coincidan con las juntas de contracción.

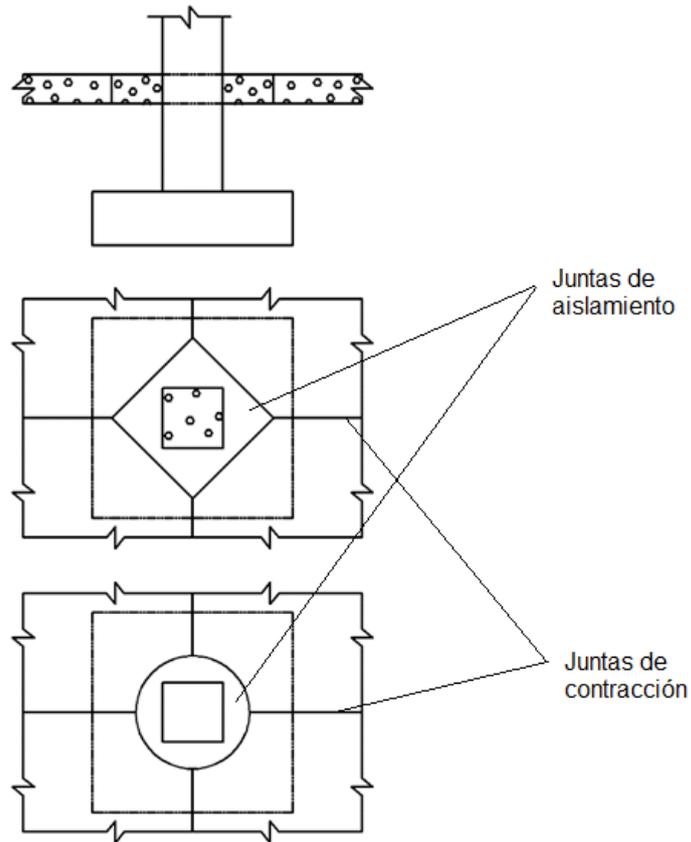


Figura 27. Juntas de aislamiento.

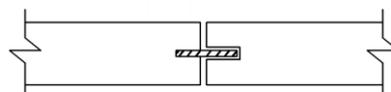
Fuente: (ICCYC)

Juntas de expansión

Las juntas de expansión típica a construir son las llaves de cortante o dovelas de varilla de acero con un extremo fijo y el otro libre, las cuales se muestran en la figura 28 (Espinoza, 2012).



Llave de cortante



Dovelas

Figura 28. Juntas de expansión típicas.

Fuente: (Espinoza, 2012).

Para concretos cuya resistencia a la compresión oscile entre 210 kg/cm² y 280kg/cm², se deberán dejar juntas de expansión y de control de grietas separadas entre ellas en longitudes no mayores de 30 veces el espesor de la losa, para evitar el levantamiento de las puntas de la misma (Espinoza, 2012).

Juntas de contracción

Permiten el movimiento horizontal de las losas que es causado por las contracciones originadas por el secado y los cambios de temperatura en el concreto.

Dividen una gran área de piso en pequeños cuadrados o rectángulos. Pueden hacerse en concreto fresco o aserrando el material endurecido. La profundidad del corte está comprendida entre 1/3 y 1/4 del grosor de la losa y con un espesor entre 3 y 6 mm.

El espaciamiento de las juntas de contracción depende de factores como el espesor de la losa y el rozamiento existente con la capa de base. Para losas de 10 cm de espesor deben tener una separación máxima de 2,5 m; para 15 cm una separación máxima de 3,5 m y para 20 cm una separación máxima de 4,5 m (ICCYC).

Contrapisos

Las losas sobre el piso están soportadas por la subrasante y la subbase. La subrasante, es el terreno natural nivelado y compactado, el cual deberá proveer un soporte uniforme. No debe tener partes que sobresalgan como partes duras o partes suaves. Cuando la subrasante no es uniforme, la losa se apoya únicamente en las partes duras y forma puentes sobre las partes suaves, esto tiene como resultado que ocurran grietas y un inadecuado asentamiento. Si el terreno no es uniforme debe colocarse una capa adicional de lastre que es la subbase. La subbase normalmente es de por lo menos 10 cm de espesor (ICCYC).

El material orgánico del terreno debe ser completamente removido y llegar al suelo natural el cual debe compactarse en forma uniforme. Si el suelo es granular o arenoso, es factible que pueda soportar directamente la losa de concreto, una vez que sea bien compactado (ICCYC).

La práctica más común para construir pisos de concreto es hacerlo en franjas largas, iniciando la primera a la orilla de la pared y colocando la franja adyacente después que la primera ha endurecido o construyendo en franjas alternas. No se recomienda construir losas como “tablero de ajedrez”, debido a que pueden generar una superficie dispareja y problemas en las juntas.

La figura 29 muestra las recomendaciones para el colado de losas sobre el terreno (ICCYC).



Figura 29. Recomendaciones para el colado de losas sobre el terreno.

Fuente: (ICCYC)

Desviación en la elevación

El ACI establece que la tolerancia en la elevación de losas construidas sobre el suelo es de ± 19 mm (ACI, 2006) mientras que la superficie de soporte tiene una tolerancia admisible de ± 20 mm (ACI, 2006).

Desviación en el espesor

El espesor para este tipo de losas no debe ser aceptado si la reducción supera los valores del cuadro 33. Se recomienda tomar una muestra como mínimo a cada 1000 m² y deben de tomarse antes de que el concreto alcance la edad de 7 días (ACI, 2006).

Cuando existan muestras con un aumento en el espesor mayor a los 19 mm, para efectos de cálculo del promedio, se asumirá que solamente supera el espesor especificado por 19 mm (ACI, 2006).

Cuadro 33. Tolerancia en la reducción del espesor de losas sobre el suelo.

Condición	Tolerancia
Promedio de las muestras	10 mm
Muestra individual	19 mm

Fuente: (ACI, 2006)

Refuerzo de acero

Normalmente se utiliza malla electrosoldada o varillas deformadas y deben ser colocadas sobre soportes de concreto (helados), del adecuado espesor para que la malla quede en la posición recomendada (ICCYC).

El acero en losas vaciadas sobre el piso, no les da ningún refuerzo estructural y su único propósito es mantener las grietas lo más cerradas posible. Si se coloca en la parte inferior de la losa, es un desperdicio de recursos, ya que entonces no cumplirá la función para la que se está colocando (ICCYC).

Entrepisos

En la actualidad existen muchas alternativas para construir entrepisos de concreto, entre las que están el sistema de viguetas prefabricadas con bloques de concreto o estereofón, losas de concreto prefabricado y losas de concreto coladas en sitio.

Aberturas

Generalmente en las edificaciones es necesario construir aberturas en las losas, con el fin de permitir la construcción de ductos electromecánicos y/o permitir la colocación de otros elementos que son necesarios durante el periodo de servicio de la obra. La tolerancia para la ubicación de las aberturas es de ± 13 mm (ACI, 2006).

Losas “coladas en sitio”

Las losas bidireccionales pueden reforzarse incorporando vigas entre las columnas, aumentando el espesor de las losas alrededor de las columnas o ensanchando las columnas bajo las losas (capiteles de columna) (McCormack & Brown, 2012).

Es importante colocar el refuerzo y los bastones como son mostrados en planos, respetando los anclajes y la continuidad del refuerzo.

Juntas de construcción

En ocasiones no es posible construir la losa en una sola colada, por lo que se debe recurrir al uso de juntas de construcción. Las juntas de construcción consisten zonas donde se corta la chorro, deberá realizarse en zonas poco esforzadas, de forma estratégica de tal forma que garanticen el comportamiento monolítico del elemento.

Si la junta de construcción es vertical, el mismo deberá realizarse de manera inclinada (aproximadamente a 45°) en un punto de la losa donde la flexión y el cortante no causen esfuerzos altos (Espinoza, 2012).

Cuando las juntas de construcción se permiten, antes de continuar la chorroa del resto de la losa, se debe colocar en la superficie endurecida y rugosa una capa de mortero rico en cemento o algún epóxico que mejore la adherencia entre concretos endurecidos y frescos (Espinoza, 2012).

Tolerancias para losas

Se debe comprobar antes de remover los puntales de soporte, que la desviación vertical de la superficie superior de la losa no supere el valor de ± 19 mm.

Además, no se debe permitir una reducción en el espesor que supere el valor de 6 mm.

Entrepisos de viguetas prefabricadas

La vigueta deberá estar metida dentro del refuerzo transversal por lo menos 80 mm (Navarro, 2013) y se apoyará sobre la formaleta de la viga si la colada de la viga se efectúa sin cortes horizontales o se apoya sobre la viga en el corte de chorroa horizontal (ya que ese es el propósito de dicho corte) (ver figura NNNNm) (Espinoza, 2012).

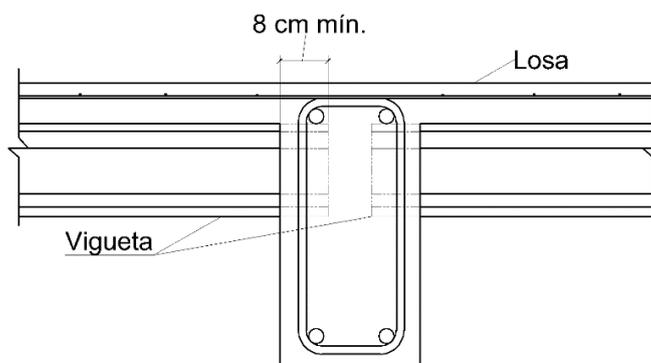


Figura 30. Colocación de viguetas pretensadas de entrecimso.

Fuente: (Espinoza, 2012)

Es responsabilidad del consultor indicar la sobrecarga o carga viva que soportará el entrecimso para que el contratista pueda determinar si en las luces acotadas en planos será necesario colocar puntales bajo las viguetas prefabricadas para mejorar la resistencia del entrecimso (Espinoza, 2012).

Cuando la longitud de las viguetas sobrepase el valor de 5 m es conveniente colocar vigas diafragma, las cuales no mejoran la resistencia del entrecimso, pero controlan las vibraciones del mismo (Espinoza, 2012).

Antes de colocarse el concreto, deberán mojarse los bloques (en el caso de utilizar bloques de concreto) para evitar que los mismos absorban agua del concreto que se les coloca encima (Espinoza, 2012).

Encofrado y apuntalamiento

Aunque el contratista es generalmente el responsable del diseño, construcción y seguridad del encofrado, el criterio para remover las formaletas y puntales debe ser especificado por el inspector estructural

Encofrado

Antes del colado

Antes de que empiece el colado del concreto, los moldes, puntales y arriostramiento que soportarán el concreto deben ser inspeccionados, de modo que los errores puedan corregirse sin demora. El contratista debe ser advertido, siempre que la seguridad o rigidez de los moldes esté en duda (IMCYC, 2007).

Deben verificarse que los moldes sean limpiados antes del colado, que no haya residuos del proceso de armado, aserrín, mortero seco y otros materiales que podrían afectar la adherencia concreto - concreto. Cuidar este aspecto también provee una superficie con mejor apariencia (aspecto irrelevante desde el punto de vista estructural).

En moldes profundos y angostos el contratista debe proveer agujeros para la limpieza e inspección en ubicaciones adecuadas, que usualmente están en el fondo y en los niveles de las juntas de los moldes (IMCYC, 2007).

Después del colado

Los encofrados de columnas y pilotes pueden ser removidos antes que para las vigas y losas. El periodo de remoción del encofrado coincide con el de remoción de puntales. En la figura 31 se muestra la recomendación para la secuencia en la que se debe remover el encofrado.

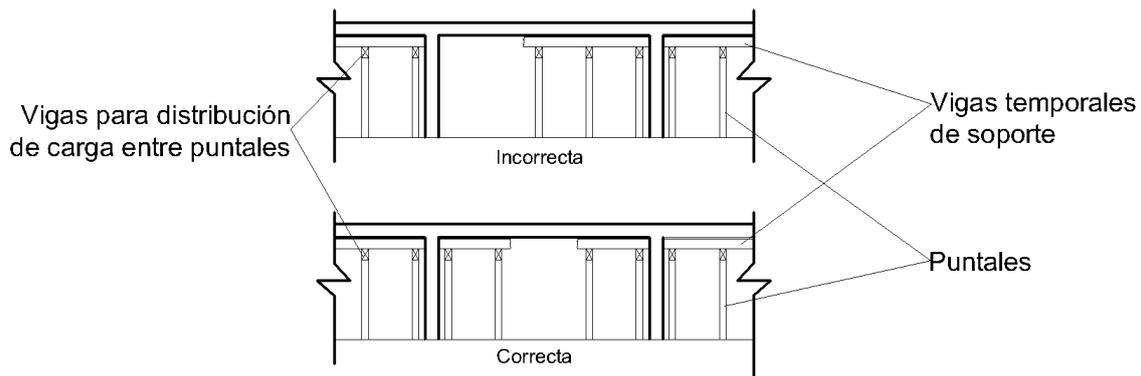


Figura 31. Secuencia de remoción de puntales y encofrados.

Fuente: (ACI, 2004).

Apuntalamiento

Antes del colado

El número, tipo y ubicación de los puntales y el arriostramiento deben ser verificados. El área de apoyo adecuada en el terreno debe evitar el asentamiento de los puntales. (IMCYC, 2007).

Los puntales que soportan pisos sucesivos deben ser colocados directamente sobre aquellos que están abajo, y deben ser instalados para cargar el número de pisos requeridos para soportar las cargas totales (IMCYC, 2007).

Los puntales en voladizos suelen ser críticos, y deben ser adecuados para soportar todas las cargas (IMCYC, 2007).

Las juntas de construcción pueden crear voladizos temporales hasta que el elemento esté completo. El concreto a ambos lados de esos puntos debe estar soportado hasta que todo el concreto haya desarrollado la resistencia suficiente para permitir al elemento cargar su propio peso (IMCYC, 2007).

Después del colado

El Ingeniero debe especificar la resistencia mínima el concreto antes de remover los puntales (ACI, 2004). La resistencia usualmente se basa en pruebas de cilindros. Cuando se usan se utiliza dicho parámetro, se recomienda que los cilindros sean curados en condiciones no mejores que aquellas para el concreto en el lugar (IMCYC, 2007).

La determinación del tiempo de remoción debe estar basado en el efecto resultante en el concreto. Cuando el apuntalamiento es retirado, no debe haber deflexiones excesivas, distorsiones o evidencia de daño en el concreto. Para elementos como

losas, muros y vigas, los puntales no deben ser removidos hasta que hayan alcanzado la capacidad de soportar su propio peso y las cargas superpuestas aprobadas (ACI, 2004).

Los tiempos de remoción que se pueden utilizar, en caso de que no se especifique en el contrato cual es la resistencia mínima del concreto para tal efecto, son los mostrados en el cuadro 34 y 35. Dichos periodos muestran un acumulativo número de horas o días, no necesariamente continuos, periodo durante el cual la temperatura ambiental está por encima de los 10°C. Si se utilizan acelerantes el periodo puede ser reducido de acuerdo al criterio del Ingeniero y en los casos contrarios, si la temperatura es menor a 10°C o se utilizan retardantes, el tiempo de remoción debe ser incrementado.

Cuadro 34. Tiempo de remoción de puntales y encofrado.

Elementos	Tiempo
Muros	12 horas
Columnas	12 horas
Laterales de Vigas	12 horas

Fuente: (ACI, 2004).

Para el caso de muros, columnas y laterales de vigas en los que el encofrado de la losa o los fondos de viga son soportados por su encofrado, el periodo de remoción que gobierna es el mayor.

Cuadro 35. Tiempo de remoción de puntales y encofrado.

Elemento	Tiempo de remoción	
	Carga viva menor que la carga muerta	Carga viva mayor que la carga muerta
Centros de arco	14 días	7 días
Fondos de viga		
Claro libre menor a 3 m entre apoyos laterales	7 días	4 días
Claro libre entre 3 y 6 m entre apoyos laterales	14 días	7 días
Claro libre mayor a 6 m entre apoyos laterales	21 días	14 días
Losas en una dirección		
Claro libre menor a 3 m entre apoyos laterales	4 días	3 días
Claro libre entre 3 y 6 m entre apoyos laterales	7 días	4 días
Claro libre mayor a 6 m entre apoyos laterales	10 días	7 días

Fuente: (ACI, 2004).

En los sistemas de losas en dos direcciones, los tiempos de remoción pueden depender del reapuntalamiento cuando es requerido, siendo colocado prácticamente después de que la operación de remoción se ha completado, pero no después de que el día de trabajo en el que se han removido haya terminado.

Donde los puntales son requeridos, se deben colocar rápidamente para minimizar los hundimientos y el flujo plástico.

Se recomienda que la remoción de los puntales se realice de acuerdo a lo mostrado en la figura 31, debido a que una secuencia de remoción incorrecta, puede generar esfuerzos en el elemento para los que no ha sido diseñado y por lo tanto, afectar la integridad del elemento.

3 | Acero estructural

Tolerancias para la secciones

Las variaciones permisibles en la geometría de la sección transversal de perfiles estructurales estándar deben ser conocidas tanto por el constructor, como por el profesional encargado de la inspección. Dichas tolerancias se permiten debido a que durante el proceso de manufactura puede haber desgaste en los rodillos, presentando distorsiones térmicas y otras posibles causas que hasta cierto punto el fabricante no puede controlar (AISC, 2010).

La especificación ASTM A6 establece además tolerancias de rectitud adecuadas para una construcción típica. Es posible que deba solicitarse al fabricante utilizar tolerancias menores en el caso de construcciones especiales en las que el nivel precisión debe ser muy alto (AISC, 2010)

El fabricante debe asegurar que la sección de los elementos de acero se pueda identificar fácilmente según la designación estándar y en caso de que el Inspector lo solicite, debe de presentar informes que aseguran que el material se desempeña tal y como lo indican las condiciones contractuales, especificaciones y/o planos (AISC, 2010).

Longitud

Para miembros que tienen ambos extremos terminados para ser apoyados, la variación en la longitud total será menor a 1 mm. Para otros miembros de un marco de acero estructural, la variación permisible en el detallado de la longitud será como se indica a continuación:

- Para miembros con longitud igual o menor a 9 metros, la variación será igual o menor a 2 mm.
- Para miembros de longitud mayor a 9 metros, la variación deberá ser menor o igual a 3 mm.

(AISC, 2010)

Rectitud

Para miembros estructurales rectos, que no sean miembros a compresión, ya sean de sección estructural estándar o fabricados a base de placas, la variación en la rectitud deberá ser menor o igual que el especificado para las secciones tipo W en la norma ASTM A6, excepto en aquellos casos que las tolerancias sean menores en los documentos de contrato (AISC, 2010).

Para los miembros rectos a compresión, la variación en la rectitud será igual o menor a 1/1000 veces la longitud axial entre los puntos de apoyo lateral o arriostres (AISC, 2010)

Para los miembros estructurales curvos, la variación de la curvatura teórica deberá ser menor o igual a la permisible para un miembro equivalente recto.

Para propósitos de inspección, las curvaturas se medirán en taller en el estado no cargado.

La figura 32 muestra la línea de referencia que debe utilizarse como referencia para determinar la rectitud de las secciones W y S.

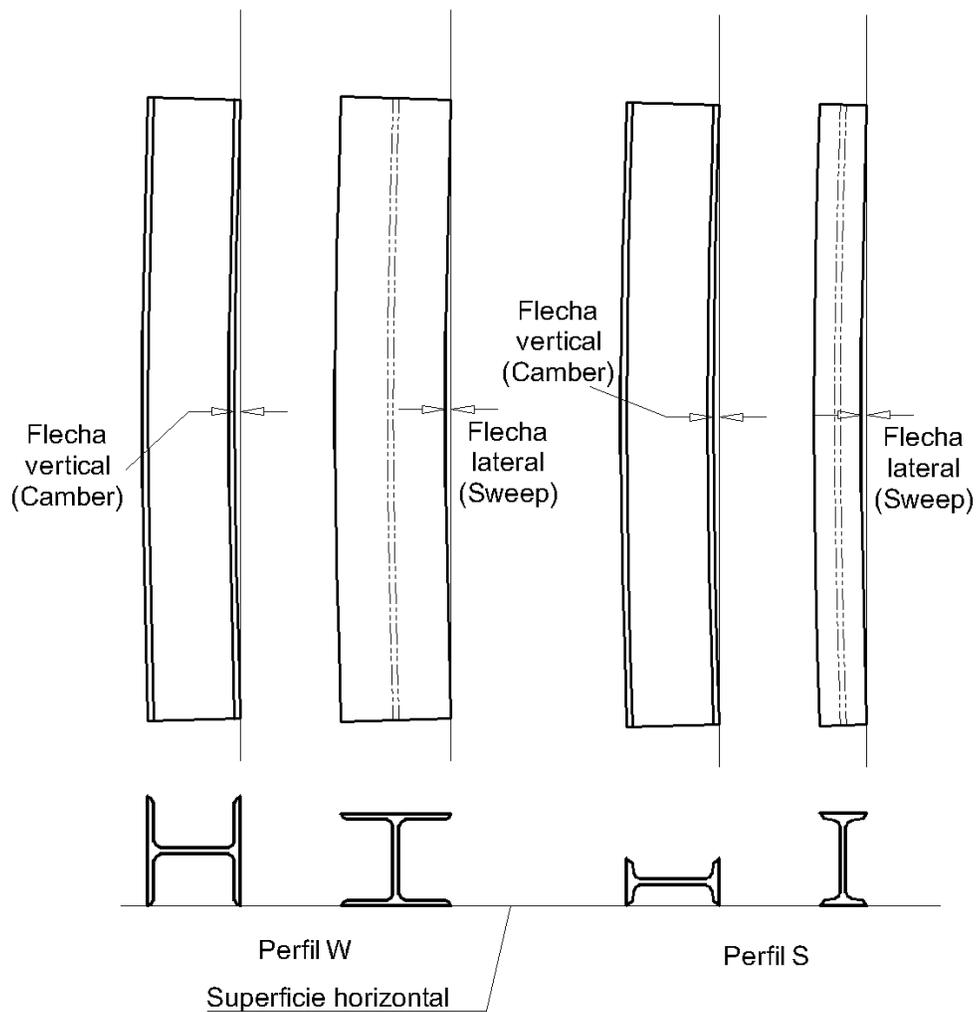


Figura 32. Referencia para la rectitud longitudinal de secciones W y S.

Fuente: (ASTM, 2014)

El cuadro 36 muestra las tolerancias permisibles en la rectitud de las secciones tipo W de acuerdo a la línea de referencia mostrada en la figura 32.

Cuadro 36. Variaciones permisibles en la rectitud de elementos W.

Descripción de la sección		Valor permisible	
		Camber	Sweep
Secciones con ancho de patín:	menor o igual a 150 mm	L/1000	L/500
	mayor a 150 mm	L/1000	
Columnas, o secciones con ancho de patín aproximadamente igual al peralte y longitud:	menor o igual a 14 m	$L/1000 \leq 10 \text{ mm}$	
	mayor a 14 m	$10 \text{ mm} + (L - 14000 \text{ mm})/1000$	

Fuente: (ASTM, 2014)

El cuadro 37 muestra las tolerancias permisibles en la rectitud de las secciones S, C, L y T de acuerdo a la línea de referencia mostrada en la figura 33.

Cuadro 37. Variaciones permisibles en la rectitud de secciones S, C, L y T.

Variable	Máxima dimensión de la sección transversal	Valor permisible
Camber	menor a 75 mm	L/250
	mayor e igual a 75 mm	L/500
Sweep	Todos	Consultar con el fabricante / es negociable

Fuente: (ASTM, 2014)

La figura 33 muestra la línea de referencia que utilizarse como referencia para determinar la rectitud de las secciones C, L y T.

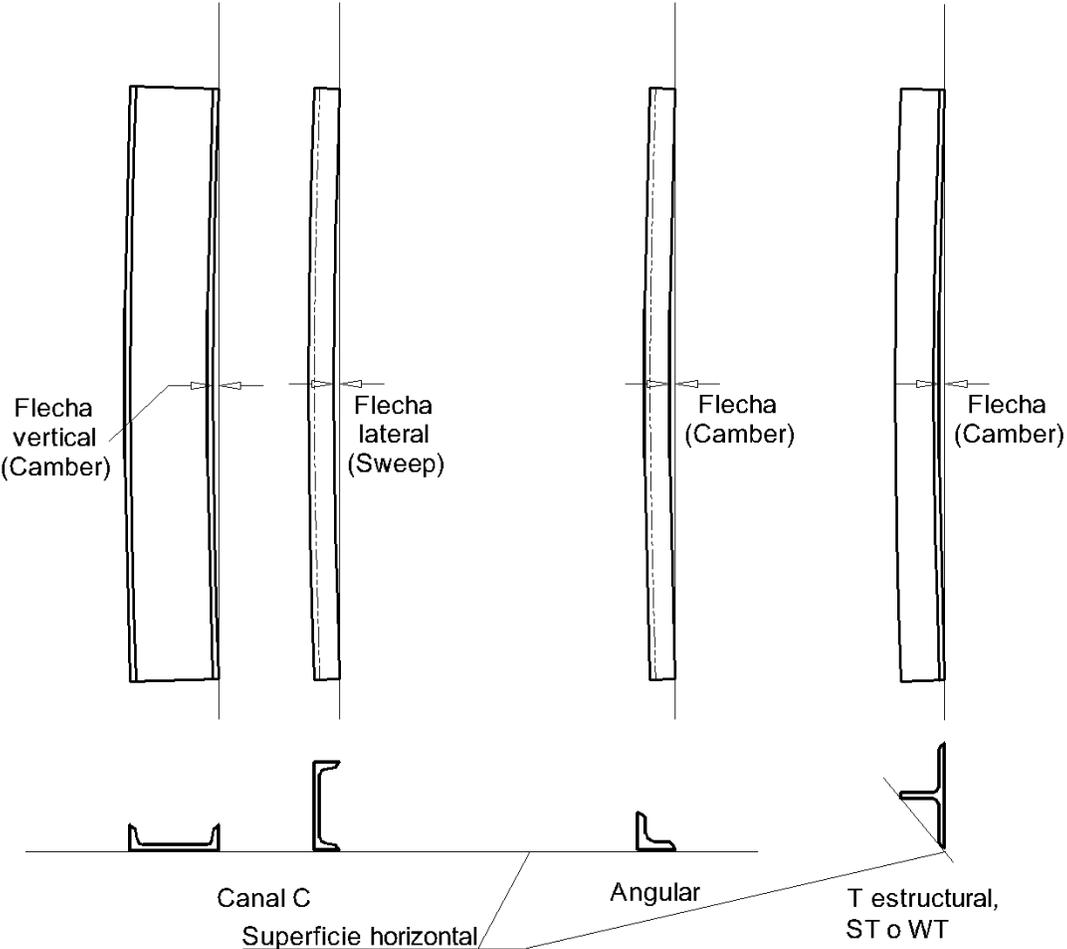


Figura 33. Referencia para la rectitud longitudinal de secciones C, L y T.

Fuente: (ASTM, 2014)

Sección transversal

La sección transversal de los perfiles W debe cumplir con las tolerancias mostradas en el cuadro 38, utilizando como referencia la simbología que se muestra en la figura 34.

Cuadro 38. Variaciones permisibles en la sección transversal de secciones W.

Tamaño nominal de la sección (mm)	A (mm)		B (mm)		T + T' (mm)	E (mm)	C-A (mm)
	+	-	+	-			
Menor o igual a 310	4	3	6	5	6	5	6
Mayor a 310	4	3	6	5	8	5	6

Fuente: (ASTM, 2014)

La figura 34 muestra la simbología de las dimensiones y tolerancias para los perfiles W.

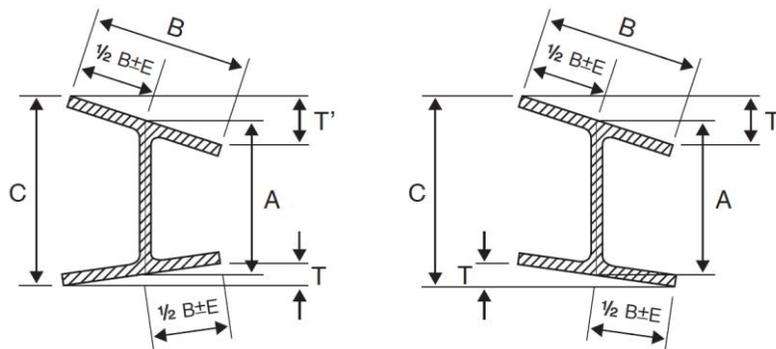


Figura 34. Simbología para tolerancias de la sección transversal de perfiles W.

Fuente: (ASTM, 2014)

La sección transversal de los perfiles S debe cumplir con las tolerancias mostradas en el cuadro 39, tomando como referencia la simbología que se muestra en la figura 35.

Cuadro 39. Variaciones permisibles en la sección transversal de secciones S.

Tamaño nominal (x) de la sección (mm)	A (mm)		B (mm)		T + T' (mm)	E (mm)
	+	-	+	-		
$75 \leq x \leq 180$	2	2	3	3	0.03	5
$180 < x \leq 360$	3	2	4	4	0.03	5
$360 < x \leq 610$	5	3	5	5	0.03	5

Fuente: (ASTM, 2014)

La figura 35 muestra la simbología de las dimensiones y tolerancias para los perfiles S.

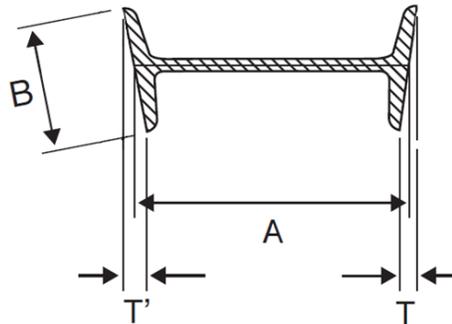


Figura 35. Simbología para tolerancias de la sección transversal de perfiles S.

Fuente: (ASTM, 2014)

La sección transversal de los perfiles C debe cumplir con las tolerancias mostradas en el cuadro 40, utilizando como referencia la simbología que se muestra en la figura 36.

Cuadro 40. Variaciones permisibles en la sección transversal de secciones C.

Tamaño nominal (x) de la sección (mm)	A (mm)		B (mm)		T + T' (mm)	Variaciones en el espesor teórico del alma. Espesor	
	+	-	+	-		≤ 5 mm	> 5 mm
$x \leq 40$	1	1	1	1	0.03	0.2	0.4
$40 < x < 75$	2	2	2	2	0.03	0.4	0.5
$75 \leq x \leq 180$	3	2	3	3	0.03	-----	-----
$180 < x \leq 360$	3	3	3	4	0.03	-----	-----
$360 < x$	5	4	3	5	0.03	-----	-----

Fuente: (ASTM, 2014)

La figura 36 muestra la simbología de las dimensiones y tolerancias para los perfiles C.

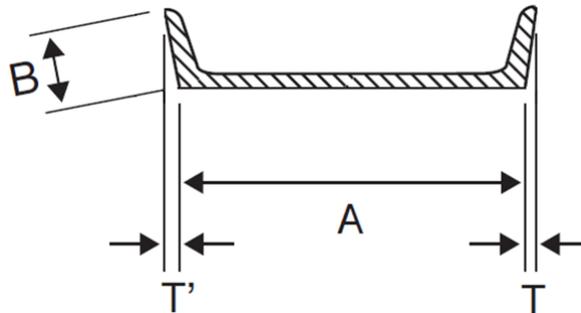


Figura 36. Simbología para tolerancias de la sección transversal de perfiles C.

Fuente: (ASTM, 2014)

Los angulares o secciones tipo L, deben cumplir con las tolerancias mostradas en el cuadro 41, utilizando como referencia la simbología que se muestra en la figura 37.

Cuadro 41. Variaciones permisibles en la sección transversal de angulares.

Tamaño nominal (x) de la sección (mm)	B (mm)		T (con respecto a B) (mm)	Variaciones permisibles en el espesor teórico del alma. Espesor:		
	más	menos		≤5 mm	entre 5 y 10 mm	> 10 mm
$x \leq 25$	1	1	2.6%	0.2	0.2	-----
$25 < x \leq 51$	1	1	2.6%	0.2	0.2	0.3
$51 < x \leq 64$	2	2	2.6%	0.3	0.4	0.4
$64 < x \leq 102$	3	2	2.6%	-----	-----	-----
$102 < x \leq 152$	3	3	2.6%	-----	-----	-----
$152 < x \leq 203$	5	3	2.6%	-----	-----	-----
$203 < x \leq 254$	6	6	2.6%	-----	-----	-----
$254 < x$	6	10	2.6%	-----	-----	-----

Fuente: (ASTM, 2014)

La figura 37 muestra la simbología de las dimensiones y tolerancias para los angulares.

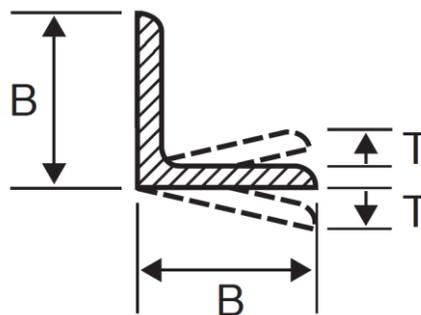


Figura 37. Simbología para tolerancias de la sección transversal de perfiles C.

Fuente: (ASTM, 2014)

Tolerancias para el marco estructural

No se debe permitir que la acumulación de las tolerancias de molino con las tolerancias de fabricación, causen que las tolerancias de erección o montaje de la estructura completa, superen las tolerancias permisibles.

Tolerancias de montaje

Las tolerancias de montaje se definen en relación a los puntos de trabajo y líneas de trabajo de los miembros, referencias que se definen de la siguiente manera:

- Para los miembros que no sean miembros horizontales, el punto de trabajo deberá ser el centro real del elemento en cada final del mismo.
- Para miembros horizontales, el punto de trabajo será la actual línea de centro del patín superior.
- La línea de trabajo, será la línea recta que conecta los puntos de trabajo.

La ubicación de los puntos de trabajo en la base no deben colocarse fuera del punto especificado a una distancia mayor a 6 mm, tal como se muestra en la figura (AISC, 2010).

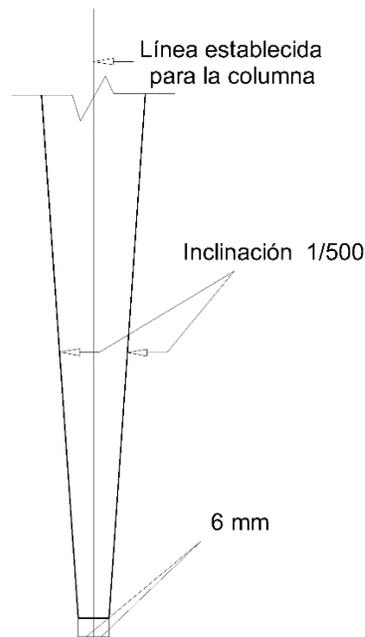


Figura 38. Tolerancia de ubicación de los puntos de trabajo en la base.

Fuente: (AISC, 2010)

La expansión y contracción en un elemento de acero estructural es de aproximadamente 2 mm por cada 10 m de longitud para cada cambio de 15°C en la temperatura. Este cambio de longitud se puede suponer que actúa en el centro de rigidez. En caso de que el ensamblaje se realice en taller debe preverse el cumplimiento de las dimensiones en el sitio de construcción, debido a que el marco de acero estructural podría sufrir deformaciones y esfuerzos para los que no ha sido diseñado.

El posible acortamiento diferencial de columnas puede ser algo que deba considerarse en el diseño y construcción. En algunos casos puede ocurrir debido a la variabilidad en la acumulación de carga muerta entre las diferentes columnas. En otros casos, puede ser característica del sistema estructural que se emplea en el diseño (AISC, 2010).

La figura 39 muestra los efectos del acortamiento diferencial en columnas de acero estructural.

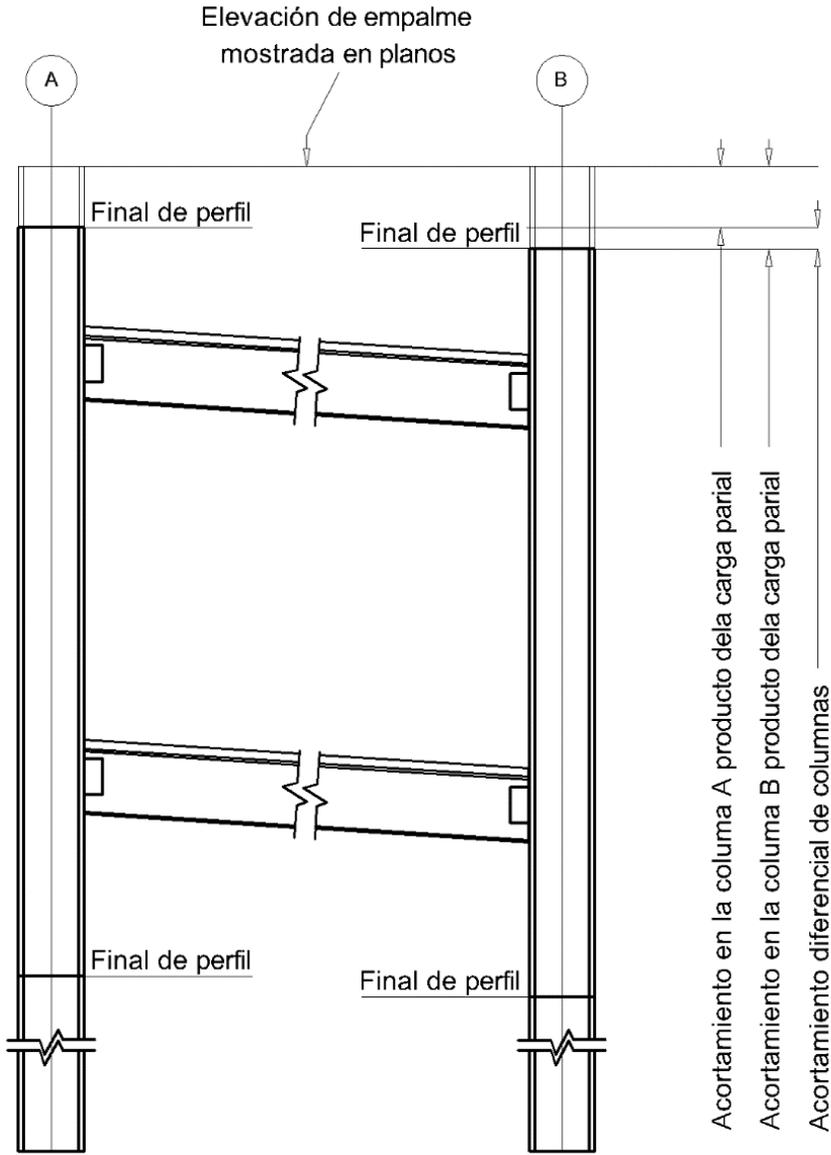


Figura 39. Acortamiento diferencial de columnas.

Fuente: (AISC, 2010)

Para una columna individual, la línea de plomo con respecto a la línea de trabajo, no debe distanciarse por más de $1/500$ veces la distancia entre los puntos de trabajo. Algunas limitaciones adicionales son:

- Para una columna individual, que está adyacente al eje de un elevador, el desplazamiento de los puntos de trabajo debe ser igual o menor a 25 mm, con respecto al establecido hasta la altura de 20 pisos y se permite un incremento en la tolerancia de 1 milímetro por cada piso adicional, con la limitación de que no se puede superar el valor permisible en 50 mm.
- Para una columna exterior individual, el desplazamiento del miembro con respecto a la línea de plomo en los primeros 20 pisos debe ser igual o menor que 25 mm hacia el la línea del edificio y de 50 mm fuera de la línea del edificio. Después del nivel 20, se permite un incremento de 2 mm por nivel adicional, con la limitación de no superar los 75 mm fuera de la línea del edificio y 50 mm hacia la línea del edificio, tal como se muestra en la figura 40 (AISC, 2010).

La figura 40 muestra la envolvente de las desviaciones permisibles en el plomo de columnas exteriores.

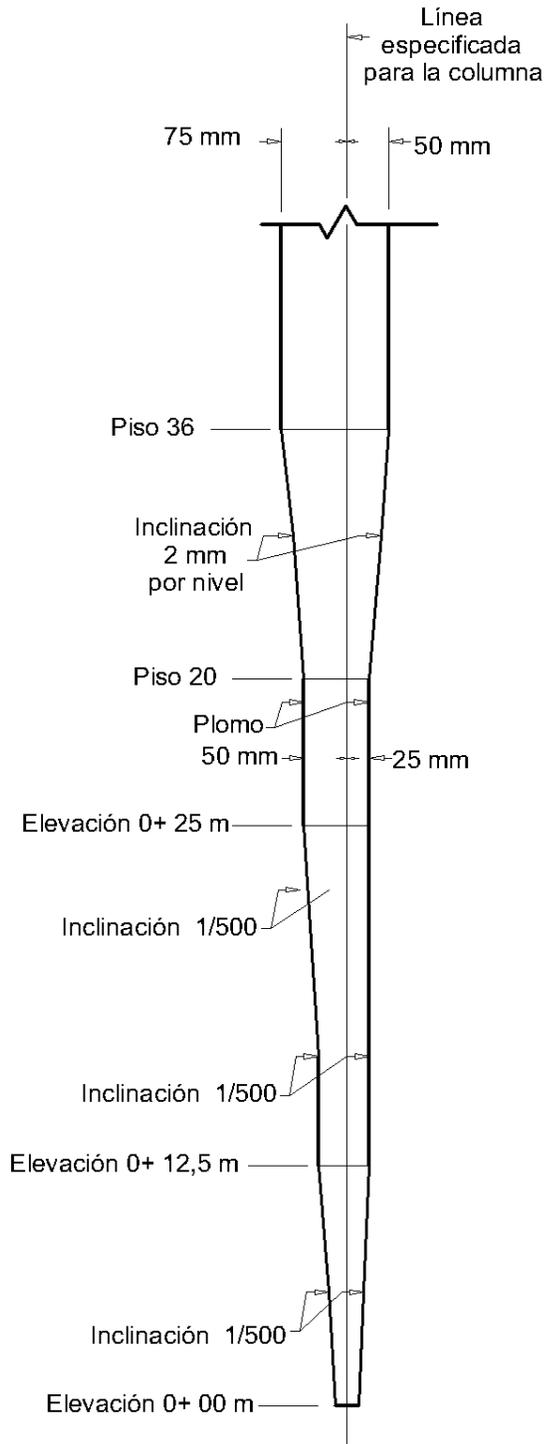


Figura 40. Envolvente en el plomo de columnas exteriores.

Fuente: (AISC, 2010)

Para otros miembros que no sean columnas, se deben aplicar las siguientes limitaciones (AISC, 2010):

- Para una pieza que se compone de un elemento individual sin empalmes de campo, excepto para miembros en voladizo, la variación en la alineación será aceptable si es causada únicamente por las variaciones en la alineación de la columna y/o el apoyo a la alineación principal del miembro y se encuentra dentro de las variaciones permisibles de fabricación y montaje.
- Para un miembro que se compone de una sola pieza recta que se conecta a una columna, la variación en la distancia desde el miembro hasta el punto de trabajo en la línea de corte y el empalme superior acabado de la columna será menor o igual a más 5 mm y menos 8 mm.
- Para miembros que consisten en una pieza individual y no está conectada a una columna, la variación en la elevación puede ser aceptable si ésta es causada exclusivamente por las variaciones en las elevaciones de los miembros de soporte dentro de las variaciones permisibles para esos elementos.
- Para un miembro en voladizo que consiste en una pieza individual recta, la verticalidad, la elevación y la alineación será aceptable si la desviación angular de la línea de trabajo desde una línea extendida en dirección en planta desde el punto de trabajo en su extremo soportado es igual o menor a 1/500 veces la distancia desde el punto de trabajo en el extremo libre.
- Para un miembro que consiste en una pieza recta individual y que es un segmento de una unidad ensamblada en sitio, la verticalidad, la elevación y la alineación y la alineación será aceptable si la variación angular de la línea de trabajo de una línea recta entre los puntos de apoyo es igual o menor que 1/500 veces la distancia entre los puntos de trabajo, tal como se muestra en la figura 41.

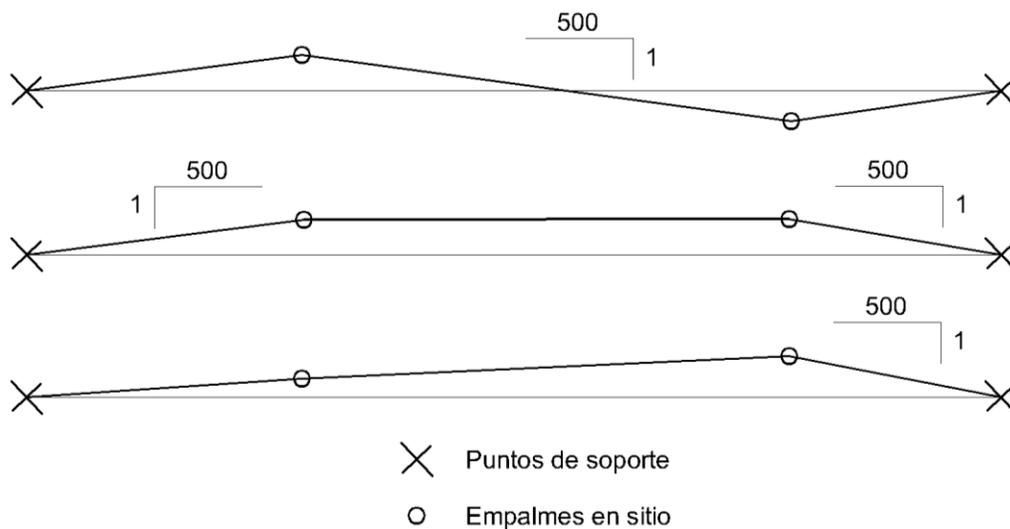


Figura 41. Tolerancias en la alineación para miembros rectos empalmados en campo.

Fuente: (AISC, 2010).

Antes de colocar o aplicar cualquier otro material, el inspector deberá verificar que la ubicación de los elementos estructurales se encuentra en una condición aceptable de verticalidad, elevación y alineación. El profesional encargado del montaje deberá esperar la aprobación del inspector (AISC, 2010).

Tolerancias para otros elementos

La variación permisible en la ubicación de varillas de anclaje, pernos de fundación y otros elementos incrustados de acuerdo a lo especificado en los planos se establece de la siguiente manera (AISC, 2010):

- a) La variación en la dimensión de centro a centro entre dos varillas de anclaje cualesquiera dentro un grupo no deberá superar los 3 mm.
- b) La variación en la dimensión de centro a centro de dos grupos adyacentes de varillas de anclaje, no debe superar los 6 mm.
- c) La variación en la elevación de las varillas de anclaje no debe superar los 13 mm.
- d) La variación acumulada entre los centros de los grupos de varillas de anclaje a lo largo de la línea de una columna con múltiples grupos de varillas de anclaje debe ser igual o menor a 2 mm por cada 10 m, pero no debe exceder los 25 mm
- e) La variación en la dimensión del centro de cualquier grupo de varillas de anclaje a la línea de la columna, debe ser menor o igual a 6 mm.

Las tolerancias especificadas en los puntos b), c) y d) deben ser aplicadas a las dimensiones mostradas en los planos estructurales, medidas paralela y perpendicularmente a la línea de columnas.

A menos que se especifique lo contrario en los documentos contractuales, las varillas de anclaje deben colocarse de manera que su eje longitudinal quede perpendicular a la superficie teórica de apoyo.

Cuando los elementos embebidos y materiales de conexión son parte de trabajos en otras tareas, pero reciben elementos de acero estructural, deben ser localizados y colocados de acuerdo a los detalles estructurales de embebido (AISC, 2010).

La ubicación final de los dispositivos de apoyo será responsabilidad del constructor; sin embargo, la variación en la elevación de los mismos no debe superar los 3 mm (AISC, 2010).

Apoyo temporal de marcos

Es posible que durante el montaje de los elementos de acero estructural, sea necesario el uso de apoyos temporales y apuntalamiento. El inspector debe identificar, en los documentos contractuales, lo siguiente:

- El sistema de resistencia a carga lateral y la conexión del diafragma con los elementos que proveerán la resistencia lateral y estabilidad de la estructura completa.
- Cualquier condición especial de montaje u otras consideraciones que sean requeridas por el concepto de diseño, tales como el uso de puntales, gatos hidráulicos que deben ser ajustados conforme avanza el montaje para establecer o mantener la curvatura, posición dentro de las tolerancias, etc.

Corrección de errores

El inspector puede permitir la corrección de desplazamientos menores con cantidades menores de fresado, rectificado, soldadura o corte, siempre y cuando se cumpla con las tolerancias permitidas. En el caso de que los errores que no puedan corregirse utilizando los procedimientos mencionados anteriormente, el inspector deberá solicitar al constructor implementar las medidas correctivas pertinentes, las cuales pueden ser cambiar el elemento, cambiar la configuración de la conexión, etc.

Preparación del acero estructural

Corte del material

Se deberá permitir el corte térmico, manual y mecánico. Las superficies especificadas como terminadas, deben tener una rugosidad máxima de 0.013 mm, valor medido de acuerdo a la especificación ASME B46.1.

Cualquier mecanismo de corte con el que se cumpla con la limitación de rugosidad, es permitido.

La mayoría de los procesos de corte, incluyendo el aserrado por fricción y aserrado en frío, permiten cumplir con el requisito de rugosidad (AISC, 2010).

Limpieza y pintura

La pintura tiene un efecto directo en la durabilidad de la estructura, permite proteger el acero ante factores a los cuales es susceptible.

El acero, antes de ser pintado, deberá limpiarse de aceites y grasas con solventes de estas sustancias. Deberá removerse cualquier tipo de suciedad.

Se deberán aplicar los productos de protección contra incendios, de forma inmediata a la limpieza del elemento, debido a que la exposición prolongada, a la intemperie y condiciones de humedad, puede ser perjudicial para el mismo.

Se debe verificar que el constructor remueva las cascarillas de laminación, antes de dar acabado al elemento, debido a que posteriormente la humedad podría penetrar y por lo tanto dar inicio al proceso de corrosión del elemento (AISC, 2010).

El inspector deberá cerciorarse de que la selección del tipo de pintura y su aplicación, tome en cuenta los siguientes factores:

- La preferencia del propietario.
- La vida útil de la estructura.
- La gravedad de la exposición del medio ambiente.
- El costo inicial y el mantenimiento de la misma.
- La compatibilidad entre los diferentes procesos que componen todo el sistema de pintura y;
- Protección al ambiente por emanación de gases tóxicos.

Soldaduras

Perfiles de soldadura

Todas las soldaduras, excepto aquellas excepciones que sean mencionadas explícitamente, deberán estar libres de fisuras, solapes y las discontinuidades de perfil inaceptables que se muestran en las figuras 42 y 43.

Soldadura de filete

Las caras de las soldaduras de filete podrán ser suavemente convexas, planas o suavemente cóncavas como se muestra en la figura 42, sin embargo el CSCR 2010 que la superficie expuesta sea plana o levemente convexa.

Con excepción de la socavación, los requisitos de perfil de la figura 42 no se aplicarán a los extremos de soldadura discontinuas fuera de su largo efectivo.

Excepto en soldaduras del lado interior en juntas L o de esquina, la convexidad “C” (ver la figura 42) de una soldadura en la superficie no deberá exceder los valores que se muestran en el cuadro 42.

Cuadro 42. Límites de convexidad para soldaduras de filete.

Ancho de la cara de la soldadura o superficie individual de cordón	Convexidad máxima (C)
$W < 8 \text{ mm}$	2 mm
$8 \text{ mm} \leq W \leq 25 \text{ mm}$	3 mm
$W > 25 \text{ mm}$	5 mm

Fuente: (AWS, 2004)

La figura 42 muestra los perfiles típicamente aceptables e inaceptables para soldaduras de filete.

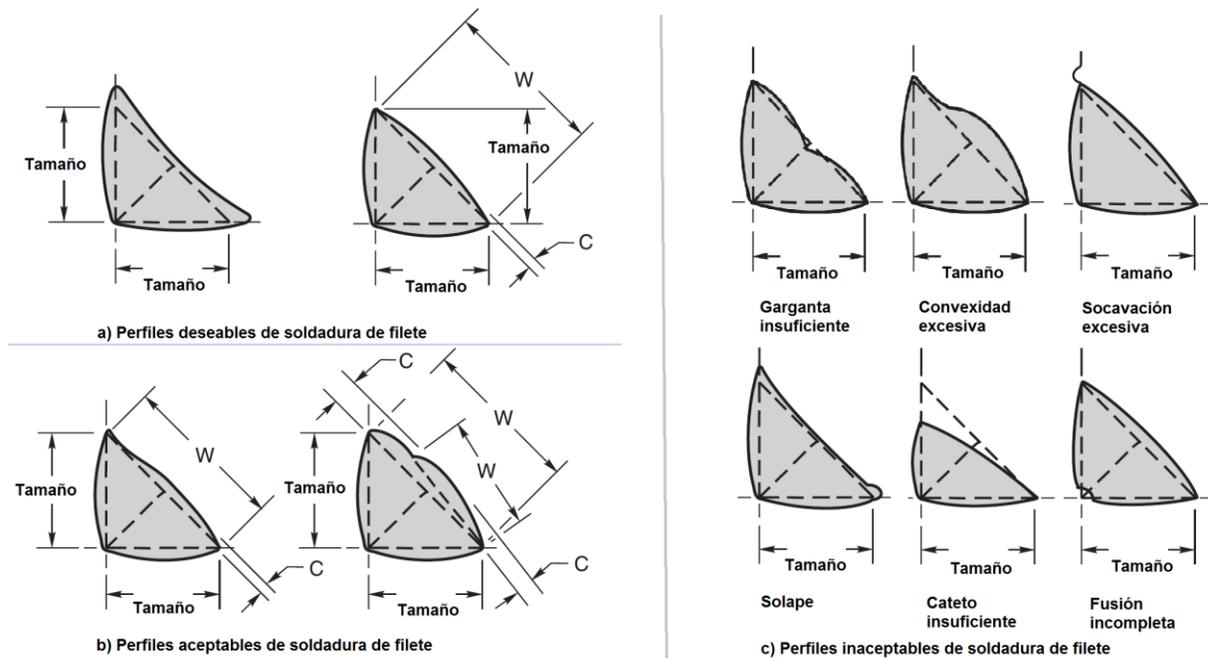


Figura 42. Perfiles aceptables e inaceptables de soldadura de filete.

Fuente: (AWS, 2004)

Soldaduras con bisel o a tope

Las soldaduras con bisel se deberán realizar con el menor refuerzo de cara (sobremonta). En caso de juntas a tope o en L, el refuerzo de cara deberá ser igual o menor que 3 mm de altura. Todas las soldaduras deberán tener una transición gradual al plano del metal base con áreas de transición libres de socavaciones excepto cuando se indique que es permitido.

La figura 43.a) y 43.b) muestra perfiles de soldadura en juntas con bisel a tope típicamente aceptables e inaceptables respectivamente.

El refuerzo "R" se mide tal como se muestra en la figura 43.a) y 43.b) no deberá exceder los 3 mm (AWS, 2004)

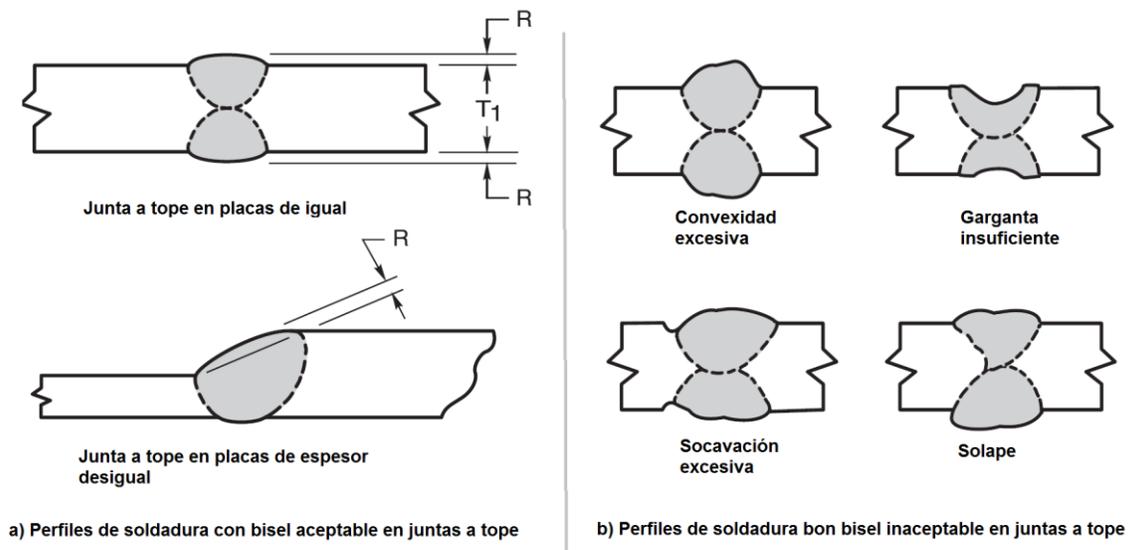


Figura 43. Perfiles aceptables e inaceptables de soldadura en juntas a tope.

Fuente: (AWS, 2004)

Las soldaduras a tope que requieren ser enrasadas deben terminarse de manera de no reducir el espesor de la parte de metal base de menor espesor o metal de soldadura en más de 1 mm o 5% el espesor del material, el que sea menor. (AWS, 2004). Todas las soldaduras a tope deben tener un refuerzo "R" mínimo de 1 mm.

Soldaduras de botón

La técnica usada para hacer soldaduras en botón con procesos SMAW, GMAW, FCAW deberá hacerse de la siguiente manera.

En soldaduras a realizarse en posición plana, cada pasada debe depositarse alrededor de la raíz de la junta y luego depositada a lo largo de una trayectoria en espiral respecto del centro del agujero, fundiendo y depositando un cordón de metal de soldadura en la raíz de la junta. El arco entonces es llevado a la periferia del agujero y el procedimiento se repite fundiendo y depositando capas sucesivas para llenar el agujero a la profundidad requerida. La escoria debe ser completamente removida antes de comenzar la soldadura.

Para soldaduras a realizarse en posición vertical, el arco se comienza en la raíz de la junta del lado de abajo del agujero. El arco es interrumpido en la parte superior del agujero, se limpia la escoria, y el proceso se repite al otro lado del agujero. Luego de limpiar la escoria de la soldadura, se deberán depositar otras capas en forma similar para llenar el agujero a la profundidad requerida.

Para soldaduras a realizarse en posición sobre cabeza, el procedimiento es el mismo que para la posición plana, excepto que se debe permitir que la escoria se enfríe y debe ser removida completamente luego de depositar cada cordón sucesivo hasta que el agujero sea llenado a la profundidad requerida.

(AWS, 2004)

Soldaduras de ranura

Las soldaduras de tipo ojal se deberán realizar usando técnicas similares a aquellas especificadas para soldaduras de botón, excepto que en caso de que el largo de las ranuras exceda tres veces el ancho, o si la ranura se extiende hasta el extremo de la pieza, se deberán aplicar los requerimientos técnicos especificados para la posición sobre cabeza en soldaduras de tipo botón.

Reparaciones

La remoción de metal de soldadura o porciones de metal base se podrá realizar por medios mecanizados, esmerilado, cincelado, ranurado o repelado. Se deberá realizar de manera tal que al metal de soldadura o metal base adyacente no se le produzcan muescas o ranuras. No se deberá usar el repelado por oxígeno en acero templados y revenidos.

Los tramos de soldadura inaceptables se deberán quitar sin una remoción sustancial del metal base. Las superficies deberán ser limpiadas cuidadosamente antes de la soldadura. Se deberá depositar metal de soldadura para compensar cualquier deficiencia en tamaño.

El inspector puede permitir que el contratista repare soldaduras inaceptables o remueva y reemplace la totalidad de la soldadura. La soldadura reparada o reemplazada deberá ser reensayada con el método usado originalmente, y se deberá aplicar la misma técnica y criterio de aceptabilidad para la calidad.

En caso de que el contratista elija reparar la soldadura, debe corregirlo de acuerdo a los siguientes criterios:

- En el caso de solape, convexidad o refuerzo excesivos, el metal de soldadura en exceso deberá ser removido.
- En soldaduras que no alcanzan el tamaño especificado o presentan socavación, las superficies deberán ser preparadas (ver las disposiciones de limpieza de la soldadura) previo a depositar el metal de soldadura adicional.
- Si la soldadura presenta fusión incompleta, porosidad excesiva o inclusiones de escoria, los tramos o partes inaceptables deberán ser removidos y resoldados.
- Cuando se deban reparar fisuras en la soldadura o el metal base, la extensión de la fisura deberá ser evaluada mediante la aplicación de macroataque, inspección por ensayos de líquidos penetrantes (LP), partículas magnetizables (PM) u otras técnicas adecuadas y reconocidas. La fisura y el metal base deberán ser removidos y resoldados 50 mm hacia cada lado de los extremos o vértices de la fisura.

(AWS, 2004)

Aprobación

Se deberá obtener la aprobación previa del Inspector para ejecutar reparaciones al metal base, fisuras mayores o en frío, reparaciones a soldaduras por electro escoria y electrogas con defectos internos o por revisión del diseño para compensar deficiencias.

Si la soldadura inaceptable no resulta accesible o presenta condiciones que hacen peligrosa la corrección de la misma, entonces se deberán reponer las condiciones originales removiendo soldaduras o elementos estructurales, o ambos, previo a realizar la corrección. Si esto no se realiza, la deficiencia se debe compensar mediante el agregado de trabajo adicional realizado de acuerdo a un diseño revisado y aprobado.

Reparación del metal base con soldadura

Excepto donde la reparación sea por razones estructurales o de otro tipo, los orificios por punzonado o taladrado mal ubicados pueden quedar abiertos o rellenados con pernos. Cuando se repara el metal base con soldadura, se aplicarán los siguientes requerimientos:

- a) El metal base no sometido a cargas de tracción cíclicas podrá ser reparado por soldadura, siempre y cuando el contratista prepare y siga una especificación de procedimiento de soldadura (EPS) de reparación. Se deberá verificar que el metal de soldadura de la reparación se encuentre sano mediante la evaluación con ensayos no destructivos (END) apropiados, cuando tales ensayos estén especificados en los documentos del contrato para soldaduras con bisel sujetas a esfuerzos de compresión o tracción.
- b) Metal base sujeto a esfuerzos de tracción cíclicas podrá ser reparado por soldadura cuando:
 - El inspector apruebe la reparación por soldadura y la EPS de reparación.
 - La EPS de reparación es seguida durante el trabajo y se verifica que el metal base reparado sea sano mediante métodos de END especificados en los documentos de contrato para el ensayo de soldadura con bisel bajo tracción, o según lo aprobado por el Inspector.
- c) Además de los requerimientos a) y b), cuando se reparan agujeros en metal base templado y revenido mediante soldadura se deberán seguir las siguientes recomendaciones:
 - Usar material de aporte, calor aportado y tratamiento térmico posterior a la soldadura apropiada.
 - Hacer soldaduras de muestra usando la EPS de reparación.
 - Los ensayos radiográficos de las soldaduras de muestra deberán verificar que las mismas se encuentren sanas según los requerimientos.
 - Un ensayo de tracción de sección reducida (metal de soldadura), dos ensayos de plegado lateral (metal de soldadura) y tres ensayos de impacto de Charpy-V (CVN) de la Zona afectada por el calor (ZAC), con la entalla ubicada en la región de grano grueso, tomadas de las muestras soldadas se deberán utilizar para demostrar que el área reparada alcance los requerimientos especificados del metal base.
- d) Las superficies de soldadura deberán estar terminadas como se especifica para superficies enrasadas.

Limpeza de la soldadura

Limpeza durante el proceso

Se deberá quitar toda la escoria de la soldadura y, el metal base adyacente deberá ser limpiado por cepillado. Este requerimiento se aplica no solo a capas sucesivas sino a cordones sucesivos y al área del cráter cuando se aplica no sólo a capas sucesivas sino a cordones y al área del cráter cuando se retoma una soldadura luego de cualquier interrupción. Esto, sin embargo, no deberá restringir las soldaduras en botones y ranuras.

Limpeza de soldaduras terminadas

La escoria deberá ser removida de todas las soldaduras terminadas y la soldadura y el metal base adyacente deberán ser limpiados mediante cepillado u otro medio adecuado. Las salpicaduras de fuerte adherencia que se mantienen luego de las operaciones de limpieza podrán ser aceptadas, salvo que se requiera la remoción para el propósito de ensayos no destructivos. Las juntas soldadas no deberán ser pintadas hasta que las soldaduras hayan sido terminadas y aceptadas.

Simbología de soldaduras

La simbología en la especificación de trabajos de soldadura es una forma clara, precisa y ordenada de entregar la información. La simbología estándar que ha sido adoptada para la mayoría de los procesos es la que se muestra en la figura 44.

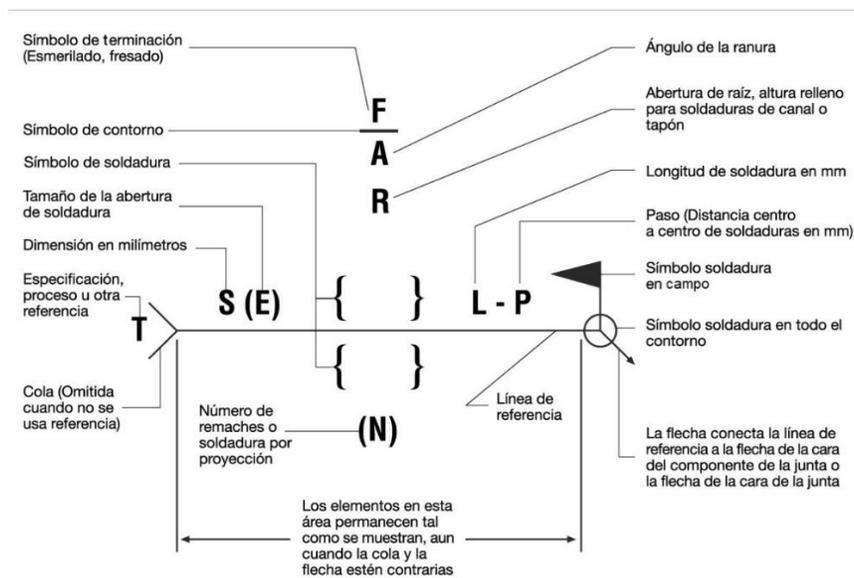


Figura 44. Simbología de soldadura.

Fuente: (INDURA)

La especificación AWS 2.4 “Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination” se encarga de definir la simbología a utilizar para especificar soldadura en planos. En la sección de anexos se encuentra una ficha resumen elaborada por la AWS para interpretar la simbología.

La figura 45 muestra ejemplos de aplicación de la simbología estándar para soldaduras de tipo filete.

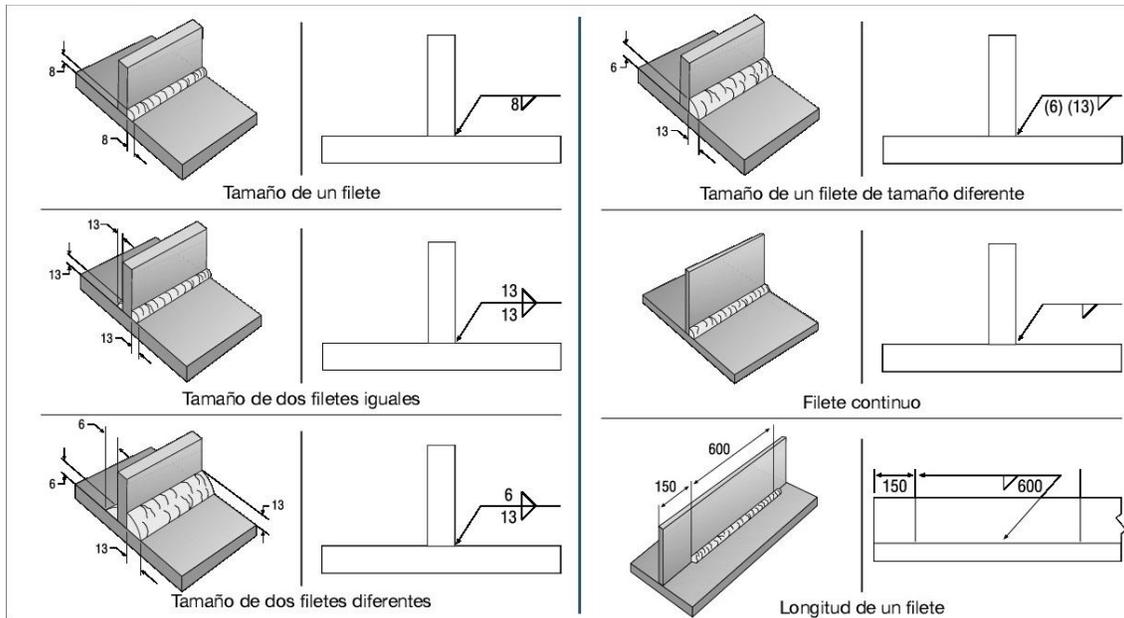


Figura 45. Ejemplos de simbología para soldadura de filete.

Fuente: (INDURA)

La figura 46 muestra ejemplos de aplicación de la simbología estándar para soldaduras a tope.

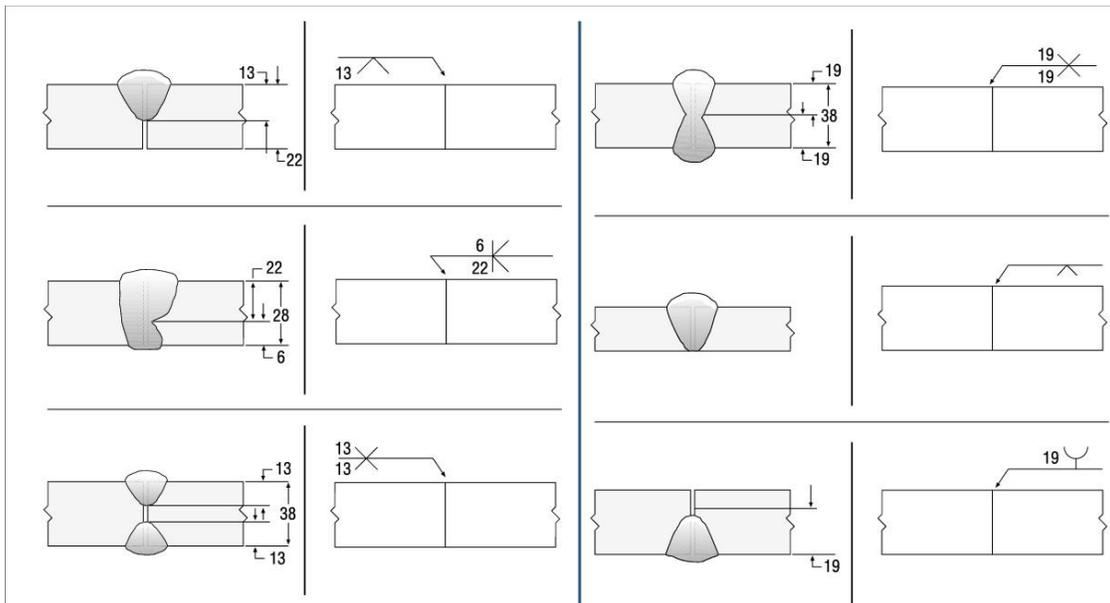


Figura 46. Ejemplo de simbología para soldaduras a tope.

Fuente: (INDURA)

Inspección visual de soldaduras

Todas las soldaduras deberán ser inspeccionadas visualmente y serán aceptables si los criterios expuestos en el cuadro 43 son satisfechos.

Cuadro 43. Criterios de aceptación para inspección visual de soldaduras.

Categoría de discontinuidad y criterio de aceptación	Uniones no tubulares cargadas estáticamente	Uniones no tubulares cargadas cíclicamente	Uniones tubulares (todas las cargas)
Prohibición de fisuras La soldadura no debe tener fisuras	X	X	X
Fusión de soldadura / Metal base Debe existir fusión a través de los cordones adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base	X	X	X
Cráter en la sección transversal Todos los cráteres deben ser llenados, excepto para los extremos de soldadura de filete discontinuos fuera de su largo efectivo	X	X	X

Categoría de discontinuidad y criterio de aceptación	Uniones no tubulares cargadas estáticamente	Uniones no tubulares cargadas cíclicamente	Uniones tubulares (todas las cargas)																
<p>Perfiles de soldadura</p> <p>Deben cumplir con los requerimientos especificados en la sección de perfiles de soldadura</p>	X	X	X																
<p>Tiempo de inspección</p> <p>La inspección visual de soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después que la soldadura terminada se haya enfriado hasta temperatura ambiente. El criterio de aceptación para aceros de alta resistencia (del tipo ASTM A514, A517, y A709 grado 100 y 100W) debe estar basado en una inspección visual realizada no menos de 48 horas luego de la terminación de la soldadura.</p>	X	X	X																
<p>Soldaduras subdimensionadas</p> <p>El tamaño del filete de soldadura en cualquier soldadura continua puede ser menor que el especificado (L) sin necesitar corrección, para los siguientes valores (U):</p> <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td style="text-align: center;">Tamaño de soldadura nominal en mm</td> <td style="text-align: center;">Diferencia admisible respecto de L en mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">2.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>En todos los casos la disminución del tamaño de la soldadura será $\leq 10\%$ del largo de la soldadura. En la soldadura alma con ala en vigas, no se permite subdimensionamiento en los extremos para un largo igual a dos veces el ancho del ala.</p>	Tamaño de soldadura nominal en mm	Diferencia admisible respecto de L en mm			5	2	X	X	6	2.5			8	3			X	X	X
Tamaño de soldadura nominal en mm	Diferencia admisible respecto de L en mm																		
5	2	X	X																
6	2.5																		
8	3																		
<p>Socavación</p> <p>Para materiales de espesores menores que 25 mm, la socavación será ≤ 1 mm, excepción: se permitirá una socavación máxima de 2 mm en un largo acumulado de 50 mm en cualquier tramo de 300 mm. Para materiales de espesores ≥ 25 mm, la socavación deberá ser ≤ 2 mm para cualquier largo de soldadura.</p> <p>En miembros principales, la socavación será $\leq 0,25$ mm de profundidad cuando la soldadura es transversal a esfuerzos de tracción bajo cualquier condición de cargas de diseño. La socavación deberá ser ≤ 1 mm de profundidad para los otros casos. La longitud de socavación acumulada de la soldadura no puede exceder $L/8$, donde L es la longitud de la soldadura.</p>	X	X	X																
Porosidad																			

Categoría de discontinuidad y criterio de aceptación	Uniones no tubulares cargadas estáticamente	Uniones no tubulares cargadas cíclicamente	Uniones tubulares (todas las cargas)
<p>Las soldaduras a tope con junta biselada de penetración completa (JPC), transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción computados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel o soldaduras de filete, la suma de la porosidad vermicular visible ≥ 1 mm en diámetro, será ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de soldadura.</p> <p>La frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que una cada 100 mm del largo de la soldadura y el diámetro máximo será $\leq 2,5$ mm. Excepción: las soldaduras de filete que unen los rigidizadores a la viga, la suma de los diámetros de la porosidad vermicular deberá ser ≤ 10 mm en cualquier tramo lineal de 25 mm de soldadura y ≤ 20 mm en cualquier tramo de 300 mm de largo de la soldadura.</p> <p>Las soldaduras a tope con JPC, transversales a la dirección de los esfuerzos de tracción calculados no deberán tener ninguna porosidad vermicular visible. Para todas las otras soldaduras con bisel, la frecuencia de porosidad vermicular en soldadura de filete será menor o igual que 1 cada 100 mm del largo de la soldadura y el diámetro máximo será $\leq 2,5$ mm.</p>	X		
		X	X
		X	X

Fuente: (AWS, 2004)

Otros métodos de inspección

Existen algunos ensayos no destructivos para evaluar la integridad de las soldaduras durante la inspección estructural; sin embargo cualquier evaluación con métodos no destructivos debe servir como respaldo y no para reemplazar la inspección visual.

Todas las uniones con soldadura que sean parte del sistema sismorresistente y que estén sujetas a cargas netas de tracción, producto de la demanda sísmica (amplificada y por capacidad), deben ser evaluadas mediante ensayos no destructivos (CFIA, 2010).

Ensayos de líquidos penetrantes y partículas magnéticas

Las soldaduras que se encuentren sujetas a éstos ensayos, además de la inspección visual, deberán ser evaluadas sobre la base de los requerimientos aplicables para la

inspección visual. Para mayor información, refiérase a la especificación AWS D1.1, sección 6.10.

Inspección radiográfica

Las soldaduras en las que se muestra mediante ensayo radiográfico que no se alcanzan los requerimientos de la inspección visual, deberán ser reparadas. Las discontinuidades distintas a las fisuras deberán ser evaluadas como alargadas o redondas, sin tener en cuenta el tipo de discontinuidad. Una discontinuidad alargada se define como aquella cuyo largo excede tres veces su ancho. Una discontinuidad redonda se define como aquella en la cual su largo es igual o menor que tres veces su ancho (puede ser redondeada o irregular).

Para obtener más información sobre los requisitos de aceptación para inspección del tipo radiográfica, puede refiérase a la especificación AWS D1.1, sección 6.3.7.

Inspección por ultrasonido

Para ver los criterios de aceptación de inspección por ultrasonido, refiérase a la especificación AWS D1.1, sección 6.3.8.

Pernos

Tipo de conexiones apernadas

Conexión tipo aplastamiento

Es el tipo de conexión en la cual la carga es resistida por cortante y aplastamiento sobre los pernos, tal como se muestra en la figura 47. La posición de la rosca en el plano de corte, es un factor determinante en este tipo de conexiones, debido a que puede causar una reducción en la resistencia de la misma.

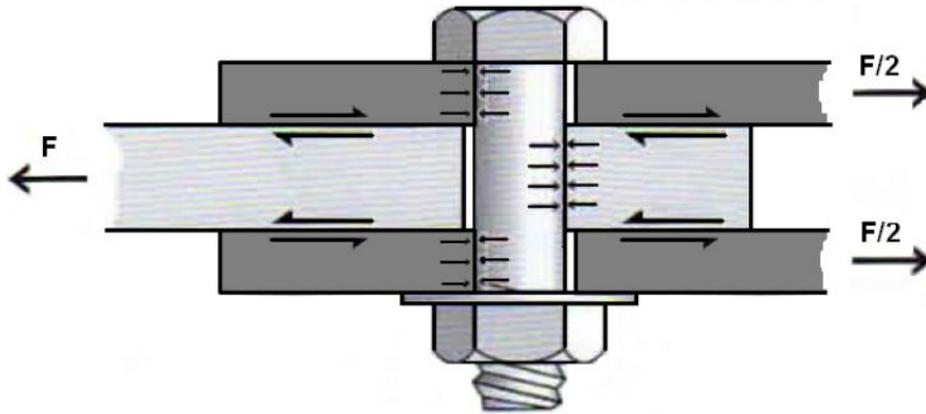


Figura 47. Conexión de aplastamiento.

Fuente: (MSP, 2010)

Conexión de deslizamiento crítico

Es el tipo de conexión en la cual el deslizamiento no es conveniente para la capacidad de servicio de la estructura a la cual pertenecen dichas uniones.

La figura 48 muestra la representación gráfica de una conexión de deslizamiento crítico.

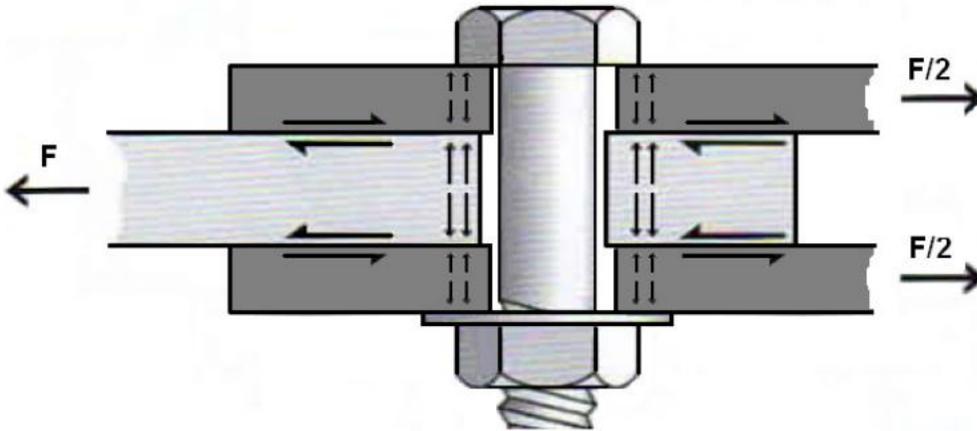


Figura 48. Conexión de deslizamiento crítico.

Fuente: (MSP, 2010)

Conexión pretensada

Es el tipo de conexión en la que el perno se estira para producir sobre éste una carga previa de tensión. Se utiliza en conexiones que deban desmontarse, pero que sean

suficientemente sólidas como para soportar cargas de tensión y de corte. La figura 49 muestra una conexión pretensada.

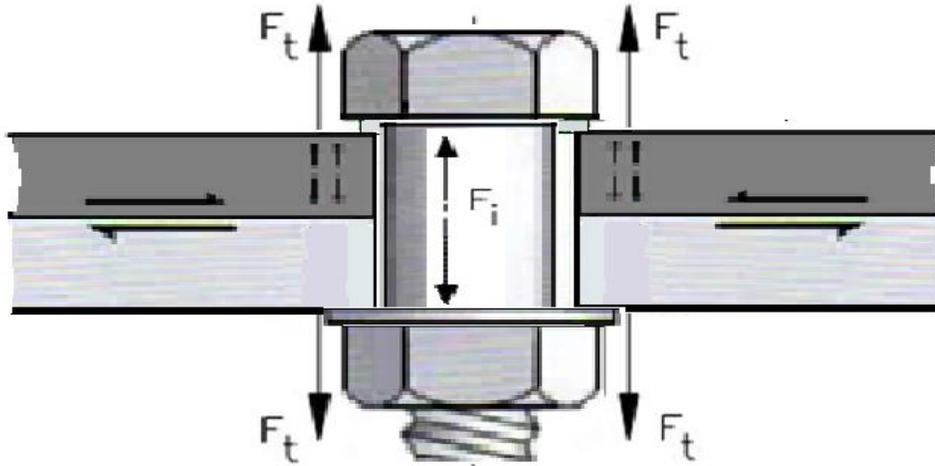


Figura 49. Conexión pretensada.

Fuente: elaboración propia.

Tipos de agujero

Agujero estándar

Agujero en el cual la holgura para el tornillo es pequeña. Deben utilizarse agujeros estándar siempre que no se haya indicado lo contrario en planos, especificaciones o indicaciones del profesional encargado del diseño. En la figura 50a) se muestra el agujero estándar y en el cuadro 44 el tamaño permisible de acuerdo al diámetro del perno.

Agujero sobredimensionado

Aquel en el cual la holgura con respecto al diámetro del perno es mayor que en los agujeros estándar. Se pueden utilizar en uniones por rozamiento con previa autorización por parte del ingeniero encargado del diseño. En la figura 50.b) se muestra el agujero sobredimensionado y en el cuadro 44 el tamaño permisible de acuerdo al diámetro del perno.

Agujero de ranura

Es popularmente conocido como agujero tipo “ojo chino”. Existen dos tipos:

- De ranura corta: es el tipo de agujero que se muestra en la figura 50c) y el tamaño permisible de acuerdo al diámetro del perno se muestra en el cuadro 44. Se pueden utilizar en todas las capas de las conexiones tipo aplastamiento o de desplazamiento crítico. En el caso de las conexiones tipo aplastamiento la carga debe ser perpendicular al eje longitudinal de la ranura, mientras que en conexiones de desplazamiento crítico la dirección no es importante
- De ranura larga: es el tipo de agujero que se muestra en la figura 50.d) y el tamaño permisible de acuerdo al diámetro del perno se muestra en el cuadro 44. Se puede utilizar solo en una de las partes de conexiones de tipo aplastamiento o de deslizamiento crítico con solo una superficie de contacto. En el caso de las conexiones tipo aplastamiento la carga debe ser perpendicular al eje longitudinal de la ranura, mientras que en conexiones de desplazamiento crítico la dirección no es importante.

La figura 50 muestra la representación gráfica de los tipos de agujero de uso común.

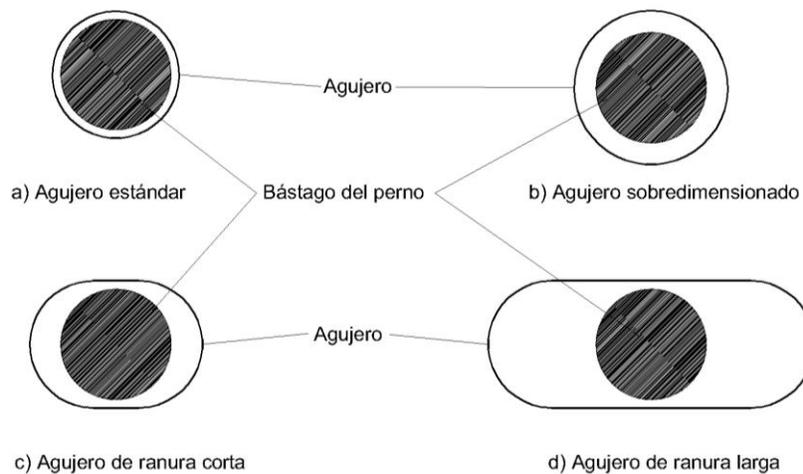


Figura 50. Tipos de agujero.

Fuente: elaboración propia

El cuadro 44 muestra las dimensiones permisibles para los distintos tipos de agujero.

Cuadro 44. Dimensiones nominales de los agujeros.

Diámetro del perno (D) [in]	Dimensiones del agujero [in]			
	Estándar (diámetro)	Sobredimensionado (Diámetro)	De ranura corta (ancho x largo)	De ranura larga (ancho x largo)
1/2	9/16	5/8	9/16 x 11/16	9/16 x 1 1/4
5/8	11/16	13/16	11/16 x 7/8	11/16 x 1 9/16
3/4	13/16	15/16	13/16 x 1	13/16 x 1 7/8
7/8	15/16	1 1/6	15/16 x 1 1/8	15/16 x 2 3/16
1	1 1/16	1 1/4	1 1/16 x 1 5/16	1 1/16 x 2 1/2
≥ 1 1/8	D+1/16	D+5/16	(D+1/16) x (D+3/8)	(D+1/16) x (2.5D)

Fuente: (RCSC, 2009)

Espaciamiento mínimo

La distancia entre los centros de agujeros estándar, sobredimensionados o de ranura, no será menos de 2.67 veces el diámetro nominal del sujetador. La separación recomendable es de 3 veces el diámetro (AISC, 1999).

Instalación

El inspector debe dar énfasis a la revisión del tipo de perno a utilizar, la preparación de las superficies de contacto, el diámetro de los agujeros, el uso de arandelas y tuercas apropiadas, la pretensión requerida y cualquier otra variable que considere podría interferir en el desempeño adecuado de la unión emperrada (CFIA, 2010).

En conexiones tipo aplastamiento el inspector no debe permitir la corrección de errores de perforación ampliando los agujeros fuera de las dimensiones nominales mostradas en el cuadro 44. En otros tipos de conexión, se recomienda respetar las dimensiones del cuadro 44; sin embargo queda a criterio del profesional la aprobación del procedimiento.

Las conexiones aperradas no deberán ser forzadas para lograr introducir los pernos, debido a que dicho esfuerzo podrá generar fuerzas sobre la estructura para las cuales no ha sido diseñada y podría superar los estados límite considerados en la etapa de diseño.

Los siguientes requerimientos aplican únicamente para verificar el proceso de ensamblaje de los pernos y el proceso de pretensión de la forma que es requerida para la instalación.

Técnicas de pretensado

Para verificar la tensión aplicada sobre el perno (cuando éste la requiere) se debe utilizar alguna de las siguientes técnicas:

- Giro de tuerca: consiste en tensar el perno mediante una cierta rotación especificada.
- Torquímetro: consiste en utilizar un instrumento que permite determinar el torque aplicado durante la instalación del perno. La magnitud del torque aplicado debe estar limitado mediante una correlación con la tensión en el perno.
- Indicador de tensión directo: consiste en utilizar un dispositivo que permite conocer la tensión aplicada sobre el perno.

Calibrar tensión

Debe realizarse cuando los pernos se instalarán en conexiones pretensadas o de deslizamiento crítico con dos objetivos:

- Confirmar que el sujetador será ensamblado correctamente, incluyendo la lubricación para instalación pretensada.
- Confirmar el procedimiento y el uso adecuado de pretensado que se utilizará.

Deben realizarse pruebas de campo en al menos tres conectores de cada combinación de diámetro, longitud, grado y lote, para verificar que los métodos de pretensado con el calibrador de tensiones para verificar que la pretensión es igual o mayor a la especificada.

Referencias

- ACG. (2009). *Código de cimentaciones de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica.
- ACI. (2004). *Guite to Formwork for Concrete (ACI 347)*.
- ACI. (2006). *Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary (ACI-117-06)*.
- ACI. (2008). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S) y Comentario*.
- AISC. (1999). *Load and Resistance factor design specification for structural steel buildings*. Chicago, Illinois.
- AISC. (2010). *Code of Standar Practice for Steel Buildings and Bridges (AISC 303)*. .
- AISC. (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero*. Santiago, Chile: Alacero.
- ASTM. (2011). *Standar Specification for Structural Steel Shapes (ASTM A992)*.
- ASTM. (2012). *Standar Specification for Carbon Structural Steel (A36)*.
- ASTM. (2013). *Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain an Deformed, for Concrete (A1064)*.
- ASTM. (2013). *High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structutral (A572)*.
- ASTM. (2014). *Standard Sepecification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling (ASTM A6)*.
- AWS. (s.f.). *Standard Symblos for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination AWS 2.4*.
- AWS. (2004). *Structural Welding Code - Steel (AWS D1.1)*. Miami, Florida.
- AWS. (2005). *Structural Welding Code-Reinforcing Steel. AWS D1.4/D1.4M:2005*. Estados Unidos de América.
- CFIA. (2010). *Código Sísmico de Costa Rica 2010*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Division of Engineering U.S. Fish and Wildlife service, Departament of the interior. (2004). *Construction Inspection Handbook*.
- Espinoza, E. (2012, Abril-Mayo). *Curso de Inspección de obras*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- GERDAU AZA. (2005). *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón*. Chile: M y M Servicios Gráficos S.A.

- ICC. (2009). *International Building Code 2009*. Estados Unidos de América.
- ICCYC. (2005). *Tipos de cemento y sus usos*. Costa Rica.
- ICCYC. (s.f.). *Manual de Construcción de pisos de concreto sobre el terreno*. San José, Costa Rica.
- IMCYC. (2006). *Elaboración de cilindros de concreto en el campo*. México.
- IMCYC. (2007). *Manual para supervisar Obras de Concreto (ACI 311)*.
- INDURA. (s.f.). *Manual de sistemas y materiales de soldadura*. Chile: INDURA S.A. Industria y Comercio.
- INS. (s.f.). *Reglamento de seguridad en construcciones*. Depto. de Gestión Empresarial en Salud Ocupacional.
- INTECO. (2009). Método de ensayo para determinar la densidad, gravedad específica (densidad relativa), y la absorción del agregado grueso (INTE: 06-02-33). San José, Costa Rica.
- INTECO. (2010). Barras de acero de baja aleación lisas y corrugadas para refuerzo de concreto. Requisitos. San José, Costa Rica.
- INTECO. (2010). Método de ensayo para determinar la densidad, gravedad específica (densidad relativa), y la absorción del agregado fino (INTE 06-02-34). San José, Costa Rica.
- INTECO. (2010). Norma para barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto (INTE 06-09-01-10). San José, Costa Rica.
- LANAMME, UCR. (2011). *Recomendaciones para obtener resultados confiables de resistencia de cilindros de concreto*. San José, Costa Rica.
- McCormack, J., & Brown, R. (2012). *Diseño de Concreto Reforzado*. México: Alfaomega.
- MEIC. (1979). Norma oficial de especificaciones para los agregados finos y gruesos para concreto. N°10854-MEIC. San José, Costa Rica.
- MEIC. (2004). Reglamento técnico de cementos hidráulicos. *RTCR 383*. San José, Costa Rica.
- MEIC. (2011). Reglamento técnico para Barras y Alambres de refuerzos para concreto. *RTCR 452*. San José, Costa Rica.
- Merritt, F. S., & Ricketts, J. T. (2001). *Building Design and Construction Handbook*. United States of America: McGraw-Hill.
- MSP. (2010). *Módulo de uniones apernadas y soldadas*.

- Navarro, H. (2013). *Apuntes del curso de Construcción de estructuras de concreto*. Cartago, Costa Rica.
- RCSC. (2009). *Specification for structural joints using high strength bolts*. Estados Unidos de América.
- Rojas Moya, G. (2012). *Folleto: Curso Estructuras de Acero*. Cartago, Costa Rica: Escuela de Ingeniería en Construcción.
- Vielma, C., Barbat , A., & Oller, S. (s.f.). *Confinamiento y ductilidad de los edificios de hormigón armado*.
- WRI. (2010). *Structural Welded Wire Reinforcement (WWR-500)*. Hartford, CT.

Apéndices

Cuadros de consulta

Cuadro Ap 1. Designación y área de barras de refuerzo.....	126
Cuadro Ap 2. Requisitos de laboratorio para la elongación (en 200 mm) y doblado para barras de refuerzo.....	127
Cuadro Ap 3. Requisitos de composición química para el acero de refuerzo.	127
Cuadro Ap 4. Tabla de recubrimientos recomendados.	127
Cuadro Ap 5. Longitud de empalmes por traslapo para barras grado 40: clase A y clase B.	128
Cuadro Ap 6. Longitud de empalmes por traslapo para barras grado 60: clase A y clase B.	129
Cuadro Ap 7. Longitud de empalmes por traslapo en compresión.	130
Cuadro Ap 8. Espaciamiento mínimo entre traslapos.....	130
Cuadro Ap 9. Longitud de traslapo para espirales.....	130
Cuadro Ap 10. Longitud de traslapo para grado 40 con redondeo y tolerancia.	131
Cuadro Ap 11. Longitud de traslapo para grado 60 con redondeo y tolerancia.	132
Cuadro Ap 12. Dimensiones para los ganchos estándar de acero grado 40 con redondeo y tolerancia.	133
Cuadro Ap 13. Dimensiones para los ganchos estándar de acero grado 60 con redondeo y tolerancia.	133
Cuadro Ap 14. Separación mínima del refuerzo longitudinal con tolerancia.	134
Cuadro Ap 15. Espaciamiento máximo entre aros.	134
Cuadro Ap 16. Tolerancias de espaciamiento entre aros.	135

Cuadro Ap 1. Designación y área de barras de refuerzo.

Varilla #	Diámetro	Área
3	9.5	0.71
4	12.7	1.27
5	15.9	1.96
6	19.1	2.85
7	22.2	3.88
8	25.4	5.07
9	28.6	6.41
10	32.3	7.92
11	35.8	9.58

Cuadro Ap 2. Requisitos de laboratorio para la elongación (en 200 mm) y doblado para barras de refuerzo.

Barra N°	ASTM A615								ASTM A706	
	Grado 40		Grado 60		Grado 75		Grado 80		Grado 60	
	E	DM	E	DM	E	DM	E	DM	E	DM
3	11%	35,0	9%	35,0	7%	50,0	7%	50,0	14%	30,0
4	12%	45,5	9%	45,5	7%	65,0	7%	65,0	14%	39,0
5	12%	56,0	9%	56,0	7%	80,0	7%	80,0	14%	48,0
6	12%	95,0	9%	95,0	7%	95,0	7%	95,0	14%	76,0
7	-	110,0	8%	110,0	7%	110,0	7%	110,0	12%	88,0
8	-	125,0	8%	125,0	7%	125,0	7%	125,0	12%	100,0
9	-	-	7%	63,0	6%	63,0	6%	63,0	12%	174,0
10	-	-	7%	70,0	6%	70,0	6%	70,0	12%	192,0
11	-	-	7%	77,0	6%	77,0	6%	77,0	12%	216,0
14	-	-	7%	126,0	6%	126,0	6%	126,0	10%	344,0
18	-	-	7%	162,0	6%	162,0	6%	162,0	10%	456,0

E: Elongación en 200 mm.
DM: Diámetro de mandril de doblado.

Cuadro Ap 3. Requisitos de composición química para el acero de refuerzo.

Elemento	ASTM A706		ASTM A615	
	PMP	PMPA	PMP	PMPA
Carbón	0,3	0,33	-	-
Manganeso	1,5	1,56	-	-
Fósforo	0,035	0,043	0,06	0,075
Azufre	0,045	0,053	-	-
Silicón	0,5	0,55	-	-

PMP: porcentaje máximo permitido
PMPA: porcentaje máximo permitido en análisis de control

Cuadro Ap 4. Tabla de recubrimientos recomendados.

Condición	Rec (mm)	
	Esp	Per
Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él	75	65
Concreto expuesto al suelo o a la intemperie:		
Barras #5 o menores	40	30
Barras #6 o mayores	50	40
Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:		
• Losas, muros y viguetas:		
Barras #11 o menores	20	15
Barras #14 y #18	40	30
• Vigas, columnas:		
Armadura principal, aros, espirales	40	30
• Cáscaras y placas plegadas:		
Barras #5 o menores	20	15
Barras #6 o mayores	13	10

Rec: recubrimiento
Esp: especificado
Per: permisible

Cuadro Ap 5. Longitud de empalmes por traslapo para barras grado 40: clase A y clase B.

Barra N°	Inferior			Superior*		
Clase A						
	210 kg/cm2	280 kg/cm2	350 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2	350 kg/cm2
3	302	261	234	423	366	327
4	392	340	304	549	476	426
5	483	418	374	676	586	524
6	574	497	444	803	695	622
7	664	575	514	930	805	720
8	755	654	585	1057	915	818
9	876	758	678	1226	1062	949
10	966	837	748	1353	1171	1048
11	1087	941	842	1522	1318	1179
Clase B						
3	378	328	293	492	426	381
4	492	426	381	639	554	495
5	605	524	469	787	681	609
6	719	622	557	934	809	724
7	832	721	645	1082	937	838
8	946	819	732	1229	1065	952
9	1097	950	850	1426	1235	1105
10	1210	1048	938	1573	1363	1219
11	1362	1179	1055	1770	1533	1371

* Más de 30 cm de concreto de concreto fresco por debajo.

Cuadro Ap 6. Longitud de empalmes por traslapo para barras grado 60: clase A y clase B.

Barra N°	Inferior			Superior*		
Clase A						
	210 kg/cm2	280 kg/cm2	350 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2	350 kg/cm2
3	453	392	351	634	549	491
4	589	510	456	824	714	638
5	725	627	561	1014	878	786
6	860	745	666	1205	1043	933
7	996	863	772	1395	1208	1080
8	1132	980	877	1585	1373	1228
9	1313	1137	1017	1839	1592	1424
10	1449	1255	1122	2029	1757	1571
11	1630	1412	1263	2282	1977	1768
Clase B						
3	589	510	456	824	714	638
4	765	663	593	1071	928	830
5	942	816	730	1319	1142	1021
6	1119	969	866	1566	1356	1213
7	1295	1122	1003	1813	1570	1405
8	1472	1275	1140	2060	1784	1596
9	1707	1479	1322	2390	2070	1851
10	1884	1631	1459	2637	2284	2043
11	2119	1835	1642	2967	2570	2298
* Más de 30 cm de concreto de concreto fresco por debajo.						

Cuadro Ap 7. Longitud de empalmes por traslape en compresión.

Barra N°	Grado 40		Grado 60	
	$f'_c < 210$	$f'_c \geq 210$	$f'_c < 210$	$f'_c \geq 210$
3	300	300	399	300
4	346	300	519	388
5	426	318	638	477
6	505	378	758	567
7	585	437	878	656
8	665	497	998	746
9	771	577	1157	865
10	851	636	1277	954
11	958	716	1436	1074

Cuadro Ap 8. Espaciamiento mínimo entre traslapes.

Barra N°	Espaciamiento (mm)
3	400
4	520
5	640
6	760
7	880
8	1000
9	1160
10	1280
11	1440

Cuadro Ap 9. Longitud de traslape para espirales.

Barra N°	Longitud traslape (mm)
3	480
4	624
5	768
6	912
7	1056
8	1200
9	1392
10	1536
11	1728

Cuadro Ap 10. Longitud de traslape para grado 40 con redondeo y tolerancia.

d (in/8)	Lar (mm)					
	[Mínimo permisible]					
	Inferior			Superior		
	210 kg/cm2	280 kg/cm2	350 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2	350 kg/cm2
3	450	400	350	650	550	500
	[430]	[370]	[330]	[610]	[530]	[470]
4	600	550	500	850	750	650
	[570]	[490]	[440]	[830]	[690]	[620]
5	750	650	600	1050	900	800
	[700]	[610]	[540]	[990]	[860]	[770]
6	900	750	700	1200	1050	950
	[840]	[720]	[650]	[1180]	[1020]	[910]
7	1000	900	800	1400	1250	1100
	[980]	[840]	[750]	[1370]	[1190]	[1060]
8	1150	1000	900	1600	1400	1250
	[1110]	[960]	[860]	[1560]	[1350]	[1210]
9	1350	1150	1050	1850	1600	1450
	[1290]	[1120]	[1000]	[1820]	[1570]	[1400]
10	1450	1300	1150	2050	1800	1600
	[1430]	[1230]	[1100]	[2010]	[1740]	[1550]
11	1650	1450	1300	2300	2000	1800
	[1610]	[1390]	[1240]	[2260]	[1960]	[1750]

Cuadro Ap 11. Longitud de traslapo para grado 60 con redondeo y tolerancia.

d (in/8)	Lar (mm) [Mínimo permisible]					
	Inferior			Superior		
	210 kg/cm ²	280 kg/cm ²	350 kg/cm ²	210 kg/cm ²	280 kg/cm ²	350 kg/cm ²
3	300	300	300	450	400	350
	[280]	[280]	[280]	[400]	[350]	[310]
4	400	350	350	550	500	450
	[370]	[320]	[280]	[530]	[460]	[410]
5	500	450	400	700	600	550
	[460]	[400]	[350]	[660]	[570]	[500]
6	600	500	450	850	700	650
	[550]	[480]	[420]	[780]	[670]	[600]
7	700	600	550	950	850	750
	[640]	[550]	[490]	[910]	[780]	[700]
8	800	700	600	1100	950	850
	[730]	[630]	[560]	[1040]	[890]	[800]
9	900	800	700	1250	1100	950
	[860]	[740]	[660]	[1200]	[1040]	[930]
10	1000	850	750	1400	1200	1050
	[950]	[820]	[730]	[1330]	[1150]	[1030]
11	1100	950	850	1550	1350	1200
	[1070]	[920]	[820]	[1500]	[1300]	[1160]

La figura Ap 1 muestra la nomenclatura a utilizar en los cuadros Ap 12 y Ap 13.

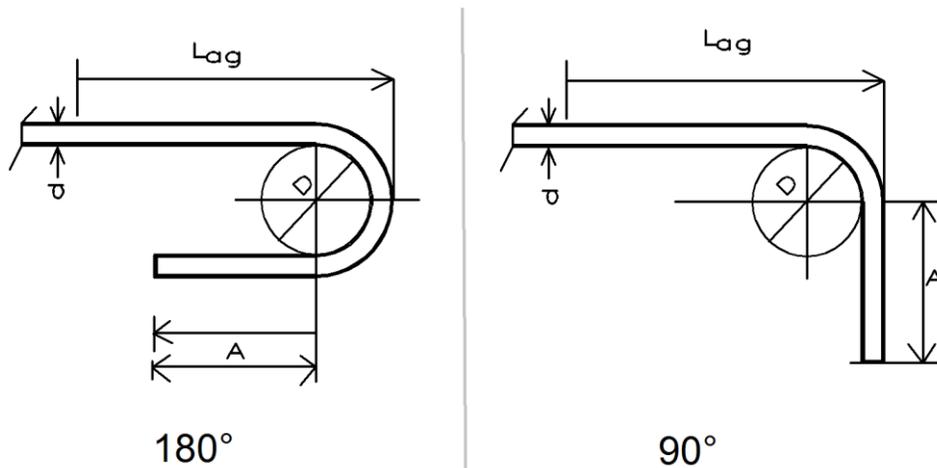


Figura Ap 1. Simbología para ganchos estándar.

Cuadro Ap 12. Dimensiones para los ganchos estándar de acero grado 40 con redondeo y tolerancia.

d (in/8)	Longitud A (mm)		D (mm)	Lag (mm) [Mínimo permisible]		
	90°	180°		210 kg/cm2	280 kg/cm2	350 kg/cm2
3	120	65	60	150	150	150
				[140]	[140]	[140]
4	156	65	78	200	200	151
				[180]	[160]	[140]
5	192	65	96	250	200	200
				[230]	[190]	[170]
6	228	76	114	300	250	250
				[270]	[230]	[210]
7	264	88	132	350	300	250
				[310]	[270]	[240]
8	300	100	150	400	350	300
				[360]	[310]	[280]
9	348	116	232	450	400	350
				[420]	[360]	[320]
10	384	128	256	500	450	400
				[460]	[400]	[350]
11	432	144	288	550	500	450
				[520]	[450]	[400]

Cuadro Ap 13. Dimensiones para los ganchos estándar de acero grado 60 con redondeo y tolerancia.

d (in/8)	Longitud A (mm)		D (mm)	Lag (mm) [Mínimo permisible]		
	90°	180°		210 kg/cm2	280 kg/cm2	350 kg/cm2
3	120	65	60	250	200	200
				[210]	[180]	[160]
4	156	65	78	300	250	250
				[280]	[240]	[210]
5	192	65	96	350	350	300
				[340]	[300]	[260]
6	228	76	114	450	400	350
				[410]	[350]	[320]
7	264	88	132	500	450	400
				[480]	[410]	[370]
8	300	100	150	550	500	450
				[540]	[470]	[410]
9	348	116	232	650	550	500
				[630]	[540]	[490]
10	384	128	256	750	650	550
				[700]	[600]	[540]
11	432	144	288	800	700	650
				[780]	[680]	[600]

Cuadro Ap 14. Separación mínima del refuerzo longitudinal con tolerancia.

Barra N°	Con aros		Con espirales	
	Separación teórica	Separación admisible	Separación teórica	Separación admisible
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
3	25	25	40	40
4	25	25	40	40
5	25	25	40	40
6	25	25	40	40
7	25	25	40	40
8	25	25	40	40
9	29	25	44	40
10	32	25	48	40
11	36	25	54	40

Cuadro Ap 15. Espaciamiento máximo entre aros.

		Espaciamiento de aros				Espaciamiento de aros confinamiento especial			
		Diámetro del refuerzo transversal							
		N°	3	4	5	6	3	4	5
Diámetro de las barras longitudinales	3	160	160	160	160	80	80	80	80
	4	208	208	208	208	104	104	104	104
	5	256	256	256	256	128	128	128	128
	6	304	304	304	304	152	152	152	152
	7	352	352	352	352	176	176	176	176
	8	400	400	400	400	200	200	200	200
	9	464	464	464	464	232	232	232	232
	10	480	512	512	512	240	256	256	256
	11	480	576	576	576	240	288	288	288

Cuadro Ap 16. Tolerancias de espaciamiento entre aros.

Peralte de viga o mínima dimensión de columna (mm)	Tolerancia (mm)
200	17
250	21
300	25
350	29
400	33
450	37
500	42
550	46
600	50
650	54
700	58
750	62
800	66
850	71
900	75
950	76
1000	76

Listas de verificación

Formulario de inspección estructural de fundaciones

Proyecto:

Fecha:

Responsable de la
construcción:

ID del
elemento:

Responsable de la
inspección:

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Superficie de Soporte					
¿Coincide el nivel de desplante excavado con el especificado?	Planos				
¿Cumple la capacidad de soporte con la prevista en el diseño?	Planos				
¿Está el nivel freático de acuerdo con lo previsto en el diseño?	Planos				
¿El material de relleno es el especificado?	Planos				
¿Se encuentra la superficie de soporte limpia?	----				
¿El nivel de compactación es el especificado?	Planos Especificaciones				
¿Hay irregularidades en la superficie de soporte?	----				
¿Hay agua en la excavación?	----				

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Misceláneos					
¿Coincide la ubicación del elemento con la de los planos?	Planos				
¿Se ajustan las dimensiones del elemento con las especificadas?	Planos				
¿Se encuentra nivelado el elemento?	Planos				
¿Se muestrearon cilindros de concreto?	ASTM C172				
¿Cumple el revenimiento del concreto con el especificado?	Diseño mezcla ASTM C143				
Refuerzo longitudinal					
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo?	[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?	[45]				
¿Está completo el número de barras especificadas?	Planos				
¿Cumple el espaciamiento de las barras con el especificado?	Planos [50]				

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo longitudinal						
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					
¿Coincide al grado de acero con el especificado?		Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?		Planos				
¿Está el refuerzo colocado según las especificaciones?		Planos				
¿La longitud de los traslapos es la especificada?		Planos [51-54]				
¿Es la posición de los traslapos la especificada?		Planos [52-53]				
¿La posición de los traslapos en una misma sección es menor al 50%?		----				
¿Cumple la longitud de desarrollo con las especificaciones?		Planos [50-51]				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?		Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?		Planos [43]				

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo longitudinal						
¿Cumple el diámetro del doblez para los ganchos con las especificaciones?		Planos [44]				
Refuerzo transversal						
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo transversal?		[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?		[45]				
¿Cumple el espaciamiento entre aros con el especificado?		Planos [56]				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					
¿Coincide el grado del acero con el especificado?		Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?		Planos				
¿Cumple el recubrimiento con el especificado?		Planos [45]				

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo transversal					
¿Está el refuerzo colocado según lo especificado?	Planos				
¿Cumplen los aros con las especificaciones de doblado?	Planos [44]				
Previstas de refuerzo (elementos verticales)					
¿Cumple el nivel de oxidación de las previstas?	[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?	[45]				
¿Está completo el número de barras especificado?	Planos				
¿Cumple con el espaciamiento de las barras con el especificado?	Planos [56]				
¿Cumple la ubicación de las barras con la especificada?	Planos				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos			
	A615				
¿Coincide el grado del acero con el especificado?	Planos				

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Previstas de refuerzo (elementos verticales)					
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?	Planos				
¿Está colocado el refuerzo según las especificaciones?	Planos				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?	Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?	Planos [43]				
General de armaduras					
¿Están amarrados todos los elementos de la armadura?	----				
¿Los elementos embebidos afectan la distribución del refuerzo?	[62]				
¿Hay soporte que evite que el acero se mueva durante el colado?	----				

Formulario de inspección estructural de columnas de concreto reforzado

Proyecto:

Fecha:

Responsable de la construcción:

ID del elemento:

Responsable de la inspección:

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Misceláneos					
¿Coincide la ubicación del elemento con la de los planos?	Planos				
¿Se ajustan las dimensiones del elemento a las especificadas?	Planos				
¿Se encuentra nivelado el elemento?	Planos				
¿Se muestrearon cilindros de concreto?	ASTM C172				
¿Cumple el revenimiento del concreto con el especificado?	Diseño mezcla ASTM C143				

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo longitudinal						
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo?		[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?		[45]				
¿Está completo el número de barras especificadas?		Planos				
¿Cumple el espaciamiento de las barras con el especificado?		Planos [50]				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					
¿Coincide al grado de acero con el especificado?		Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?		Planos				
¿Está el refuerzo colocado según las especificaciones?		Planos				
¿La longitud de los traslapes es la especificada?		Planos [51-54]				
¿Es la posición de los traslapes la especificada?		Planos [52-53]				

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo longitudinal						
¿La posición de los traslapos en una misma sección es menor al 50%?		----				
¿Cumple la longitud de desarrollo con las especificaciones?		Planos [50-51]				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?		Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?		Planos [43]				
¿Cumple el diámetro del dobléz para los ganchos con las especificaciones?		Planos [44]				
Refuerzo transversal						
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo transversal?		[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?		[45]				
¿Cumple el espaciamiento entre aros con el especificado?		Planos [56]				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo transversal					
¿Coincide el grado del acero con el especificado?	Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?	Planos				
¿Cumple el recubrimiento con el especificado?	Planos [45]				
¿Está el refuerzo colocado según lo especificado?	Planos				
¿Cumplen los aros con las especificaciones de doblado?	Planos [44]				
General de armaduras					
¿Están amarrados todos los elementos de la armadura?	----				
¿Los elementos embebidos afectan la distribución del refuerzo?	[62]				
¿Hay soporte que evite que el acero se mueva durante el colado?	----				

Formulario de inspección estructural de vigas de concreto reforzado

Proyecto:

Fecha:

Responsable de la construcción:

ID del elemento:

Responsable de la inspección:

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Misceláneos					
¿Coincide la ubicación del elemento con la de los planos?	Planos				
¿Se ajustan las dimensiones del elemento con las especificadas?	Planos				
¿Se encuentra nivelado el elemento?	Planos				
¿Se muestrearon cilindros de concreto?	ASTM C172				
¿Cumple el revenimiento del concreto con el especificado?	Diseño mezcla ASTM C143				
Refuerzo longitudinal					
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo?	[45]				

criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo longitudinal					
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?	[45]				
¿Está completo el número de barras especificadas?	Planos				
¿Cumple el espaciamiento de las barras con el especificado?	Planos [50]				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos			
	A615				
¿Coincide al grado de acero con el especificado?	Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?	Planos				
¿Está el refuerzo colocado según las especificaciones?	Planos				
¿La longitud de los traslapos es la especificada?	Planos [51-54]				
¿Es la posición de los traslapos la especificada?	Planos [52-53]				
¿La posición de los traslapos en una misma sección es menor al 50%?	----				

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo longitudinal						
¿Cumple la longitud de desarrollo con las especificaciones?		Planos [50-51]				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?		Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?		Planos [43]				
¿Cumple el diámetro del doblé para los ganchos con las especificaciones?		Planos [44]				
Refuerzo transversal						
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo transversal?		[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?		[45]				
¿Cumple el espaciamiento entre aros con el especificado?		Planos [56]				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					

criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Refuerzo transversal					
¿Coincide el grado del acero con el especificado?	Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?	Planos				
¿Cumple el recubrimiento con el especificado?	Planos [45]				
¿Está el refuerzo colocado según lo especificado?	Planos				
¿Cumplen los aros con las especificaciones de doblado?	Planos [44]				
Previstas de refuerzo (elementos verticales)					
¿Cumple el nivel de oxidación de las previstas?	[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?	[45]				
¿Está completo el número de barras especificado?	Planos				
¿Cumple con el espaciamiento de las barras con el especificado?	Planos [56]				

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Previstas de refuerzo (elementos verticales)						
¿Cumple la ubicación de las barras con la especificada?		Planos				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					
¿Coincide el grado del acero con el especificado?		Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?		Planos				
¿Está colocado el refuerzo según las especificaciones?		Planos				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?		Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?		Planos [43]				
General de armaduras						
¿El confinamiento cumple con las especificaciones?		Planos [58-59]				

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
General de armaduras					
¿Están amarrados todos los elementos de la armadura?	----				
¿Los elementos embebidos afectan la distribución del refuerzo?	[62]				
¿Hay soporte que evite que el acero se mueva durante el colado?	----				

Formulario de inspección estructural de losas macizas de entrepiso

Proyecto:

Fecha:

Responsable de la construcción:

ID del elemento:

Responsable de la inspección:

criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Misceláneos					
¿Coincide la ubicación del elemento con la de los planos?	Planos				
¿Se ajusta el espesor del elemento con el especificado?	Planos				
¿Se encuentra nivelado el elemento?	Planos				
¿Se muestrearon cilindros de concreto?	ASTM C172				
¿Cumple el revenimiento del concreto con el especificado?	Diseño mezcla ASTM C143				
Malla de refuerzo (1)					
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo?	[45]				

Formulario de inspección estructural de losas macizas de entrepiso

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Malla de refuerzo (1)						
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?		[45]				
¿Está completo el número de barras especificadas?		Planos				
¿Cumple el espaciamiento de las barras con el especificado?		Planos [50]				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					
¿Coincide al grado de acero con el especificado?		Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?		Planos				
¿Cumple el recubrimiento con el especificado?		Planos				
¿Está el refuerzo colocado según las especificaciones?		Planos				
¿La longitud de los traslapos es la especificada?		Planos [51-54]				
¿Es la posición de los traslapos la especificada?		Planos [52-53]				

Formulario de inspección estructural de losas macizas de entrepiso

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Malla de refuerzo (1)					
¿La posición de los traslajos en una misma sección es menor al 50%?	----				
¿Cumple la longitud de desarrollo con las especificaciones?	Planos [50-51]				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?	Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?	Planos [43]				
¿Cumple el diámetro del doblez para los ganchos con las especificaciones?	Planos [44]				
Malla de refuerzo (2)					
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo?	[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?	[45]				
¿Está completo el número de barras especificadas?	Planos				
¿Cumple el espaciamiento de las barras con el especificado?	Planos [50]				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos			
	A615				

Formulario de inspección estructural de losas macizas de entrepiso

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Malla de refuerzo (2)					
¿Coincide al grado de acero con el especificado?	Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?	Planos				
¿Cumple el recubrimiento con el especificado?	Planos				
¿Está el refuerzo colocado según las especificaciones?	Planos				
¿La longitud de los traslapes es la especificada?	Planos [51-54]				
¿Es la posición de los traslapes la especificada?	Planos [52-53]				
¿La posición de los traslapes en una misma sección es menor al 50%?	----				
¿Cumple la longitud de desarrollo con las especificaciones?	Planos [50-51]				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?	Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?	Planos [43]				
¿Cumple el diámetro del doblé para los ganchos con las especificaciones?	Planos [44]				

Formulario de inspección estructural de losas macizas de entrepiso

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Previstas de refuerzo (elementos verticales)					
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?	Planos				
¿Está colocado el refuerzo según las especificaciones?	Planos				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?	Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?	Planos [43]				
General de armaduras					
¿Están amarrados todos los elementos de la armadura?	----				
¿Los elementos embebidos afectan la distribución del refuerzo?	[62]				
¿Hay soporte que evite que el acero se mueva durante el colado?	----				

Formulario de inspección estructural de entrepisos prefabricados de viguetas

Proyecto:

Fecha:

Responsable
de la
construcción:

ID del
elemento:

Responsable
de la
inspección:

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Misceláneos					
¿Coincide la ubicación del elemento con la de los planos?	Planos				
¿El peralte de las viguetas corresponde al especificado?	Planos				
¿El tamaño de los bloques se ajusta al especificado?	Planos				
¿Están en buen estado los bloques de concreto/estereofón?	Planos				
¿Se ajusta el espesor del elemento al especificado?	Planos				
¿Se encuentra nivelado el elemento?	Planos				
¿Se muestrearon cilindros de concreto?	ASTM C172				
¿Cumple el revenimiento del concreto con el especificado?	Diseño mezcla ASTM C143				

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Malla de refuerzo						
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo?		[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?		[45]				
¿Está completo el número de barras especificadas?		Planos				
¿Cumple el espaciamiento de las barras con el especificado?		Planos [50]				
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					
¿Coincide al grado de acero con el especificado?		Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?		Planos				
¿Cumple el recubrimiento con el especificado?		Planos				
¿Está el refuerzo colocado según las especificaciones?		Planos				

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Malla de refuerzo					
¿La longitud de los traslapes es la especificada?	Planos [51-54]				
¿Es la posición de los traslapes la especificada?	Planos [52-53]				
¿La posición de los traslapes en una misma sección es menor al 50%?	----				
¿Cumple la longitud de desarrollo con las especificaciones?	Planos [50-51]				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?	Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?	Planos [43]				
¿Cumple el diámetro del dobléz para los ganchos con las especificaciones?	Planos [44]				
Previstas de refuerzo (elementos verticales)					
¿Cumple el nivel de oxidación del refuerzo?	[45]				
¿Está libre de sustancias que puedan afectar la adherencia con el concreto?	[45]				
¿Cumple el espaciamiento de las barras con el especificado?	Planos [50]				

Criterio		Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Previstas de refuerzo (elementos verticales)						
¿Coincide con la norma ASTM especificada?	A706	Planos				
	A615					
¿Coincide al grado de acero con el especificado?		Planos				
¿Coincide el diámetro de las barras con el especificado?		Planos				
¿Está colocado el refuerzo según las especificaciones?		Planos				
¿Cumple la longitud de anclaje con las especificaciones?		Planos [50-51]				
¿Están los ganchos estándar según las especificaciones?		Planos [43]				
General de armaduras						
¿Están amarrados todos los elementos de la armadura?		----				
¿Los elementos embebidos afectan la distribución del refuerzo?		[62]				
¿Hay soporte que evite que el acero se mueva durante el colado?		----				

Formulario de inspección visual de conexiones soldadas

Proyecto:

Fecha:

Responsable de la
construcción:

ID del
elemento:

Responsable de la
inspección:

Criterio	Referencia [Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Misceláneos					
¿Coincide la ubicación de la conexión con la especificada?	Planos				
¿El electrodo empleado es el especificado?	Planos				
Elementos estructurales					
¿Coincide el acero de los elementos con la norma ASTM especificada?	Planos				
¿Están alineados los elementos a conectar según lo especificado?	Planos				
¿Cumplen las dimensiones de los elementos a conectar con las especificadas?	Planos [85-91]				
¿Están limpios los elementos de la conexión?	[107]				
¿Están nivelados los elementos	Planos				

Criterio	Referencia [Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Soldadura					
¿El perfil de la soldadura es el especificado?	Planos [99-104]				
¿Está limpia?	[107]				
¿Tiene fisuras?	Planos [50]				
¿Se fusionaron los metales base y la soldadura?	[109]				
¿Tiene cráteres?	[109]				
¿Las dimensiones cumplen con las especificadas?	[110]				
¿Está socavada?	[110]				
¿Presenta porosidad?	[110-111]				

Formulario de inspección visual de conexiones apernadas

Proyecto:

Fecha:

Responsable de la
construcción:

ID del
elemento:

Responsable de la
inspección:

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Misceláneos					
¿Coincide la ubicación de la conexión con la especificada?	Planos				
¿El tipo de conexión es el especificado?	Planos [112-113]				
¿Es el tipo de agujero el especificado?	Planos [114-115]				
¿Las dimensiones del agujero cumplen con las especificadas?	Planos [115]				
¿Los agujeros están alineados?	Planos				
¿El espaciamiento entre agujeros es el especificado?	Planos [115]				

Criterio	Referencia [Páginas Manual]	Sí	No	No aplica	Observaciones
Elementos estructurales					
¿Coincide el acero de los elementos con la norma ASTM especificada?	Planos				
¿Están alineados los elementos a conectar según lo especificado?	Planos				
¿Cumplen las dimensiones de los elementos a conectar con las especificadas?	Planos [85-91]				
¿Están nivelados los elementos?	Planos				
Pernos					
¿Coincide la resistencia de los pernos con la especificada?	Planos				
¿La pretensión aplicada en el perno es la especificada?	Planos				

Orden de cambio

ORDEN DE CAMBIO

Proyecto: _____ N° Orden: _____
Nombre del solicitante: _____ Número de cédula: _____
Puesto del solicitante: _____ Fecha Solicitud _____ / _____ / _____
Actividad: _____

Descripción del cambio solicitado

Afectación en el plazo de construcción

¿Cuál actividad del programa se afecta? _____
¿La actividad forma parte de la Ruta Crítica? SI: _____ NO: _____
¿Cuál es la fecha de entrega del cambio? Fecha Entrega _____ / _____ / _____

Afectación en el costo de construcción

¿Afecta el presupuesto inicial? SI: _____ NO: _____
¿Cuál es el monto requerido (si es necesario)?
(Indique el monto en letras y en números) Letras: _____
Números: _____
¿Quién asume el pago del costo requerido? _____

¿Se aprueba la solicitud de cambio? SI: _____ NO: _____

Firma solicitante

Firma Director del Proyecto

Firma de Ingeniero Inspector

Anexos

Simbología soldadura

Basic Welding Symbols and Their Location Significance									
Location Significance	Fillet	Plug or Slot	Spot or Projection	Stud	Seam	Back or Backing	Surfacing	Edge	
Arrow Side									
Other Side				Not Used			Not Used		
Both Sides		Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used		
No Arrow Side or Other Side Significance	Not Used	Not Used		Not Used		Not Used	Not Used	Not Used	
Location Significance	Groove							Scarf for Brazed Joint	
	Square	V	Bevel	U	J	Flare-V	Flare-Bevel		
Arrow Side									
Other Side									
Both Sides									
No Arrow Side or Other Side Significance		Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	
Supplementary Symbols				Location of Elements of a Welding Symbol					
Weld-All-Around	Field Weld	Melt-Thru	Consumable Insert						
Backing/Spacer (Rectangular)	Contour								
Backing	Spacer	Flush or Flat	Convex						Concave
Basic Joints									
Identification of Arrow Side and Other Side Joint									
Butt Joint		Corner Joint							
T-Joint		Lap Joint							
Edge Joint		Letter Designations							
		<p>Where letter designations are to be included in the tail of the welding symbol, reference is made to Table 1, Letter Designations of Welding and Allied Processes and Their Variations, of AWS A2.4-98.</p> <p>American Welding Society 550 N.W. LeJeune Road Miami, Florida 33126</p>							

Typical Welding Symbols		
<p>Double-Fillet Welding Symbol</p> <p>Omission of Length Indicates that Weld Extends Between Abrupt Changes in Direction or as Dimensioned</p>	<p>Chain Intermittent Fillet Welding Symbol</p>	<p>Staggered Intermittent Fillet Welding Symbol</p>
<p>Plug Welding Symbol</p>	<p>Back Welding Symbol</p>	<p>Backing Welding Symbol</p>
<p>Spot Welding Symbol</p>	<p>Stud Welding Symbol</p>	<p>Seam Welding Symbol</p>
<p>Square-Groove Welding Symbol</p>	<p>V-Groove Welding Symbol</p>	<p>Double-Bevel-Groove Welding Symbol</p>
<p>Symbol with Backgouging</p>	<p>Flare-V-Groove Welding Symbol</p>	<p>Flare-Bevel-Groove Welding Symbol</p>
<p>Multiple Reference Lines</p>	<p>Complete Joint Penetration</p> <p>Indicates Complete Joint Penetration Regardless of Type of Weld or Joint Geometry</p>	<p>Edge Welding Symbol</p> <p>Edge Weld Size</p>
<p>Flash or Upset Welding Symbol</p> <p>Process Reference</p>	<p>Melt-Thru Symbol</p> <p>Root Reinforcement</p>	<p>Joint with Backing</p> <p>'R' Indicates Backing Removed After Welding</p>
<p>Joint with Spacer</p>	<p>Flush Contour Symbol</p> <p>Back Weld</p>	<p>Convex Contour Symbol</p> <p>G</p>
<p>With Modified Groove Weld Symbol</p> <p>Double-Bevel Groove</p>		

Fuente: (AWS)

Tolerancias para ganchos

STANDARD

2.1—Reinforcing steel fabrication

For bars No. 3 through 11 (No. 10 through 36) in size, refer to Fig. 2.1(a).

For bars No. 14 and 18 (No. 43 and 57) in size, refer to Fig. 2.1(b).

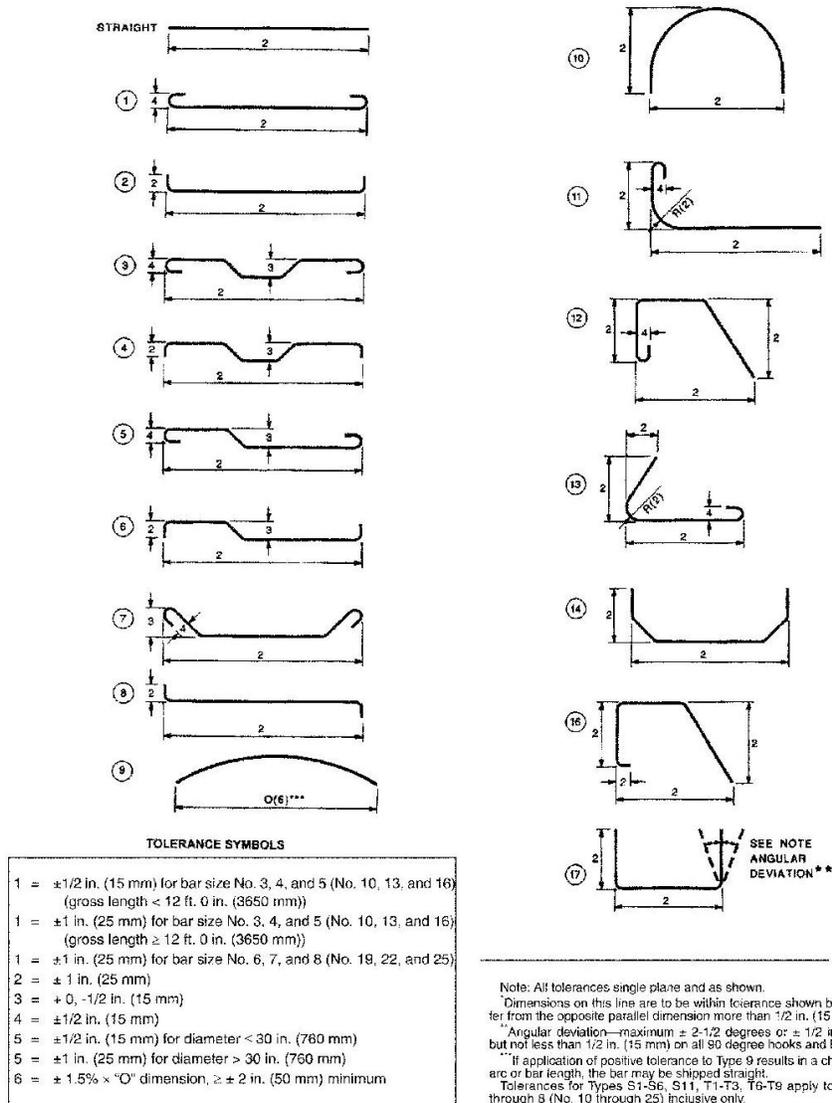
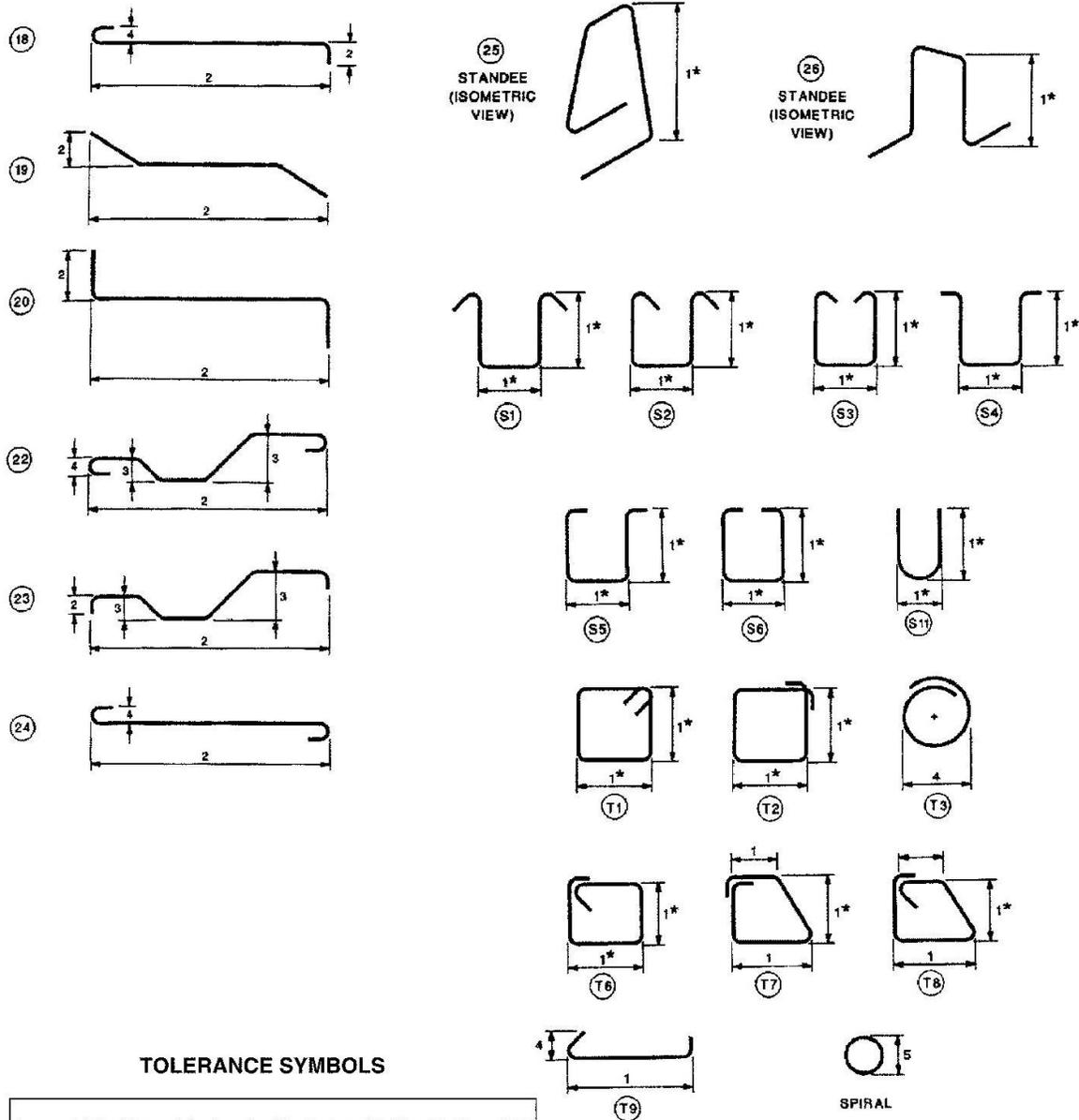


Fig. 2.1(a)—Standard fabricating tolerances for bar sizes No. 3 through 18 (No. 10 through 57).

STANDARD



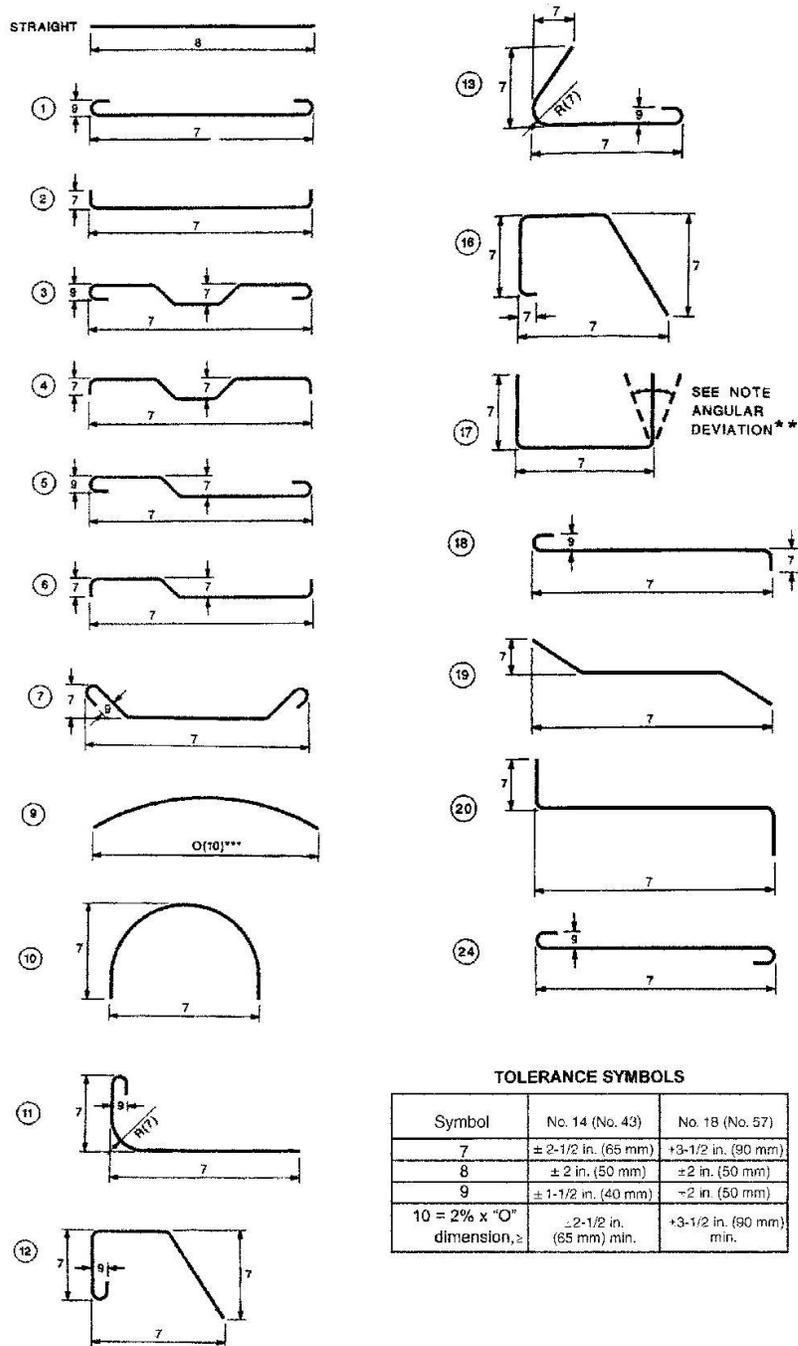
TOLERANCE SYMBOLS

1	= ±1/2 in. (15 mm) for bar size No. 3, 4, and 5 (No. 10, 13, and 16) (gross length < 12 ft. 0 in. (3650 mm))
1	= ±1 in. (25 mm) for bar size No. 3, 4, and 5 (No. 10, 13, and 16) (gross length ≥ 12 ft. 0 in. (3650 mm))
1	= ±1 in. (25 mm) for bar size No. 6, 7, and 8 (No. 19, 22, and 25)
2	= ± 1 in. (25 mm)
3	= +0, -1/2 in. (15 mm)
4	= ±1/2 in. (15 mm)
5	= ±1/2 in. (15 mm) for diameter ≤ 30 in. (760 mm)
5	= ±1 in. (25 mm) for diameter > 30 in. (760 mm)
6	= ± 1.5% × "O" dimension, ≥ ± 2 in. (50 mm) minimum

Note: All tolerances single plane and as shown.
 *Dimensions on this line are to be within tolerance shown but are not to differ from the opposite parallel dimension more than 1/2 in. (15 mm).
 **Angular deviation—maximum ± 2-1/2 degrees or ± 1/2 in./ft (40 mm/m), but not less than 1/2 in. (15 mm) on all 90 degree hooks and bends.
 ***If application of positive tolerance to Type 9 results in a chord length ≥ the arc or bar length, the bar may be shipped straight.
 Tolerances for Types S1-S6, S11, T1-T3, T6-T9 apply to bar size No. 3 through 8 (No. 10 through 25) inclusive only.

Fig. 2.1(a) (cont.)—Standard fabricating tolerances for bar sizes No. 3 through 11 (No. 10 through 36).

STANDARD



Note: All tolerances single plane as shown.
 *Saw-cut both ends—Overall length ± 1/2 in. (15 mm).
 **Angular deviation—Maximum ± 2 1/2 degrees or ± 1/2 in./ft (40 mm/m) on all 90 degree hooks and bends.
 ***If application of positive tolerance to Type 9 results in a chord length ≥ the arc or bar length, the bar may be shipped straight.

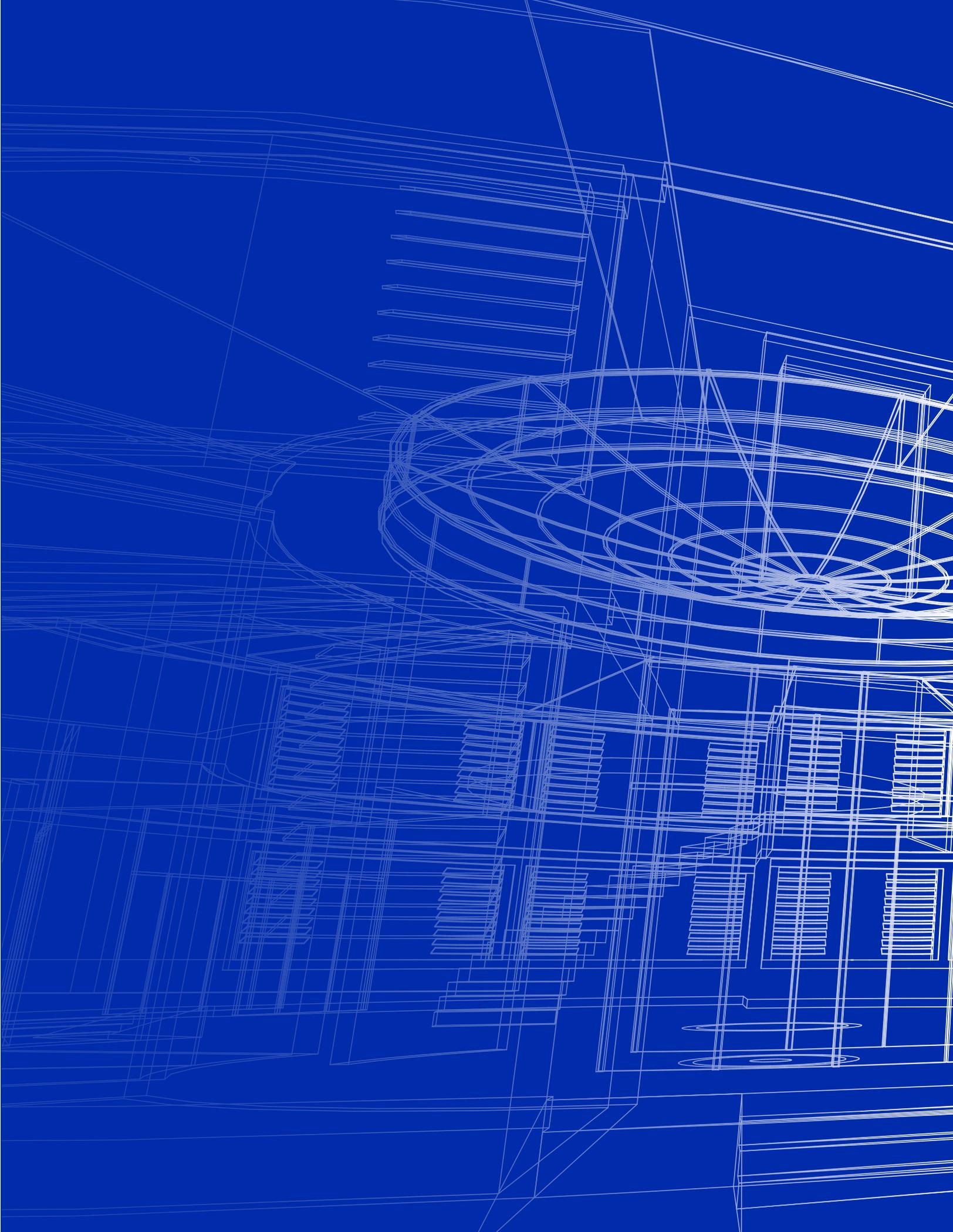
Fig. 2.1(b)—Standard fabricating tolerances for bar sizes No. 14 and 18 (No. 43 and 57).

Fuente: (ACI, 2006)

Tabla para identificación de pernos

Bolt/Nut	Type 1	Type 3	
ASTM A325 bolt	 <p>Three radial lines 120° apart are optional</p>		
ASTM F1852 bolt	 <p>Three radial lines 120° apart are optional</p>		
ASTM A490 bolt			
ASTM F2280 bolt			
ASTM A563 nut	 <p>Arcs indicate Grade C</p>	 <p>Arcs with "3" indicate Grade C3</p>	 <p>Grade D</p>
	 <p>Grade DH</p>	 <p>Grade DH3</p>	
<p>Notes:</p> <ol style="list-style-type: none"> XYZ represents the manufacturer's identification mark. ASTM F1852 and ASTM F2280 twist-off-type tension-control bolt assemblies are also produced with a heavy-hex head that has similar markings. 			

Fuente: (RCSC, 2009)



Referencias

- Asociación Costarricense de Geotécnica. (2009). *Código de cimentaciones de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica.
- American Concrete Institute. (2004). *Guite to Formwork for Concrete (ACI 347)*.
- American Concrete Institute. (2006). *Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary (ACI-117-06)*.
- American Concrete Institute. (2008). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S) y Comentario*.
- American Institute of Steel Construction. (1999). *Load and Resistance factor design specification for structural steel buildings*. Chicago, Illinois.
- American Institute of Steel Construction. (2010). *Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges (AISC 303)*.
- American Institute of Steel Construction. (2010). *Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero*. Santiago, Chile: Alacero.
- American Society for Testing Materials. (2008). *Standard Test Method for Field Vane Shear Test in Cohesive Soil*.
- American Society for Testing Materials. (2011). *Standard Specification for Structural Steel Shapes (ASTM A992)*.
- American Society for Testing Materials. (2012). *Standard Specification for Carbon Structural Steel (A36)*.
- American Society for Testing Materials. (2013). *Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete (A1064)*.
- American Society for Testing Materials. (2013). *High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural (A572)*.
- American Society for Testing Materials. (2014). *Standard Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling (ASTM A6)*.
- American Welding Society. (2004). *Structural Welding Code - Steel (AWS D1.1)*. Miami, Florida.
- American Welding Society. (2005). *Structural Welding Code-Reinforcing Steel*. AWS D1.4/D1.4M:2005. Estados Unidos de América.
- American Welding Society. (s.f.). *Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination AWS 2.4*.
- Besterfield, D. (2009). *Control de calidad* (Octava ed.). México: Pearson Prentice Hall.
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (05 de 10 de 214). *Código Sísmico de Costa Rica*. Obtenido de <http://www.codigosismico.or.cr/historia.htm>
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. (2010). *Código Sísmico de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica.
- Consejería del Medio Ambiente. (2009). *Manual para la elaboración de encuestas: Diseño, ejecución y tratamiento de datos*. Cantabria.
- Cross, H. (1952). *Engineers and Ivory Towers*. Urbana, Illinois: Universidad de Illinois.
- De Ketele, J. (1984). *Observar para educar*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- Division of Engineering U.S. Fish and Wildlife service, Department of the interior. (2004). *Construction Inspection Handbook*.
- Elcometer. (30 de 09 de 2014). *Elcometer inspection equipment*. Obtenido de <http://elcometer.com.mx>
- Espinoza, E. (2012, Abril-Mayo). *Curso de Inspección de obras*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad. (12 de 9 de 2014). *Diagrama de causa y efecto*. Obtenido de <http://www.fundibeq.org/>
- Fundación Iberoamericana para la gestión de la calidad. (12 de 9 de 2014). *Diagrama de flujo*. Obtenido de Fundibeq: <http://www.fundibeq.org/>
- Fundación Iberoamericana para la gestión de

- la calidad. (12 de 9 de 2014). *Hojas de comprobación y hojas de recogida de datos*. Obtenido de Fundibeq: <http://www.fundibeq.org/>
- G.I.S. Ibérica. (30 de 09 de 2014). G.I.S. *Ibérica: equipos de precisión*. Obtenido de <http://www.gisiberica.com/>
- General tools. (29 de 09 de 2014). *General tools*. Obtenido de <http://www.generaltools.com>
- GERDAU AZA. (2005). *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón*. Chile: M y M Servicios Gráficos S.A.
- Grupo KB. (20 de 09 de 2014). Grupo KB. Obtenido de <http://www.grupokb.com.mx/>
- International Code Council. (2009). *International Building Code 2009*. Estados Unidos de América.
- Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. (2005). *Tipos de cemento y sus usos. Costa Rica*.
- Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. (s.f.). *Manual de Construcción de pisos de concreto sobre el terreno*. San José, Costa Rica.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2006). *Elaboración de cilindros de concreto en el campo. México*.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2007). *Manual para supervisar Obras de Concreto (ACI 311)*.
- INDURA. (s.f.). *Manual de sistemas y materiales de soldadura*. Chile: INDURA S.A. Industria y Comercio.
- Instituto Nacional de Seguros. (s.f.). *Reglamento de seguridad en construcciones*. Depto. de Gestión Empresarial en Salud Ocupacional.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (22 de 09 de 2014). *Inteco: Normalización*. Obtenido de <http://inteco.or.cr/>
- Instituto Nacional de Seguros. (s.f.). *Equipo de protección personal*. San José, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2009). *Método de ensayo para determinar la densidad, gravedad específica (densidad relativa), y la absorción del agregado grueso (INTE: 06-02-33)*. San José, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2010). *Barras de acero de baja aleación lisas y corrugadas para refuerzo de concreto*. Requisitos. San José, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2010). *Método de ensayo para determinar la densidad, gravedad específica (densidad relativa), y la absorción del agregado fino (INTE 06-02-34)*. San José, Costa Rica.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2010). *Norma para barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto (INTE 06-09-01-10)*. San José, Costa Rica.
- International Standard Organization. (2005). *Norma Internacional ISO 9000. Sistemas de gestión de calidad-Fundamentos y vocabulario. Suiza*.
- Johnson, R., & Kuby, P. (2005). *Estadística elemental, lo esencial*. Thomson.
- KGB. (20 de 09 de 2014). *Explico fácil*. Obtenido de <http://explicofacil.blogspot.com/>
- LANAMME, UCR. (2011). *Recomendaciones para obtener resultados confiables de resistencia de cilindros de concreto*. San José, Costa Rica.
- Makita. (20 de 09 de 2014). *Makita*. Obtenido de <http://www.makita.com>
- McCormack, J., & Brown, R. (2012). *Diseño de Concreto Reforzado*. México: Alfaomega.
- MEIC. (1979). *Norma oficial de especificaciones para los agregados finos y gruesos para concreto. N°10854-MEIC*. San José, Costa Rica.
- MEIC. (2004). *Reglamento técnico de cementos hidráulicos. RTCR 383*. San José, Costa Rica.
- MEIC. (2011). *Reglamento técnico para Barras y Alambres de refuerzos para concreto. RTCR 452. San José, Costa Rica*.
- Merritt, F. S., & Ricketts, J. T. (2001). *Bulding Design and Construction Handbook*. United States of America: McGraw-Hill.
- Morga Rodríguez, L. E. (2012). *Teoría y Técnica de la entrevista*. Tlalnepantla: Red Tercer Milenio S.C.
- Macro Steel Project. (2010). *Módulo de uniones apernadas y soldadas*.
- Navarro, H. (2013). *Apuntes del curso de Construcción de estructuras de concreto. Cartago, Costa Rica*.
- PCE Iberica S.L. (20 de 09 de 2014). *PCE Instruments*. Obtenido de <https://www.pce-instruments.com/>
- Pérez Serrano, G. (s.f.). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*.
- Research Council on Structural Connections. (2009). *Specification for estructural joints*

- using high strength bolts*. Estados Unidos de América.
- Rojas Moya, G. (2012). *Folleto: Curso Estructuras de Acero*. Cartago, Costa Rica: Escuela de Ingeniería en Construcción.
- Solís Carcaño, R. (2004). *La supervisión de obra*. Ingeniería: Revista académica, 55-60.
- Todo medición. (20 de 09 de 2014). *CR Medición: Instrumental de Medición y Control*. Obtenido de <http://www.todomedicion.com/>
- Vielma, C., Barbat , A., & Oller, S. (s.f.). *Confinamiento y ductilidad de los edificios de hormigón armado*.
- Wire Reinforcement Institute. (2010). *Structural Welded Wire Reinforcement (WWR-500)*. Hartford, CT.