



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

TEMA:

**REVISIÓN, ANÁLISIS, COMENTARIOS Y MODIFICACIONES
RECOMENDADAS PARA EL CAPÍTULO DE ACERO (NEC-SE-
AC) DE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN
(NEC-15)**

AUTOR:

Hajjar Espinosa, Tamara Jose

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Hernández Barredo, Jaime Francisco

Guayaquil, Ecuador

15 de marzo del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Hajjar Espinosa, Tamara Jose** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____
Hernández Barredo, Jaime Francisco

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Alcívar Bastidas, Stefany Esther

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Hajjar Espinosa, Tamara Jose**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Revisión, análisis, comentarios y modificaciones recomendadas para el capítulo de acero (NEC-SE-AC) de la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-15)** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR

f. _____
Hajjar Espinosa, Tamara Jose



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Hajjar Espinosa, Tamara Jose**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Revisión, análisis, comentarios y modificaciones recomendadas para el capítulo de acero (NEC-SE-AC) de la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-15)** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2019

EL AUTOR:

f. _____
Hajjar Espinosa, Tamara Jose

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: HAJJAR TAMARA FINAL.docx (D48685591)
Submitted: 3/6/2019 4:34:00 PM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 1 %

Sources included in the report:

ESTRUCTURAS DE ACERO.pptx (D10968921)
1476721231_CARRILLO.docx (D22464636)
Investigacion Estatica.docx (D35627583)
<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2065/1/104136.pdf>

Instances where selected sources appear:

6

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen María por acompañarme en cada momento de mi vida, esta etapa ha sido muy compleja y gracias a ellos he podido salir adelante y culminarla satisfactoriamente. A ellos, que me cuidan y me envuelven con sus dones para ser mejor persona, mejor profesional.
A ellos se lo debo todo.

A mi familia, que ha estado en mis triunfos y éxitos, en mis derrotas y aprendizajes.

De manera especial, a mi madre, la Abg. Janet Espinosa Jurado, quien ha sido coprotagonista de esta aventura estudiantil.
A ella que tiene los dones de la perseverancia, honradez y responsabilidad, a ella que siempre me ha inculcado los valores correctos para con ellos aprender a discernir lo bueno de lo malo.
Mi madre y yo hemos superado muchas batallas juntas, y yo he aprendido de cada una de ellas.

A ella, que ha forjado en mi la importancia de la responsabilidad y la humildad, que hacen de una persona un gran profesional, un líder. Gracias a ella he logrado ser quien soy.

Y a mi padre, Youssef Hajjar Abraham, él me ha enseñado mucho.
A él, que siempre me ha dicho que sea más inteligente que los demás a la hora de actuar. A él, tiene el don de la perseverancia, jamás se rinde, hombre responsable y caballero. Muy trabajador y empeñoso en todo lo que se propone. Y aunque no viva conmigo, siempre ha estado presente.

A mi Tutor, el Ing. Jaime Hernández Barredo, por haber depositado su voto de confianza en mi desde el día 0.
A él, quien me enseñó en clases la importancia que tiene nuestra carrera y el plus que uno gana al momento de investigar más allá de lo que enseñan en

aulas. A él, porque nuestro proceso de trabajo de grado fue muy armónico y
lleno de aprendizaje.

A la Ing. Stefany Alcívar, Directora de la Carrera de Ingeniería Civil, quien estuvo en todo momento presta para ayudarme en cualquier circunstancia que se presentare, y digo esto, porque no solo se desarrolló como mi directora sino también como mi amiga, mi hermana. Esta amistad la gané gracias a la transparencia de los valores que ambas demostramos.

A la Ing. Lilian Valarezo, Decana de la Facultad de Ingeniería, por compartir ideales trabajando en conjunto con la Ing. Stefany, para así llegar un mismo fin: El Bienestar Estudiantil, todas tres desde roles distintos. Ella siempre me ha dado un empujón en cada proyecto o propósito el cual yo le he comentado. Gracias por sus sabios consejos. Tomaré el timón de mi vida. Téngalo por seguro.

DEDICATORIA

A Dios y a la Mater.

A ti abuelita Laura, que me cuidas desde el cielo.

A mi madre Janet y a mi padre Youssef.

A mi familia, que ha sido fuente de energía en cada etapa de mi vida.

A todas las personas que confiaron en mí, ténganlo por seguro que seguiré
siendo luz en cada camino que emprenda.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

f. _____

JAIME FRANCISCO HERNÁNDEZ BARREDO
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

JOSÉ ANDRÉS BARROS CABEZAS
OPONENTE

f. _____

STEFANY ESTHER ALCÍVAR BASTIDAS
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

GUILLERMO ALFONSO PONCE VASQUEZ
DOCENTE DE LA CARRERA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1- INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Alcance.....	3
CAPÍTULO 2- ANÁLISIS DE LAS REFERENCIAS DEL NEC-SE-AC.....	4
2.1. Introducción.....	4
2.2. Resumen de referencias de la NEC-SE-AC	4
2.2.1. AISC 2007, Seismic Design Module 2, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.....	6
2.2.2. ANSI/AISC 341-05, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.....	7
2.2.3. ANSI/AISC 341-10, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.....	8
2.2.4. ANSI/AISC 358-05, “Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications”, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL	10
2.2.5. ANSI/AISC 360-10, “Specification for Structural Steel Buildings”, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL	10
2.2.6. AWS (2009) Structural Welding Code-Seismic Supplement, AWS D1.8/D1.8M, American Welding Society, Miami, FL.	11

2.2.7. ANSI/AWS (2000), Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (Metric Customary Units), AWS B4.0M, American Welding Society, Miami, FL.....	12
2.2.8. ANSI/AWS (2007) Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (U.S. Customary Units), AWS B4.0, American Welding Society, Miami, FL.....	12
2.2.9. ASNT SNT TC 1a (2001), Recommended Practice for the Training and Testing of Nondestructive Testing Personnel.	13
2.2.10. Cassagne, A. (2009). “Especificaciones Técnicas de Construcción para PARM fabricados a partir de planchas soldadas”. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.....	14
2.2.11. Emen, A. (2008). “Análisis, Diseño y Evaluación Sísmica de Pórticos Especiales de Acero Resistentes a Momento (PEARM) a base de planchas soldadas”. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.....	15
2.2.12. Rojas, P. (2003). “Seismic Analysis, Design, and Evaluation of Post-Tensioned Friction Damped Connections for Steel Moment Resisting Frames”. Disertación Doctoral, Universidad de Lehigh Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Bethlehem, P.A.....	15
2.2.13. FEMA 350, Julio 2000, Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment Frame Buildings”, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.....	16
2.3. Normas utilizadas y no referenciadas por la NEC-SE-AC.....	17
CAPÍTULO 3- ANÁLISIS DE LAS ECUACIONES Y FACTORES.....	18
3.1. Introducción.....	18
3.2. Ecuaciones.....	18
3.3. Factores	21

CAPÍTULO 4- ANÁLISIS DE FORMATO	23
4.1. Introducción.....	23
4.2. Subcapítulos sin numeración	23
4.3. Formato de páginas	26
4.4. Errores en la redacción	27
4.5. Mezcla de comentarios con especificaciones.....	41
CAPÍTULO 5- CUESTIONAMIENTO TÉCNICO	50
CAPÍTULO 6- PROPUESTA DE ÍNDICE.....	52
CAPÍTULO 7- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
7.1. Conclusiones.....	59
7.2. Recomendaciones.....	60
ANEXOS.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Portada de presentación obtenida de (Michael D. Engelhardt, 2007).....	7
Gráfica 2: Ejemplo de subcapítulo sin numeración. obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	24
Gráfica 3: Parte de la tabla de contenido de la NEC-SE-AC; se puede notar que solo el Capítulo 2 tiene 3 niveles de organización. Obtenida de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	24
Gráfica 4: Comparación de formato de páginas y niveles de organización entre NEC-SE-AC y AISC 341-10.....	27
Gráfica 5: Organización de las disposiciones por la NEC-SE-AC obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	28
Gráfica 6: Distribución correcta para mostrar la organización de las Disposiciones.....	31
Gráfica 7: Parte de Tabla de contenido que indica el error en la redacción del subcapítulo 1.3 obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	32
Gráfica 8: Repite la AISC360-10, la enlista como norma adicional, lo que lo vuelve redundante obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015)..	33
Gráfica 9: Normas que se encuentran incluidas en la sección A2 de la AISC 360-10 obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	33
Gráfica 10: Captura de capítulo 4.3 donde muestra error de redacción obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015). ...	34
Gráfica 11:Figura 9 de la NEC-SE-AC obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	35

Gráfica 12: Ejemplos obtenidos de (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, 2010).....	35
Gráfica 13: Error resaltado en sección mencionada, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	37
Gráfica 14: Índice de tablas, (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	37
Gráfica 15: Capítulo 10 de la NEC-SE-AC, subcapítulos afectados en su literatura por el desfase en el índice de tablas, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	38
Gráfica 16: Capítulo 11.4 de la NEC-SE-AC, sección "Condiciones de Ensayo", obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	38
Gráfica 17: Capítulo 13 de la NEC-SE-AC donde muestra errores resaltados, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015). ..	39
Gráfica 18: Tabla de Tareas de Inspección Visual después de Soldar obtenida de (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, 2010).	40
Gráfica 19: Comentario incluido en especificación, capítulo 3, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	42
Gráfica 20: Subcapítulo "metodología de Diseño por Capacidad", obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	43
Gráfica 21: Comentario explicando de donde son obtenidos los valores de R_y y R_t , obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	44
Gráfica 22: (continuación) Comentario explicando de donde son obtenidos los valores de R_y y R_t , obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	44

Gráfica 23: Comentario realizado en la sección 5.3 "Tenacidad en secciones pesadas", obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	45
Gráfica 24: Especificaciones y Comentarios en la misma sección, capítulo 6.2, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015). ..	46
Gráfica 25: Información subrayada con verde indica la ubicación del comentario, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	47
Gráfica 26: Antecedentes expuestos en el capítulo 9.1 de la NEC-SE-AC, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015). ..	49
Gráfica 27: Clasificación del sistema estructural para PEM, según (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).	50
Gráfica 28: Sección "Limitaciones para Vigas y Columnas" para PEM, según (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de Factores de Fluencia y Tensión probables obtenidos de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).....	15
Tabla 2: Cuadro comparativo de niveles de organización de temas.....	25
Tabla 3: Organización posible de sección explicada anteriormente.	26
Tabla 4: Ejemplo de encabezado para NEC-SE-AC.....	27
Tabla 5: Comparación de Índice y Distribución de Disposiciones de la NEC-SE-AC.....	30
Tabla 6: Obtenida de (American Welding Society (AWS) D1 Committee on Structural Welding, 2009).	36

RESUMEN

El presente trabajo de titulación revisa y analiza el capítulo de acero de la NEC-15 (NEC-SE-AC) para así recomendar cambios de tal forma que sea más claro y fácil usar, sin modificar las especificaciones y fórmulas contenidas.

Fue necesario analizar las referencias especificadas en el capítulo NEC-SE-AC de la NEC-15 con el fin de conocer la procedencia de la información contenida en este documento. De los 13 documentos referenciados por la norma, 2 de ellas son versiones anteriores de un mismo documento, y otras 2 no fueron utilizadas.

Este capítulo de la NEC-15 (NEC-SE-AC) cuenta con 98 ecuaciones, las cuales se basan en normas extranjeras como la AISC 341, AISC 358 y AISC 360. Por otro lado, hay dos factores que toman de referencia un documento ecuatoriano.

Una vez revisada y evaluada la estructuración de la NEC-SE-AC se pudo determinar que hubo defectos en su formato tales como: Subcapítulos sin numeración, errores en la redacción y mezcla de comentarios con especificaciones.

Estos hallazgos motivaron a proponer un análisis más detallado de los defectos del capítulo de acero, proponer recomendaciones para inclusión de información nueva en el caso de futuras revisiones de la norma y junto con ello recomendar una reestructuración, orden y secuencia de la información que eliminen los defectos encontrados.

***Palabras Claves:* Normas, Diseño Estructural, Acero, Referencias, Formato, Errores.**

ABSTRACT

The present degree work reviews and analyzes the steel chapter of the NEC-15 (NEC-SE-AC) in order to recommend changes in a way that is clearer and easier to use, without modifying the specifications and formulas contained.

It was necessary to analyze the references specified in chapter NEC-SE-AC of the NEC-15 in order to know the origin of the information contained in this document. Of the 13 documents referenced by the standard, 2 of them are previous versions of the same document, and another 2 were not used.

This chapter of the NEC-15 (NEC-SE-AC) has 98 equations, which are based on foreign standards such as AISC 341, AISC 358 and AISC 360. On the other hand, there are two factors that take a reference from a document Ecuadorian.

Once the structure of the NEC-SE-AC was reviewed and evaluated, it could be determined that there were defects in its format such as Sub-chapters without numbering, errors in the writing and mixing of comments with specifications.

These findings led to propose a more detailed analysis of the defects of the steel chapter, propose recommendations for the inclusion of new information in the case of future revisions of the standard and, together with this, recommend a restructuring, order, and sequence of the information that eliminates the defects found.

Key Words: Standards, Structural Design, Steel, References, Format, Errors.

CAPÍTULO 1- INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Las normas para el diseño de estructuras tienen el objetivo de establecer parámetros y condiciones mínimas para asegurar que las estructuras tengan un comportamiento adecuado ante las sollicitaciones de cargas esperadas. Es fundamental que estos parámetros y especificaciones sean conocidos tanto por los diseñadores como los revisores y fiscalizadores para que el proyecto estructural sea exitoso.

Defectos en las normas tales como: falta de claridad y orden, falta de información (vacíos técnicos), duplicidad, etc., son obstáculos que originan problemas a la hora de desarrollar estos proyectos, ocasionando en algunos casos el incumplimiento de la norma, toma de decisiones arbitrarias, e incluso desmotivación en el uso del producto (sistema estructural o material) evaluado.

En respuesta a la solicitud del Secretario Técnico de Proyecto (Ing. Roberto Luque) para la elaboración de la Norma para Guayaquil en base a la norma existente NEC-15, el profesor proponente de este tema (Ing. Jaime Hernández) revisó rápidamente el capítulo de acero de la norma y encontró los siguientes defectos:

- Orden ilógico de capítulos y secciones.
- Secciones no numeradas.
- Fórmulas y figuras no numeradas.
- Fórmulas duplicadas innecesariamente.
- Temas excluidos.
- Especificaciones y comentarios mezclados.
- Explicaciones históricas irrelevantes, etc.

Estos hallazgos motivaron a proponer un análisis más detallado de los defectos del capítulo de acero, y junto con ello recomendar una reestructuración y recomendaciones de uso de este capítulo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Recomendar cambios al capítulo de acero de la NEC-15 (NEC-SE-AC) de tal forma que sea más claro y fácil usar, sin modificar las especificaciones y fórmulas contenidas.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Analizar y evaluar el contenido del capítulo NEC-SE-AC con el fin de reportar sus errores o deficiencias.
2. Analizar y evaluar la estructuración del capítulo NEC-SE-AC con el fin de reportar sus deficiencias.
3. Analizar y evaluar las ecuaciones presentadas en el capítulo de la NEC-SE-AC con el fin de conocer su procedencia y reportar sus errores o modificaciones en caso de que haya.
4. Investigar las normas extranjeras y nacionales tomadas como referencia en la NEC-SE-AC para evaluar sus errores y ver la manera de simplificar y dinamizar su forma.
5. Proponer un nuevo Índice para la NEC-SE-AC de tal manera que al diseñador se le facilite la búsqueda de información.

1.3. Alcance

- Revisar el capítulo de acero estructura (NEC-SE-AC) de la norma NEC-15 y categorizar los considerados defectos de la norma.
- Detectar qué información está basada en otros códigos y cuales están incluidas en base a estudios locales.
- Proponer un orden y secuencia de la información que eliminen los defectos encontrados.
- Proponer recomendaciones para inclusión de información nueva en el caso de futuras revisiones de la norma.

CAPÍTULO 2- ANÁLISIS DE LAS REFERENCIAS DEL NEC-SE-AC

2.1. Introducción

En esta sección se analizarán las referencias especificadas en el capítulo NEC-SE-AC de la NEC-15 con el fin de conocer la procedencia de la información contenida en este documento.

Las referencias bibliográficas de todo documento tienen como objetivo presentar al lector todas las fuentes literarias que son base para la elaboración de dicho documento. Con el estudio de las referencias bibliográficas el lector no solo puede detectar qué información proviene de otro estudio sino también puede evidenciar como ha ido evolucionando algún tópico específico.

El análisis de las referencias bibliográficas de la NEC-SE-AC tiene como objetivo verificar que toda información tenga alguna procedencia que pueda ser estudiada y evaluada.

Este trabajo de grado no tiene como objetivo evaluar técnicamente las expresiones (fórmulas, límites, especificaciones, recomendaciones, etc.) presentadas en la NEC-SE-AC; sin embargo, es importante identificar su procedencia: normas locales, normas extranjeras, nuevas investigaciones, estudios locales, consensos del comité que desarrolló el documento, etc.

2.2. Resumen de referencias de la NEC-SE-AC

La NEC-SE-AC especifica 13 documentos en su sección 12 “Referencias”.

Para cada uno de estos documentos se elaborará un resumen de su contenido, se indicarán los casos en los cuales debe ser usado, y se evaluará además su relevancia para ser considerada como referencia de la norma NEC. Los documentos de referencia de la NEC-SE-AC son los siguientes:

1. AISC 2007, Seismic Design Module 2, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.

2. ANSI/AISC 341-05, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.
3. ANSI/AISC 341-10, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.
4. ANSI/AISC 358-05, "Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications", American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.
5. ANSI/AISC 360-10, "Specification for Structural Steel Buildings", American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL.
6. AWS (2009) Structural Welding Code-Seismic Supplement, AWS D1.8/D1.8M, American Welding Society, Miami, FL.
7. ANSI/AWS (2000), Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (Metric Customary Units), AWS B4.0M, American Welding Society, Miami, FL.
8. ANSI/AWS (2007) Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (U.S. Customary Units), AWS B4.0, American Welding Society, Miami, FL.
9. ASNT SNT TC 1a (2001), Recommended Practice for the Training and Testing of Nondestructive Testing Personnel.
10. Cassagne, A. (2009). "Especificaciones Técnicas de Construcción para PARM fabricados a partir de planchas soldadas". Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
11. Emén, A. (2008). "Análisis, Diseño y Evaluación Sísmica de Pórticos Especiales de Acero Resistentes a Momento (PEARM) a base de planchas soldadas". Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.
12. Rojas, P. (2003). "Seismic Analysis, Design, and Evaluation of Post-Tensioned Friction Damped Connections for Steel Moment Resisting Frames". Disertación Doctoral, Universidad de Lehigh Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Bethlehem, P.A.

13. FEMA 350, Julio 2000, Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment Frame Buildings”, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.

A continuación, el resumen de cada referencia expuesta, y su análisis con respecto al contenido que expone la NEC-SE-AC:

2.2.1. AISC 2007, Seismic Design Module 2, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL

La AISC además de tener especificaciones para el diseño sísmico de estructuras de acero (AISC 341), consta con 6 módulos que respalda la normativa, estos módulos se clasifican en:

1. Introducción Y Principios Básicos
2. Pórticos Resistentes A Momento
3. Pórticos Arriostrados Concéntricamente
4. Pórticos Arriostrados Excéntricamente
5. Pórticos Arriostrados Con Pandeo Restringido
6. Placas Especiales De Muros De Corte

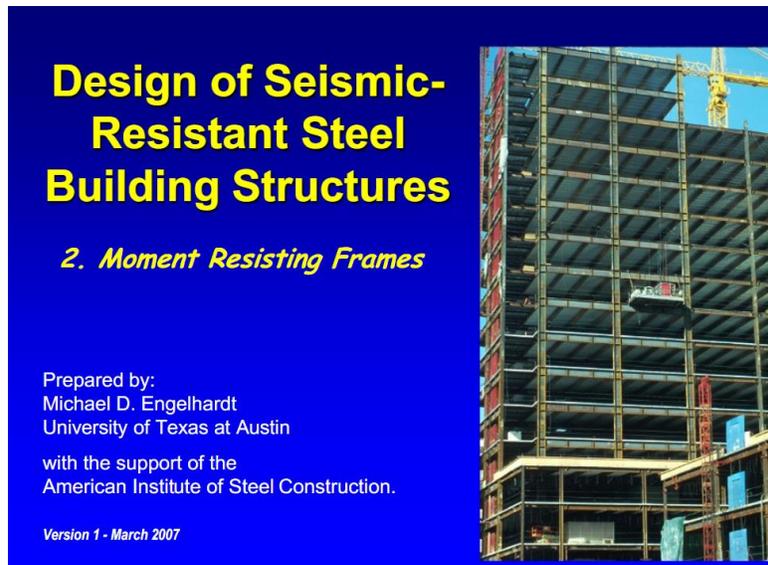
De acuerdo con el índice de este documento (Modulo 2), su contenido se divide en 4 partes:

- I. Definiciones y Comportamientos Básicos en pórticos resistentes a momento
- II. Conexiones Viga-Columna: Antes y Después del terremoto de Northridge
- III. Comportamiento en zona de panel
- IV. AISC 341 (este capítulo hace referencia a la norma adecuada para el sistema en mención)

La NEC-SE-AC referencia al segundo módulo (Pórticos resistentes a momento) porque además de mencionar entre sus diseños de pórticos (Capitulo 8) al sistema PEM (Pórticos Especiales a Momento), su capítulo 9 (Conexiones) menciona en su alcance

que ese capítulo se basa específicamente en conexiones precalificadas de acuerdo con los pórticos tipo PEM.

Es por eso por lo que la NEC-SE-AC referencia este documento, para conocer un poco más de lo que dice la especificación AISC 358(norma extranjera toma como referencia para el capítulo de Conexiones de la NEC-SE-AC que será explicado más adelante).



Gráfica 1: Portada de presentación obtenida de (Michael D. Engelhardt, 2007).

2.2.2. ANSI/AISC 341-05, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL

Este documento es una versión anterior al ANSI-AISC341-10 y al ANSI-AISC341-16. Dado que las últimas versiones incorporan toda la información contenida en la versión 2005, más las correcciones o actualizaciones que han ocurrido en estos años, no se considera necesario incluir en las referencias de la NEC-SE-AC a este documento.

2.2.3. ANSI/AISC 341-10, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL

En este documento se especifican los requerimientos de diseño, análisis, fabricación, instalación y control de calidad de elementos de acero, conexiones que forman parte del sistema resistente a cargas sísmicas, traslapes y bases de columnas de sistemas gravitacionales de edificios, y otras estructuras con pórticos a momento, pórticos arriostrados, o muros de corte (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, 2010).

Entre los sistemas estructurales normados por este documento están:

- a) Sistemas de pórticos a momento
 - i. Pórticos Ordinarios
 - ii. Pórticos Intermedios
 - iii. Pórticos Especiales
 - iv. Pórticos Especiales tipo Cercha
 - v. Columnas en Cantiléver Ordinarios
 - vi. Columnas en Cantiléver Especiales

- b) Sistemas Arriostrados o de Muros Cortantes
 - i. Pórticos Arriostrados Concéntricamente Ordinarios
 - ii. Pórticos Arriostrados Concéntricamente Especiales
 - iii. Pórticos Arriostrados Excéntricos
 - iv. Pórticos Arriostrados de Pandeo-Restringido
 - v. Muros de Corte Especiales

- c) Sistemas de Pórticos Compuestos
 - i. Pórticos Ordinarios Compuestos
 - ii. Pórticos Intermedios Compuestos
 - iii. Pórticos Especiales Compuestos

- iv. Pórticos Parcialmente Restringidos Compuestos

- d) Sistemas de Pórticos Arriostrados o de Muros de Corte Compuestos
 - i. Pórticos Arriostrados Ordinarios Compuestos
 - ii. Pórticos Arriostrados Concéntricamente Especiales Compuestos
 - iii. Pórticos Arriostrados Excéntricos Compuestos
 - iv. Muros de Corte Ordinarios Compuestos
 - v. Muros de Corte Especiales Compuestos
 - vi. Muros de Corte tipo Placa Compuesta

Este documento cuenta actualmente con su versión actualizada ANSI/AISC 341-16 la cual reemplaza a sus versiones anteriores.

La NEC-SE-AC hace una referencia literaria a la ANSI/AISC 341-10 desde el capítulo 3 (Alcances y Consideraciones Generales) hasta el capítulo 11 (Especificaciones de Soldadura), a excepción del Capítulo 9 (Conexiones) que se basa en la siguiente referencia a mencionar (ANSI/AISC 358-05). Sin embargo, la NEC-SE-AC a pesar de tomar en su literalidad los capítulos ya mencionados, tan solo hace referencia a 3 de los 21 sistemas propuestos en la ANSI-AISC 341-10, estos son: Pórticos Especiales Resistentes a Momento (a-iii), Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente (b-ii), y Pórticos Arriostrados Excéntricamente (b-iii). La NEC-SE-AC llega a normar apenas un 15% de los sistemas estructurales de la ANSI/AISC 341, lo cual lo vuelve muy limitante para el diseñador estructural.

Desde el capítulo 3 (Alcances y Consideraciones Generales) hasta el capítulo 11 (Especificaciones de Soldadura), a excepción del Capítulo 9 (Conexiones), la NEC-SE-AC transcribe literalmente (con su respectiva traducción) las especificaciones de la ANSI/AISC 341-10.

La información extraída de la ANSI-AISC 341-10 corresponde a 3 de los 21 sistemas propuestos en la ANSI-AISC 341-10, lo que significaría a un 15% del total de sistemas estructurales. Los sistemas considerados por la NEC-15 son: Pórticos Especiales

Resistentes a Momento (a-iii), Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente (b-ii), y Pórticos Arriostrados Excéntricamente (b-iii).

Para los demás sistemas estructurales que no son considerados, la NEC-SE-AC indica que se puede consultar la información en esta referencia.

2.2.4. ANSI/AISC 358-05, “Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications”, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL

Esta norma especifica los criterios de diseño, detallamiento, fabricación y calidad para las Conexiones que están precalificadas de acuerdo con las provisiones sísmicas (ANSI/AISC 341) para el uso de pórticos especiales e intermedios resistentes a momento (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, INC., 2005).

Este documento cuenta actualmente con su versión actualizada ANSI/AISC 358-16 la cual reemplaza a sus anteriores ANSI/AISC 358-10, ANSI/AISC 358s1-10, y ANSI/AISC 358s2-14.

El Capítulo 9 “Conexiones” de la NEC-SE-AC es una traducción literal de los capítulos 1(Generalidades), 2 (Requerimientos de Diseño), 3(Requerimientos de Soldadura) y 5(Conexión con viga reducida) de la ANSI/AISC 358-05.

2.2.5. ANSI/AISC 360-10, “Specification for Structural Steel Buildings”, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL

Esta especificación debe aplicarse al diseño, fabricación, e instalación de sistemas de acero estructural y sistemas de acero estructural actuando de manera compuesta con el concreto reforzado

Dentro de su contenido se presentan requisitos de diseño, determinación de parámetros de diseño, y cálculo de capacidad de elementos.

Entre los diseños de miembros normados en este documento se encuentran:

- A. Tensión
- B. Compresión
- C. Flexión
- D. Corte
- E. Miembros compuestos
- F. Conexiones
- G. Por servicialidad

Este documento cuenta actualmente con su versión actualizada ANSI/AISC 360-16 la cual reemplaza a sus versiones anteriores.

En el Capítulo 2.2 (Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-AC), menciona que las especificaciones y códigos referenciados en estas Disposiciones se serán los listados en la Sección A2 del documento en mención.

De ahí en sus siguientes capítulos la NEC-SE-AC menciona y referencia este documento en ciertos requerimientos ya que la AISC 341-10 toma este documento como base para el cumplimiento de los requerimientos de sus elementos.

2.2.6. AWS (2009) Structural Welding Code-Seismic Supplement, AWS D1.8/D1.8M, American Welding Society, Miami, FL.

Este documento es un complementario a la norma extranjera AWS D1.1/D1.1M: Código De Soldadura Estructural Acero, y se lo puede aplicar al diseño, fabricación, control de la calidad de uniones soldadas diseñadas por las provisiones sísmicas (ANSI/AISC 341).

Cubre controles adicionales de detalles, materiales, mano de obra, pruebas e inspección necesarios para lograr un rendimiento adecuado de estructuras de acero soldadas bajo condiciones de esfuerzo inelástico severo inducido cargas sísmicas (American Welding Society (AWS) D1 Committee on Structural Welding, 2009).

Este documento cuenta actualmente con su versión actualizada AWS D1.8/D1.8M: 2016 la cual reemplaza a sus versiones anteriores.

La NEC-SE-AC menciona este documento en el capítulo 9.4, Conexión con viga de sección reducida, donde con una figura muestra el detallamiento de agujeros de acceso para la soldadura. También hace referencia a este documento en su capítulo 11 (Especificaciones de soldadura).

2.2.7. ANSI/AWS (2000), Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (Metric Customary Units), AWS B4.0M, American Welding Society, Miami, FL.

Este documento es una versión anterior al AWS 4.0: 2007, AWS 4.0: 2010 y AWS 4.0: 2016. Dado que las últimas versiones incorporan toda la información contenida en la versión 2000, más las correcciones o actualizaciones que han ocurrido en estos años, no se considera necesario incluir en las referencias de la NEC-SE-AC a este documento.

2.2.8. ANSI/AWS (2007) Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (U.S. Customary Units), AWS B4.0, American Welding Society, Miami, FL.

Esta especificación establece métodos estándar para el ensayo mecánico de soldaduras. Para cada método de prueba, se proporciona información relativa a los documentos aplicables del American National Standards Institute (ANSI), American Society for Testing Materials (ASTM) y del American Petroleum Institute (API). Describe la importancia de cada prueba, los aparatos de prueba, la preparación de las probetas y los procedimientos de prueba. Se proporcionan hojas de resultados de prueba a manera de ejemplo (AWS Committee on B4 Committee on Mechanical Testing of Welds, 2007).

Este documento cuenta actualmente con su versión actualizada AWS B4.0: 2016 la cual reemplaza a sus versiones anteriores. La diferencia con respecto a la referencia anterior es la unidad de medida. El contenido es el mismo.

La NEC-SE-AC menciona este documento en su capítulo 11.4 (Metal de aporte/ especificación para el ensayo de verificación de la tenacidad) donde especifica que las probetas para los ensayos de CVN y de tracción deberán ser preparadas en conformidad con el código en mención.

2.2.9. ASNT SNT TC 1a (2001), Recommended Practice for the Training and Testing of Nondestructive Testing Personnel.

Esta práctica recomendada ayuda a garantizar un nivel mínimo de competencia para los practicantes de NDT y se aplica a los métodos de NDT, como pruebas de corrientes de Foucault, pruebas de penetración de líquidos, pruebas de partículas magnéticas, radiografías, pruebas ultrasónicas y pruebas visuales. Muchos operadores propietarios en los Estados Unidos requieren certificaciones de ASNT para el personal que realiza NDT.

Este documento es un estándar dado por la Asociación Americana de Pruebas no-Destructivas, va ligado con las normas AWS, proporciona pautas que pueden ser utilizadas por las compañías para desarrollar programas internos de certificación de END y PdM basados en el empleador (ASNT, 2016).

Se incluyen los niveles de habilidades recomendadas para todos los niveles de calificación END, la capacitación recomendada y las horas de experiencia para el personal de Nivel I y Nivel II, y los requisitos de elegibilidad para el examen para el personal de Nivel III (ASNT, 2016).

Estas pautas pueden ser modificadas por los empleadores y, cuando se incorporan a la práctica escrita de una empresa, se convierten en los requisitos de certificación END para esa empresa. La información sobre tipos de programas de certificación, prácticas escritas y otra información relacionada con el programa END se puede encontrar en la página de Certificación END (ASNT, 2016).

Este documento cuenta actualmente con su versión actualizada SNT-TC-1A: 2016, la cual reemplaza a sus versiones anteriores.

La NEC-SE-AC hace referencia a este documento en su capítulo 11 (Especificaciones de soldadura) donde indica que los técnicos calificados para realizar ensayos no destructivos tienen que cumplir con los criterios de y estándares de la SNT-TC-1A.

2.2.10. Cassagne, A. (2009). “Especificaciones Técnicas de Construcción para PARM fabricados a partir de planchas soldadas”. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

Esta referencia hecha por la NEC-SE-AC presenta un error en su título ya que el trabajo de grado que quisieron referenciar fue: “*Estado de la Practica del Diseño y Construcción de Edificios Existentes de Acero Resistentes a Momento y Recomendaciones para la construcción de Nuevos Edificios de Acero en la Ciudad de Guayaquil*”. Hecha por mismo autor en mención.

Según Cassange, El presente trabajo presenta las Recomendaciones para la Construcción de Edificios Nuevos de Acero en Guayaquil. Las recomendaciones están basadas en las evaluaciones realizadas a los edificios de acero existentes y en construcción en Guayaquil, en las entrevistas con los profesionales, las deficiencias encontradas en los edificios evaluados y las lecciones aprendidas en sismos anteriores que cambiaron la práctica del desafío y la construcción de edificios de acero a nivel mundial (Rojas & Cassange, 2009).

El objetivo principal de este trabajo es elaborar Recomendaciones para la Construcción de Edificios de Acero Nuevos en la Ciudad de Guayaquil, basados en el estudio del Estado de la Practica del Diseño y Construcción en edificios existentes en la ciudad de Guayaquil. Con el fin de alcanzar el objetivo principal de este estudio, se evaluaron 10 edificios de acero existentes y en proceso de construcción basado en el procedimiento establecido en FEMA 178 y FEMA 310 (Rojas & Cassange, 2009).

La NEC-SE-AC toma de referencia este trabajo de grado para utilizar los factores de Fluencia Probable (R_y) y Tensión Probable (R_t) investigados por A. Cassange, estos valores son distintos a los de la norma extranjera y se encuentran en el capítulo 5.2 (Resistencia probable del material).

A continuación, los factores normados por la NEC-SE-AC:

Especificación ASTM	Factor de Fluencia Probable (R_y)	Factor de Tensión Probable (R_t)
ASTM A36	1.3	1.15
ASTM A572 Gr. 50	1.1	1.25
ASTM A588 Gr. 50	1.15	1.15

Tabla 1: Valores de Factores de Fluencia y Tensión probables obtenidos de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

2.2.11. Emen, A. (2008). “Análisis, Diseño y Evaluación Sísmica de Pórticos Especiales de Acero Resistentes a Momento (PEARM) a base de planchas soldadas”. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

Según Emen, El presente documento describe el uso de la conexión precalificada de alas no reforzadas soldadas y alma soldada (ANRS-AS) a usarse en edificios con pórticos especiales de acero resistentes a momento (PEARM), fabricados a partir de planchas soldadas. En una conexión con alas no reforzadas soldadas y alma soldada se utiliza soldadura de ranura de penetración completa para unir las alas y el alma de las vigas con las alas de las columnas (Emén & Rojas C., 2009).

Esta referencia es de una tesis de grado ecuatoriana en la que hacen un análisis de un sistema estructural a base de planchas soldadas y lo evalúa con las condiciones sísmicas del país.

La NEC-SE-AC no menciona este documento en ningún capítulo. Por lo que no se considera necesario incluir este documento en las en las referencias de la NEC-SE-AC.

2.2.12. Rojas, P. (2003). “Seismic Analysis, Design, and Evaluation of Post-Tensioned Friction Damped Connections for Steel Moment Resisting Frames”. Disertación Doctoral, Universidad de Lehigh Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Bethlehem, P.A.

Esta referencia es el trabajo doctoral del Ing. Pedro Rojas Cruz, ecuatoriano. Su tema principal es la Evaluación sísmica del desempeño de pórticos de acero resistentes a

momento auto-centrantes, y se basa en un tipo de conexión especial para ese sistema estructural.

Según Rojas, Durante la última década, se ha realizado una amplia investigación sobre pórticos de acero resistentes de momento (PARM) auto-centrantes (AC). Investigaciones previas de PARM-AC con Conexiones viga-columna postensadas y elementos de fricción en alas (PT-EFA) se han realizado utilizando un pórtico de seis pisos con cuatro tramos de 9.15 metros (Suárez Cruz, M. Ricles, Rojas Cruz, & Sause, 2013). Sin embargo, existe la necesidad de investigar este sistema para edificios más altos con diferentes longitudes y número de tramos. Por lo tanto, el enfoque de esta investigación es evaluar el desempeño sísmico de un edificio de PARM-AC de ocho pisos con tres tramos de 7.60 metros con Conexiones de PT-EFA. Estos sistemas AC utilizan el comportamiento de apertura y cierre de una abertura en juntas seleccionadas entre miembros estructurales principales, junto con dispositivos asociados de fricción, para proporcionar adecuada resistencia, ductilidad y disipación de energía sin deformaciones inelásticas y daños relacionados a los principales miembros estructurales. Fuerzas de restauradoras elásticas proporcionadas por torones postensados (PT) retornan la estructura a su posición original (Suárez Cruz et al., 2013).

La NE-SE-AC no menciona este documento en ningún capítulo. Por lo que no se considera necesario incluir este documento en las en las referencias de la NEC-SE-AC.

2.2.13. FEMA 350, Julio 2000, Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment Frame Buildings”, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.

Este informe, FEMA-350: Criterios de diseño sísmico recomendados para nuevos edificios de pórticos de acero resistentes a momento, ha sido desarrollado por la empresa conjunta SAC bajo contrato con la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) para proporcionar a las organizaciones involucradas en el desarrollo de normas de diseño de consenso y construcción. Disposiciones del código con criterios

recomendados para el diseño y la construcción de nuevos edificios que incorporan una estructura de acero resistente al momento para resistir los efectos de los terremotos. Este documento es una de las series de publicaciones complementarias que abordan el tema del rendimiento sísmico de los edificios de pórticos de acero (FEMA & Structural Engineers Association of California (SEAOC), 2000).

Este documento no cuenta con actualizaciones. La NEC-SE-AC hace referencia a este documento en sus alcances y consideraciones generales, requerimientos de las derivas de piso, y recomendaciones en sus relaciones ancho-espesor en secciones compactas.

2.3. Normas utilizadas y no referenciadas por la NEC-SE-AC.

En las referencias de la NEC no toman en cuenta la norma AWS D1.1, sin embargo, los capítulos 7, 9, 10 y 11 donde la soldadura toma un rol importante, esta norma es referenciada.

La AWS D1.1 es a D1.8. como la AISC 360 es la AISC 341. La *D1.1/D1.1M:2015 Código de Soldadura Estructural — Acero* cubre los requisitos de soldadura para cualquier tipo de estructura soldada realizada con aceros al carbono y de baja aleación utilizados comúnmente en la construcción. Las Secciones 1 a 9 constituyen un conjunto de reglas para la regulación de la soldadura en la construcción con acero. En este código se incluyen nueve anexos normativos y once anexos informativos. Con el documento también se incluye un comentario sobre el código. (*Structural welding code - steel*, 2015).

Su última actualización (2015) detalla los requisitos de diseño, procedimientos, calificaciones, fabricación, inspección y reparación de estructuras de acero hechas de tubos, placas y formas estructurales que están sujetas a carga estática o cíclica. Además de los cambios editoriales en el texto y los comentarios para mejorar la claridad y la comprensión de las disposiciones del código, se han realizado los siguientes cambios en la edición D1.1: 2015. (*Structural welding code - steel*, 2015).

Básicamente, la AWS D1.8 es un anexo sísmico para edificios del código de soldadura (norma en mención la cual fue omitida en las referencias).

CAPÍTULO 3- ANÁLISIS DE LAS ECUACIONES Y FACTORES

3.1. Introducción

En este capítulo se analizarán las ecuaciones y los factores presentados en la NEC-SE-AC con el fin de verificar su procedencia y si estas presentan variaciones, con respecto a los documentos de origen, que puedan confundir al lector.

3.2. Ecuaciones

Se han identificado 98 ecuaciones en la NEC-SE-AC las cuales se basan en los siguientes documentos:

AISC 341-10	Capítulo 5	3 ecuaciones
AISC 341-10	Capítulo 6	11 ecuaciones
AISC 341-10	Capítulo 7	10 ecuaciones
AISC 341-10	Capítulo 8	57 ecuaciones
AISC 358-10	Capítulo 9	16 ecuaciones
AISC 360-10	Capítulo 9	1 ecuación

En el Anexo 1 se muestra un resumen de las fórmulas presentadas en el NEC-SE-AC. Dado que las ecuaciones de la NEC-SE-AC no se encuentran enumeradas, estas se detallaron de acuerdo con su título, página y capítulo para facilitar su ubicación.

Dentro de las 98 ecuaciones existen 29 ecuaciones duplicadas dado que se presenta la misma fórmula tanto para el método de esfuerzos permisibles (ASD o DRA) como para el método de factores de carga y resistencia (LRFD o DFCD). Estas fueron sombreadas con gris en el Anexo 1.

No se encontraron errores en las ecuaciones presentadas por la NEC-SE-AC, sin embargo, algunas de estas presentan algunas modificaciones con respecto a las

fórmulas presentadas en el documento original. A continuación, se detallan las modificaciones encontradas:

A. Ecuación #2. Resistencia a la fluencia probable.

$$R_{fp} = F_{yp} * A_g$$

En la AISC 341-10 no se presenta la ecuación formalmente, sino que la describe en un párrafo.

B. Ecuación #6. L_b , espaciamiento máximo en el arriostramiento de la viga.

$$L_b = \frac{0.017r_y E}{F_y}$$

En la AISC 341-10 se usa esta ecuación para miembros de ductilidad moderada, mientras que la NEC-SE-AC no clasifica la ductilidad, lo generaliza como “arriostramiento para estabilidad de vigas”.

C. Ecuación #7 y #8. Fuerzas axiales requeridas del arriostramiento lateral (DFCR) y (DRA) respectivamente.

$$P_u = \frac{0.06R_y F_y Z}{(d - t_f)} \text{ para DFCR}, \quad P_u = \frac{0.04R_y F_y Z}{(d - t_f)} \text{ para DRA}$$

La AISC 341-10 detalla el denominador como h_o en vez de $(d - t_f)$.

D. Ecuación #32 y #33. Resistencias para arriostramiento lateral en las alas de la columna (DFCR) y (DRA) respectivamente.

$$0.02F_y b_t t_{vf} \text{ para DFCR}, \quad \frac{0.02F_y b_t t_{vf}}{1.5} \text{ para DRA}$$

La AISC 341-10 describe el 0.02 en porcentaje, es decir 2%.

E. Ecuación #37. Espesor de la zona de panel.

$$t \geq \frac{(d_z - w_z)}{90}$$

La NEC-SE-AC no detalla de donde se obtiene d_z , mientras que la AISC 341-10 indica que es $(d - 2t_f)$.

F. Ecuación #42. Resistencia mínima a corte de los empalmes del alma de la columna (DFCR).

$$\frac{\sum M_{pc}}{H}$$

La AISC referencia para ambos factores de diseño mientras que la NEC-SE-AC solo referencia el método DFCR (LRFD). La diferencia entre las dos ecuaciones es el factor de seguridad del método DRA, la ecuación faltante sería $\frac{\sum M_{pc}}{1.5H}$.

G. Ecuación #68 y #69. Longitud máxima del vínculo cuando relación ≥ 0.3 y Longitud máxima del vínculo cuando relación < 0.3 , respectivamente.

$$\rho' \left(\frac{A_w}{A_g} \right) \geq 0.3$$

$$\rho' \left(\frac{A_w}{A_g} \right) < 0.3$$

Para la NEC-SE-AC $\rho' = \frac{P_r}{V_r}$, mientras que para la AISC 341-10 $\rho' = \frac{\frac{P_r}{P_c}}{\frac{V_r}{V_c}}$, estos

valores difieren comparando las normas, sin embargo al momento de revisar el límite, la formulación es la misma en ambas normas ya que la NEC-SE-AC ha ajustado su fórmula con la relación $\left(\frac{A_w}{A_g} \right)$.

H. Ecuación #83. Valor C_{pr} .

$$C_{pr} = \frac{F_y - F_u}{2F_y} \leq 1.20$$

La NEC-SE-AC lo referencia con el signo contrario, es decir:

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} \leq 1.20$$

- I. Ecuación #97. Diseño de la placa de cortante en la unión alma de la viga con ala de la columna.

$$\phi_v V_v \geq V_u; \text{ donde } \phi_v V_v = \phi_v d_{pc} t_{pc} F_{ypc}$$

Esta ecuación no es mostrada por la AISC 358-10, sin embargo, no es más que la igualdad entre la resistencia de diseño de la placa cortante y la Resistencia requerida al cortante de la viga y en la conexión viga-columna. Donde $\phi_v = 1.0$, calculado de acuerdo con el Capítulo G. de la AISC 360-10.

3.3. Factores

Se han identificado 10 factores en la NEC-SE-AC los cuales se basan en los siguientes documentos:

Cassange	Capítulo 5	2 factores
AISC 341-10	Capítulo 6	3 factores
AISC 341-10	Capítulo 8	2 factores
AISC 360-10	Capítulo 9	3 factores

Los factores encontrados se describen a continuación:

1. C_d : Factor de amplificación de deflexión.
2. C_{pr} : Factor que toma en cuenta la resistencia máxima de la conexión incluyendo el endurecimiento por deformación, restricciones locales, reforzamiento adicional y otras condiciones de conexión.
3. R_t : Factor de resistencia a la Tensión probable.
4. R_y : Factor de esfuerzo de Fluencia probable.
5. ϕ_d : Factor de Resistencia para estado límite dúctil.
6. ϕ_n : Factor de Resistencia para estado límite no-dúctil.
7. ϕ_c : Factor de Resistencia de columna

8. Ω_c : Factor de Seguridad de columna
9. ϕ_v : Factor de Resistencia de viga
10. Ω_v : Factor de Seguridad de viga

De los 10 factores encontrados, solo 2 (Factor de Resistencia a la tensión probable y Factor de Esfuerzo de fluencia probable) presentan cambios con respecto a la norma extranjera. Estos cambios son justificados en el documento (Rojas & Cassange, 2009) referenciado por la NEC-SE-AC (Ver tabla 1).

Los cambios propuestos por (Rojas & Cassange, 2009) se basan en resultados de análisis estadísticos de propiedades mecánicas reales de aceros utilizados en Guayaquil.

CAPÍTULO 4- ANÁLISIS DE FORMATO

4.1. Introducción

En este capítulo se analizará el documento NEC-SE-AC desde un punto de vista NO TÉCNICO. El análisis se enfocará en el formato, la redacción y el orden de la información presentada ya que estos factores permiten que el documento sea fácil de entender y por ende de aplicar.

Los errores encontrados han sido clasificados de la siguiente manera:

1. Subcapítulos sin numeración
2. Formato de páginas
3. Errores en la redacción
4. Mezcla de comentarios con especificaciones

4.2. Subcapítulos sin numeración

En todo documento técnico es muy importante establecer capítulos y subcapítulos que le den un orden lógico al contenido, permitiendo al lector encontrar rápidamente toda la información relacionada con un tema en particular.

Para lograr esto, es fundamental que los capítulos y subcapítulos estén debidamente enumerados e incluidos en una de las primeras páginas, en forma de Índice. El índice es probablemente lo primero que ve un lector, y este debe servir para poder acceder rápidamente a las páginas donde se encuentra la información de interés.

En el caso de la norma NEC-SE-AC, se ha encontrado que no todos los subtítulos están enumerados, y como consecuencia, no están incluidos en el índice, dificultando al lector acceder rápidamente a la especificación buscada. Ver gráfica 2.

6. Diseño de miembros

6.1. Alcance

Los miembros en un *sistema resistente a carga sísmica* (SRCS) deben cumplir con la *Especificación* y lo estipulado en esta sección. Para aquellas columnas que no son parte del SRCS, véase la Sección 7 (**Empalmes de columnas**).

6.2. Clasificación de las secciones según su relación ancho-espesor

Secciones Compactas

Cuando sea requerido por estas *Disposiciones*, los miembros del SRCS deben tener alas continuamente conectadas al alma o almas y las relaciones ancho-espesor de sus elementos a compresión no deben exceder las relaciones máximas ancho-espesor, λ_p , de las Tablas B4.1a y B4.1b de la *Especificación AISC 360-10*.

Gráfica 2: Ejemplo de subcapítulo sin numeración. obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

En el índice de la NEC-SE-AC se puede observar que solo el capítulo 2 tiene 3 niveles de organización (ver gráfica 3). Para el resto de los capítulos la información se enumera con capítulos o subcapítulos de primer orden.

CONTENIDO	
	1. Generalidades 6
	1.1. Introducción 6
	1.2. Definiciones 6
	1.1. Simbología 11
Capítulo:	2. Contexto normativo 17
Subcapítulo 1er Orden:	2.1. Normativas ecuatorianas de la construcción 17
Subcapítulo 2do Orden:	2.1.1. Normas ecuatorianas de la construcción 17
	2.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-AC 17
	3. Alcances y consideraciones generales 18

Gráfica 3: Parte de la tabla de contenido de la NEC-SE-AC; se puede notar que solo el Capítulo 2 tiene 3 niveles de organización. Obtenida de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

Analizando documentos similares (ANSI/AISC 360-10, ANSI/AISC 341-10, ANSI/AISC 358-10), estos tienen 4 niveles de organización, lo que permite incluir más subcapítulos al índice y por ende el lector puede ubicar esta información de manera más rápida.

Como ejemplo se analiza el tema “Arriostramiento especial en zonas de articulación plásticas” (NEC-SE-AC) o “Special Bracing at Plastic Hinge Locations” (ANSI/AISC 341-10).

En el caso del documento ANSI/AISC 341-10, este tema se encuentra en el cuarto nivel de organización y por ende se encuentra numerado y especificado en el índice. En el caso de la NEC-SE-AC este tema también se encuentra en el cuarto nivel de organización, pero no se encuentra ni numerado ni especificado en el índice. De hecho, el tercer nivel de organización correspondiente a este tema (Arriostramiento especial en zonas de articulación plásticas) tampoco está numerado ni indicado en el índice. A continuación, se presenta una tabla comparativa de la organización de este tema en ambos documentos.

ANSI/AISC 341-10		NEC-SE-AC	
D	GENERAL MEMBER AND CONNECTION DESIGN REQUIERMENTS	6.	Diseño de Miembros
D1.	Member Requirements	6.2	Clasificación de las secciones según su relación ancho-espesor
D1.2.	Stability Bracings of Beams	x	Arriostramiento para la estabilidad de vigas
D1.2.2.c	Special Bracings at Plastic Hinge Locations	x	Arriostramiento especial en zonas de articulaciones plásticas

Tabla 2: Cuadro comparativo de niveles de organización de temas.

Como puede notarse en la tabla 2, el tema “Arriostramiento especial en zonas de articulación plásticas” no tiene relación con el segundo nivel superior “Clasificación de las secciones según su relación ancho-espesor”, lo que indicaría que la organización pudo ser de la siguiente manera:

6.	Diseño de Miembros
6.1	Alcance
6.2	Clasificación de las secciones según su relación ancho-espesor
6.3	Arriostramiento para la estabilidad de vigas
6.3.1	Arriostramiento especial en zonas de articulaciones plásticas

Tabla 3: Organización posible de sección explicada anteriormente.

4.3. Formato de páginas

De manera similar a la numeración de capítulos y subcapítulos, una herramienta de gran utilidad es el formato de las páginas del documento. Como se puede ver en la gráfica 4, la AISC-341-10 hace uso del encabezado de sus páginas para indicar la numeración de la sección y/o capítulo, el nombre del subcapítulo de primer orden y el número de página donde el lector se encuentra.

Arriostramiento especial en zonas de articulaciones plásticas

Cuando sea requerido en las Secciones 8.1, 8.2 y 8.3, se deberá colocar un arriostramiento especial en las vigas en las zonas adyacentes donde se espera una articulación plástica. El arriostramiento debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Ambas alas de la viga deben estar arriostradas lateralmente o la sección transversal de la viga debe estar arriostrada torsionalmente.
- La resistencia axial requerida del arriostramiento lateral en cada ala en las zonas adyacentes a la articulación plástica debe ser:

Bajo los parámetros del método de diseño por factores de carga y resistencia (DFCR):

$$P_u = 0.06R_y F_y Z / (d - t_f)$$

Dónde:

- d Peralte del elemento
- F_y Mínimo esfuerzo de fluencia especificado para el tipo de acero usado
- R_y Factor de esfuerzo de fluencia probable
- t_f Espesor del ala de la viga
- Z Módulo plástico de sección

Bajo los parámetros de la resistencia admisible, R_n/Q, de acuerdo con el método de diseño por resistencia admisible (DRA):

$$P_u = 0.06R_y F_y Z / (d - t_f)$$

Dónde:

- d Peralte del elemento
- F_y Mínimo esfuerzo de fluencia especificado para el tipo de acero usado
- R_y Factor de esfuerzo de fluencia probable
- t_f Espesor del ala de la viga
- Z Módulo plástico de sección

- La resistencia requerida del arriostramiento torsional en las zonas adyacentes a la articulación plástica debe ser:

32

NEC-SE-AC pág. 32, Cap. 6.2

MEMBER REQUIREMENTS

9.1-15

Sect. D1.1

using the material properties of the steel section and r_y in the plane of buckling calculated based on the elastic transformed section.

2b. Highly Ductile Members

In addition to the requirements of Sections D1.2a(a)(1) and (2), and D1.2a(b)(1) and (2), the bracing of highly ductile beam members shall have a maximum spacing of $L_b = 0.086r_y E/F_y$. For concrete-encased composite beams, the material properties of the steel section shall be used and the calculation for r_y in the plane of buckling shall be based on the elastic transformed section.

2c. Special Bracing at Plastic Hinge Locations

Special bracing shall be located adjacent to expected *plastic hinge* locations where required by Chapters E, F, G or H.

(a) For structural steel beams, such bracing shall satisfy the following requirements:

- (1) Both flanges of beams shall be laterally braced or the member cross section shall be torsionally braced.
- (2) The *required strength* of lateral bracing of each flange provided adjacent to plastic hinges shall be:

$$P_u = 0.06R_y F_y Z/h_o \text{ (LRFD)} \tag{D1-4a}$$

or

$$P_u = (0.06/1.5)R_y F_y Z/h_o \text{ (ASD)} \tag{D1-4b}$$

where
 h_o = distance between flange centroids, in. (mm)

AISC 341-10 pág. 15, Cap. D1.2c.

Gráfica 4: Comparación de formato de páginas y niveles de organización entre NEC-SE-AC y AISC 341-10.

La NEC-SE-AC en cambio solo indica el nombre del subcapítulo sin numeración y en el pie de página el número de página correspondiente. Si la NEC-SE-AC mantuviera el orden de la AISC 341-10, el encabezado de sus páginas sería de la siguiente forma:

Capítulo 6	Diseño de miembros	Página 32
------------	--------------------	-----------

Tabla 4: Ejemplo de encabezado para NEC-SE-AC.

4.4. Errores en la redacción

Se han encontrado varios errores en la redacción de la NEC-SE-AC y se la irá mostrando secuencialmente por capítulos para facilidad de búsqueda.

A continuación, el listado de los errores encontrados:

1. Distribución de las disposiciones dadas por la NEC-SE-AC.
2. Repetición de numeración de subcapítulo.
3. Repetición de referencias adicionales a las Disposiciones de la AISC 360-10.
4. Error de redacción en título de subcapítulo.

5. Pie de página descuadrado.
6. Índice de Tablas con numeración desfasada.
7. Referencias equivocadas por desfase de Índice de Tablas.
8. Distancia de platinas de apoyo.

En el capítulo 1.1. “Introducción” se detalla cómo están organizadas las disposiciones de la NEC-SE-AC (ver gráfica 5); sin embargo, la lista no coincide exactamente con el Contenido, moviendo los temas a otra sección en algunos casos y omitiendo capítulos en otros.

- **Generalidades**
 - Introducción
 - Definiciones
- **Unidades y simbología**
- **Contexto normativo**
 - Normativas ecuatorianas de la construcción.
 - Normas extrajeras usadas para la norma NEC-SE- DS de las NEC
- **Alcances y consideraciones generales**
- **Bases de cálculo y Estados Limites**
- **Diseño de miembros**
- **Diseño de pórticos**
 - PEM
 - PEAC
 - PAE
- **Conexiones**
- **Control de calidad**
- **Referencias**
- **Apéndices**

Gráfica 5: Organización de las disposiciones por la NEC-SE-AC obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

A continuación, se presenta una tabla comparativa mostrando las inconsistencias encontradas:

CONTENIDO NEC-SE-AC	ORGANIZACIÓN DISPOSICIONES NEC-SE-AC
1. Generalidades 1.1. Introducción 1.2. Definiciones 1.3. Simbología	<ul style="list-style-type: none"> • Generalidades <ul style="list-style-type: none"> ○ Introducción ○ Definiciones
	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades y Simbología
2. Contexto normativo 2.1. Normativas ecuatorianas de la construcción 2.1.1. Normas ecuatorianas de la construcción 2.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-AC	<ul style="list-style-type: none"> • Contexto Normativo <ul style="list-style-type: none"> ○ Normativas ecuatorianas de la construcción ○ Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-AC
3. Alcances y consideraciones generales 3.1. Responsabilidades 3.2. Especificaciones técnicas y planos	<ul style="list-style-type: none"> • Alcances y consideraciones generales
4. Bases de cálculo y Estados Límites 4.1. Cargas y combinaciones de carga 4.2. Requerimientos generales de diseño 4.3. Diseño basado en factores de carga y resistencia (DFCR), y en diseño por resistencia admisible (DSA)	<ul style="list-style-type: none"> • Bases de Calculo y Estados Limites
5. Materiales 5.1. Especificaciones para los materiales 5.2. Resistencia probable del material 5.3. Tenacidad en secciones pesadas	
6. Diseño de miembros 6.1. Alcance 6.2. Clasificación de las secciones según su relación ancho-espesor	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de miembros
7. Diseño de conexiones, juntas y sujetadores 7.1. Alcance 7.2. Juntas empernadas 7.3. Juntas Soldadas 7.4. Empalmes de Columnas 7.5. Base de Columnas	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de pórticos <ul style="list-style-type: none"> ○ PEM ○ PEAC ○ PAE
8. Diseño de Pórticos 8.1. PEM 8.2. PEAC 8.3. PAE	<ul style="list-style-type: none"> • Conexiones

CONTENIDO NEC-SE-AC	ORGANIZACIÓN DISPOSICIONES NEC-SE-AC
9. Conexiones 9.1. Conexiones precalificadas para pórticos especiales a momento 9.2. Parámetros para el diseño de la conexión 9.3. Requerimientos de soldadura 9.4. Conexión con viga de sección reducida	
10. Planes de Control de Calidad y Garantía de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Control de Calidad
11. Especificaciones de Soldadura 11.1. Procedimientos para ensayos no destructivos 11.2. Especificaciones adicionales de soldadura 11.3. Especificaciones adicionales de soldadura para soldaduras de demanda crítica exclusivamente 11.4. Metal de aporte/ especificación para el ensayo de verificación de la tenacidad	
12. Referencias	<ul style="list-style-type: none"> • Referencias
13. Apéndices	<ul style="list-style-type: none"> • Apéndices

Tabla 5: Comparación de Índice y Distribución de Disposiciones de la NEC-SE-AC.

Organización con las correcciones realizadas:

1.	Generalidades
1.1.	Introducción
1.2.	Definiciones
1.3.	Simbología
2.	Contexto normativo
2.1.	Normativas ecuatorianas de la construcción
2.1.1.	Normas ecuatorianas de la construcción
2.2.	Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-AC
3.	Alcances y consideraciones generales
3.1.	Responsabilidades
3.2.	Especificaciones técnicas y planos
4.	Bases de cálculo y Estados Límites
4.1.	Cargas y combinaciones de carga
4.2.	Requerimientos generales de diseño
4.3.	Diseño basado en factores de carga y resistencia (DFCR), y en diseño por resistencia admisible (DRA)
5.	Materiales
5.1.	Especificaciones para los materiales
5.2.	Resistencia probable del material
5.3.	Tenacidad en secciones pesadas
6.	Diseño de miembros
6.1.	Alcance
6.2.	Clasificación de las secciones según su relación ancho-espesor
7.	Diseño de conexiones, juntas y sujetadores
7.1.	Alcance
7.2.	Juntas empernadas
7.3.	Juntas Soldadas
7.4.	Empalmes de Columnas
7.5.	Base de Columnas
8.	Diseño de Pórticos
8.1.	PEM
8.2.	PEAC
8.3.	PAE
9.	Conexiones
9.1.	Conexiones precalificadas para pórticos especiales a momento
9.2.	Parámetros para el diseño de la conexión
9.3.	Requerimientos de soldadura
9.4.	Conexión con viga de sección reducida
10.	Planes de Control de Calidad y Garantía de Calidad
11.	Especificaciones de Soldadura
11.1.	Procedimientos para ensayos no destructivos
11.2.	Especificaciones adicionales de soldadura
11.3.	Especificaciones adicionales de soldadura para soldaduras de demanda crítica exclusivamente
11.4.	Metal de aporte/ especificación para el ensayo de verificación de la tenacidad
12.	Referencias
13.	Apéndices

Gráfica 6: Distribución correcta para mostrar la organización de las Disposiciones.

Otro error encontrado en la NEC-SE-AC en su Capítulo 1 (Generalidades) es la repetición la numeración del subcapítulo 1.1, cuando “Simbología” debería tener la numeración **1.3**. (Ver error en gráfica 7).

CONTENIDO

1.	Generalidades	6
1.1.	Introducción	6
1.2.	Definiciones	6
1.1.	Simbología	11

Gráfica 7: Parte de Tabla de contenido que indica el error en la redacción del subcapítulo 1.3 obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

En el capítulo 2.2. “*Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-AC*” se detallan las especificaciones y códigos adicionales a los listados en las **Disposiciones de la AISC 360-10** que son utilizadas en la NEC-SE-AC. Curiosamente un documento “adicional” que forma parte de la lista es la misma especificación ANSI/AISC 360-10 (ver gráfica 8). Así mismo, se incluyen otros 4 documentos que sí están en la especificación ANSI/AISC 360-10, y por ende no deberían ser considerados como “adicionales” (ver gráfica 8). Finalmente, en la misma sección, existe un error en el último documento en la lista de adiciones, FEMA 350, la cual no fue publicada en Julio sino en junio (ver gráfica 9).

2.2. Normas extranjeras usadas para la norma NEC-SE-AC

Las Disposiciones que se presentan en este capítulo se basan en las disposiciones presentadas en los documentos ANSI/AISC 341-05, ANSI/AISC 341-10 (*Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*), 358-05 (*Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*) y FEMA 350 (*Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment Frame Buildings*). Estos documentos reflejan el conocimiento más actualizado en relación al desempeño sísmico de edificios de acero estructural en los Estados Unidos de Norteamérica.

Las especificaciones y códigos referenciados en estas Disposiciones serán los listados en la Sección A2 de la ANSI/AISC 360-10 con las siguientes adiciones:

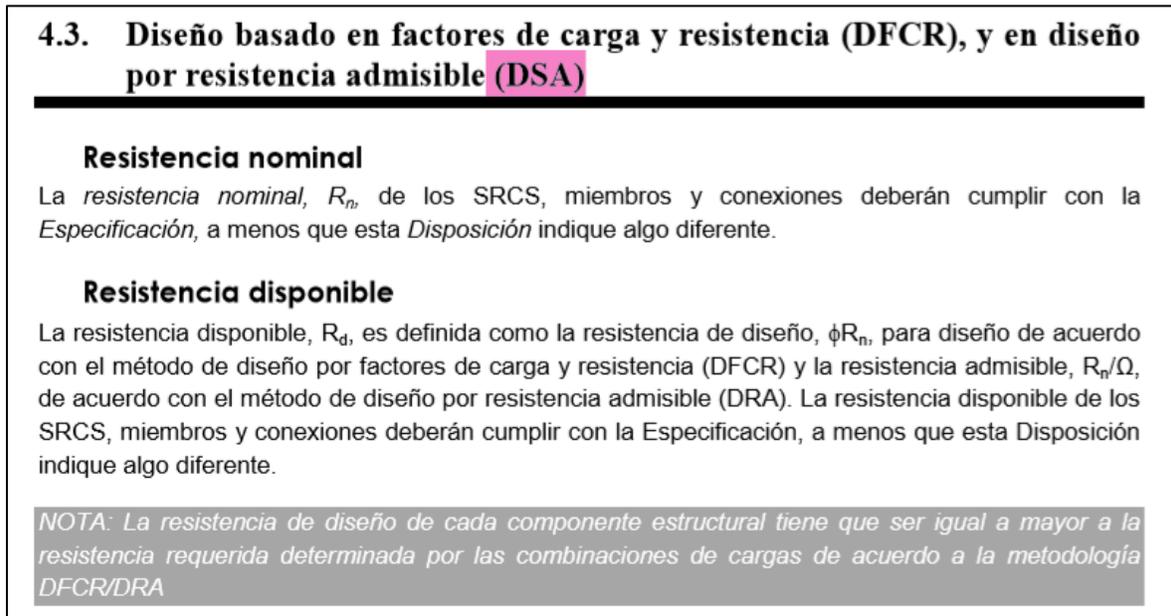
Abreviación	Nombre y detalles
ANSI/AISC 360-10	Specification for Structural Steel Buildings (American Institute of Steel Construction (AISC))

Gráfica 8: Repite la AISC360-10, la enlista como norma adicional, lo que lo vuelve redundante obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015)..

Abreviación	Nombre y detalles
ANSI/AISC 358-10	Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications (American Institute of Steel Construction (AISC))
ANSI/AISC 341-05	Seismic Provisions for Structural Buildings
ANSI/AISC 341-10	Seismic Provisions for Structural Buildings (American Institute of Steel Construction (AISC))
AWS D1.8/D1.8M: 2009	Structural Welding Code-Seismic Supplement (American Welding Society (AWS))
ANSI/AWS B4.0M:2000	Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (Metric Customary Units) (American Welding Society (AWS))
ANSI/AWS B4.0:2007	Standard Methods for Mechanical Testing of Welds (U.S. Customary Units) (American Welding Society (AWS))
ASNT SNT TC 1a-2001	Recommended Practice for the Training and Testing of Nondestructive Testing Personnel (American Society for Nondestructive Testing (ASNT))
AWS B5.1-2003	Specification for the Qualification of Welding Inspectors
FEMA 350, July 2000	Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings (Federal Emergency Management Agency (FEMA))

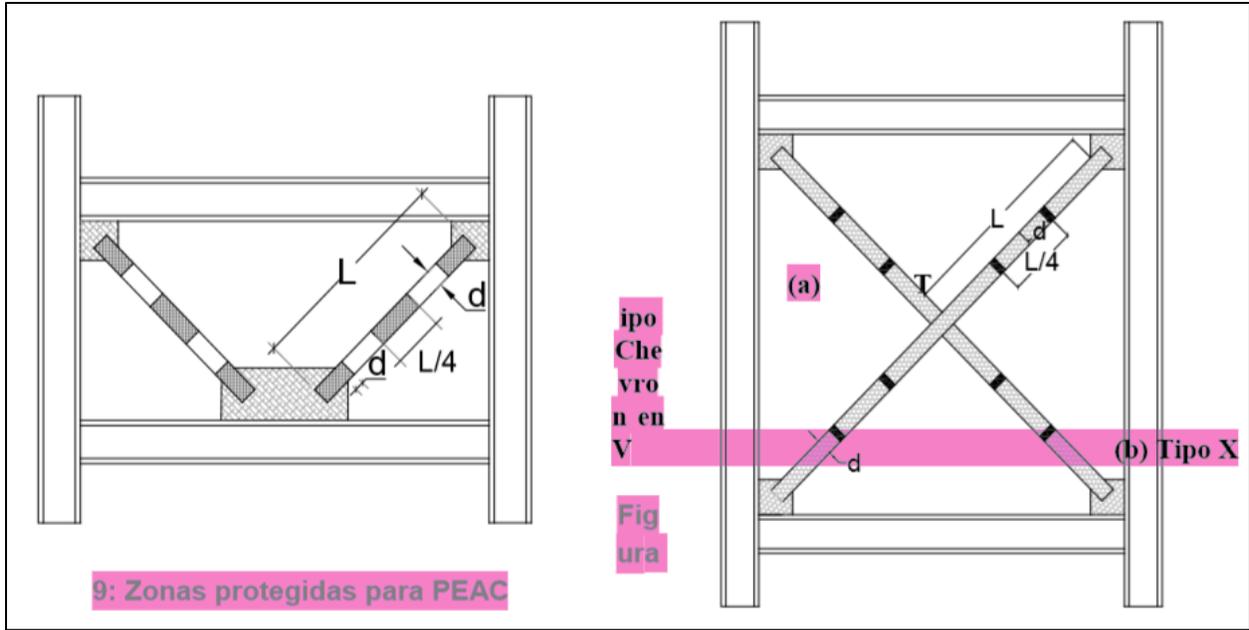
Gráfica 9: Normas que se encuentran incluidas en la sección A2 de la AISC 360-10 obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

En el capítulo 4 (Bases de cálculo y Estados límites) de la NEC-SE-AC, el error de redacción se encuentra en el título de la sección 4.3; y como consecuencia en el “Contenido” o Índice. El error consiste en la sigla de “diseño por resistencia admisible” la cual es DRA y en el título se colocó DSA (ver gráfica 10).



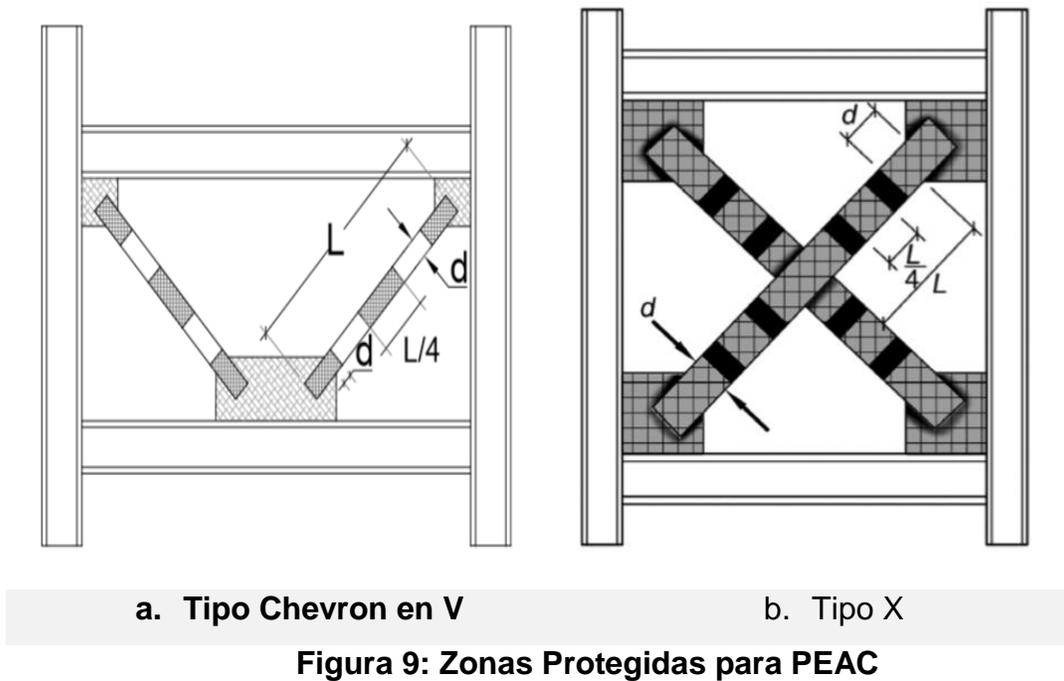
Gráfica 10: Captura de capítulo 4.3 donde muestra error de redacción obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

Luego en la sección 8.2 (Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente) en el subcapítulo **Zonas Protegidas** es ilustrada la Figura 9, sin embargo, su pie de imagen esta descuadrada con respecto a la imagen. Ver Gráfica 11.



Gráfica 11: Figura 9 de la NEC-SE-AC obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

La manera correcta de referencias las figuras debieron ser esta:



Gráfica 12: Ejemplos obtenidos de (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, 2010).

Otro error de tipo encontrado fue en el capítulo 10 “Planes de Control de Calidad y Garantía de Calidad” en la sección **Ensayos no destructivos (end) de soldaduras** donde indica los ensayos No Destructivos requeridos, entre los requerimientos se encuentran los **Ensayos No Destructivos (END) para Desgarre Laminar o Laminaciones en el metal base**. Este requerimiento muestra un error al referenciar la Tabla 5.2 de la AWS D1.1. cuando debería ser la **Tabla 6.2** de la AWS D1.1., referencia que fue comprobada tanto en la AISC 341-05 donde indica la tabla correcta como en la AWS D1.1.

Table 6.2													
UT Acceptance-Rejection Criteria (Statically Loaded Nontubular Connections)													
(see 6.13.1 and C-6.26.6)													
Discontinuity Severity Class	Weld Size ^a in inches [mm] and Search Unit Angle												
	5/16 through 3/4 [8-20]		> 3/4 through 1-1/2 [20-38]		> 1-1/2 through 2-1/2 [38-65]			> 2-1/2 through 4 [65-100]			> 4 through 8 [100-200]		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°		
Class A	+5 & lower	+2 & lower	-2 & lower	+1 & lower	+3 & lower	-5 & lower	-2 & lower	0 & lower	-7 & lower	-4 & lower	-1 & lower		
Class B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1		
Class C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2 to +2	+1 +2	+3 +4	-4 to +2	-1 to +2	+2 +3		
Class D	+8 & up	+5 & up	+3 & up	+6 & up	+8 & up	+3 & up	+3 & up	+5 & up	+3 & up	+3 & up	+4 & up		

^a Weld size in butt joints shall be the nominal thickness of the thinner of the two parts being joined.

Notes:

- Class B and C discontinuities shall be separated by at least 2L, L being the length of the longer discontinuity, except that when two or more such discontinuities are not separated by at least 2L, but the combined length of discontinuities and their separation distance is equal to or less than the maximum allowable length under the provisions of Class B or C, the discontinuity shall be considered a single acceptable discontinuity.
- Class B and C discontinuities shall not begin at a distance less than 2L from weld ends carrying primary tensile stress, L being the discontinuity length.
- Discontinuities detected at “scanning level” in the root face area of CJP double groove weld joints shall be evaluated using an indication rating 4 dB more sensitive than described in 6.26.6.5 when such welds are designated as “tension welds” on the drawing (subtract 4 dB from the indication rating “d”). This shall not apply if the weld joint is backgouged to sound metal to remove the root face and MT used to verify that the root face has been removed.
- ESW or EGW: Discontinuities detected at “scanning level” which exceed 2 in [50 mm] in length shall be suspected as being piping porosity and shall be further evaluated with radiography.
- For indications that remain on the display as the search unit is moved, refer to 6.13.1.

	Scanning Levels	
	Sound path ^b in inches [mm]	Above Zero Reference, dB
Class A (large discontinuities) Any indication in this category shall be rejected (regardless of length).		
Class B (medium discontinuities) Any indication in this category having a length greater than 3/4 in [20 mm] shall be rejected.		
Class C (small discontinuities) Any indication in this category having a length greater than 2 in [50 mm] shall be rejected.	through 2-1/2 [65 mm]	14
	> 2-1/2 through 5 [65-125 mm]	19
	> 5 through 10 [125-250 mm]	29
	> 10 through 15 [250-380 mm]	39
Class D (minor discontinuities) Any indication in this category shall be accepted regardless of length or location in the weld.		

^b This column refers to sound path distance; NOT material thickness.

Tabla 6: Obtenida de (American Welding Society (AWS) D1 Committee on Structural Welding, 2009).

En el capítulo 11.2 (Especificaciones adicionales de Soldadura) en la sección **Platinas de Respaldo (weld tabs)** indica que:

Donde sea práctico, las platinas de apoyo de soldadura se deberán extender más allá del borde de la unión un valor correspondiente al mayor de entre:

- 250 milímetros.
- El espesor del metal base a unir.

Gráfica 13: Error resaltado en sección mencionada, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

El error que presenta la NEC-SE-AC es que el primer valor no es 250 como se muestra en la gráfica 18, si no **25 mm** que equivale a 1 pulgada como lo dice la norma extranjera AISC 341-10.

En el **Índice de Tablas**, aunque los títulos son correctos, la numeración de las tablas después de la Tabla 4 es incorrecta. En la gráfica 13 se muestra el error en la tabla y como debería ser su corrección.

Índice de tablas	
Tabla 1:	Valores de Factores de Fluencia y Tensión Probables para las planchas de los aceros ASTM A36, A572 Gr.50 y A588 Gr.50..... 25
Tabla 2:	Resumen de las Propiedades de las planchas de Acero Evaluadas (Tomado de Cassagne 2009)..... 26
Tabla 3:	Propiedades a Tensión Especificadas por la Norma ASTM (Tomado de las Especificaciones ASTM 2005)..... 26
Tabla 4:	Máximas Relaciones Ancho-Espesor para Elementos a Compresión (Adoptado de ANSI/AISC 341-10) 30
Tabla 5:	Tabla 7: Tareas de Inspección Visual antes de Soldar 106
Tabla 6:	Tabla 8: Tareas de Inspección Visual durante la Soldadura 107
Tabla 7:	Tabla 9: Tareas de Inspección antes del Empernado 107
Tabla 8:	Tabla 10: Tareas de Inspección durante el Empernado 108
Tabla 9:	Tabla 11: Tareas de Inspección después del Empernado 108
Tabla 10:	Tabla 12: Otras Tareas de Inspección 108
Tabla 11:	Tabla 13: Ensayo de Soldadura para Verificación de Tenacidad y Condiciones de Pre calentamiento 109

Gráfica 14: Índice de tablas, (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

Ya que el índice de tablas se encuentra desfasado crea incoherencia en las referencias de las tablas nombradas en el capítulo 10 “Planes de Control de Calidad y Garantía de

Calidad”, capítulo 11.4 “Metal de aporte/ especificación para el ensayo de verificación de la tenacidad” y el capítulo 13 “Apéndices”, se mostrarán los errores de cada sección y sus correcciones. (Ver gráficas 14 y 15).

<p>Inspección de tareas de empernado</p> <p>La observación de las tareas de empernado deberá ser el método fundamental utilizado para confirmar que los procedimientos, materiales y mano de obra de ejecución incorporados en la construcción son aquellos que han sido especificados y aprobados para el proyecto. Como mínimo, las tareas a ejecutar son las que se presentan en la Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11, que se encuentran en los apéndices.</p> <p>Otras inspecciones</p> <p>Donde sean aplicables, las siguientes tareas de inspección presentadas en la Tabla 12, que se encuentra en los apéndices, deberán ser realizadas.</p>

Gráfica 15: Capítulo 10 de la NEC-SE-AC, subcapítulos afectados en su literatura por el desfase en el índice de tablas, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

Lo correcto en el capítulo 10 (página 96) debió ser:

*“...las tareas a ejecutar son las que se presentan en la **Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9**, que se encuentran en los apéndices”.*

*“...las siguientes tareas de inspección presentadas en la **Tabla 10**, que se encuentra...”*

<p>Condiciones de ensayo</p> <p>Los ensayos deberán ser realizados en el rango de entregas térmicas para el cual el metal de aporte será calificado bajo la Especificación de Procedimiento de soldadura (PrS). Es recomendable que los ensayos sean realizados para los menores valores de entrega térmica indicados en la Tabla I-X-1 del Código ANSI/AISC 341-05, la misma que se reproduce en la Tabla 5 los apéndices.</p>

Gráfica 16: Capítulo 11.4 de la NEC-SE-AC, sección "Condiciones de Ensayo", obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

De igual manera en el Capítulo 11.4 (página 101) en lugar de Tabla 5 debería ser **Tabla 11**.

13. Apéndices

Puntos y frecuencias de inspección

Los puntos y frecuencias de inspección para el Control de Calidad (PCC) y las tareas y documentos generados por la Garantía de Calidad (PGC) para los Sistemas Resistentes a Cargas Sísmicas (SRCS) deberán seguir lo proporcionado en las siguientes tablas:

- Tareas de Inspección Visual antes de Soldar.
- Tareas de Inspección Visual durante la Operación de Soldadura.
- Tareas de Inspección Visual después de Soldar.

Las siguientes siglas son usadas en las tablas:

OBSERVAR (O) - El Inspector deberá observar todos los procesos diariamente, en forma aleatoria. Las operaciones de soldadura no deberán tener observaciones pendientes.

EJECUTAR (E) - Las inspecciones y la ejecución de ensayos no destructivos (END) deberán ser realizadas antes de la aceptación final del ítem. Cuando la tarea vaya a ser revisada tanto por el Control de Calidad (PCC) como por la Garantía de Calidad (PGC), será permitido coordinar ambas funciones, de manera que sea ejecutada por sólo una de las partes. Cuando la función de Garantía de Calidad (PGC) dependa de las funciones de inspección ejecutadas por el Control de Calidad (PCC), se requiere de la aprobación del Fiscalizador de Estructuras y de la Autoridad competente.

DOCUMENTAR (D) – El Inspector deberá preparar informes indicando que el trabajo ha sido ejecutado en conformidad con los documentos contractuales. El informe no necesita que sean proporcionadas medidas detalladas de preparación de juntas, Procedimientos de soldadura (PrS), soldaduras terminadas u otros puntos individuales indicados en las Tablas de los apéndices (Tabla 7 hasta Tabla 12) sobre: **Inspección visual de soldadura, Inspección de tareas de empernado y Otras inspecciones**. Para la fabricación en Taller, el informe deberá indicar la marca del elemento inspeccionado. Para el trabajo de montaje, el reporte indicará el o los ejes de referencia y el piso o nivel inspeccionado. El trabajo que no esté en conformidad con los documentos contractuales y los trabajos que inicialmente no hayan sido aprobados y que después hayan sido satisfactoriamente reparados deberán constar en el reporte de inspección.

Gráfica 17: Capítulo 13 de la NEC-SE-AC donde muestra errores resaltados, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

En DOCUMENTAR (D), debió ser:

“.....indicados en las Tablas de los apéndices (**Tabla 5 hasta la Tabla 11**) ...”.

Así como el desfase de las tablas que crea errores al momento de referenciar la tabla correspondiente, así también se presenta en la NEC-SE-AC el error en el Capítulo 10 (Planes de Control de Calidad y Garantía de Calidad) en la sección de **Puntos y**

frecuencia de inspección, menciona 3 tablas las cuales son Tareas de inspección Visual para *antes, durante y después* de Soldar.

Estas tareas son correctas pues la AISC 341-10 las menciona y presenta dichas tablas, sin embargo, el error o problema radica en la NEC-SE-AC ya que no presenta la tabla de “Tareas de Inspección Visual *después* de Soldar” por ende tampoco se encuentra en el capítulo 13 (Apéndices) ya que dicha tabla no existe, tan solo es mencionada (Ver gráfica 17).

A continuación, se mostrará la tabla faltante obtenida de la AISC 341:

70		PART I – QUALITY ASSURANCE PLAN		[App. Q.]	
Visual Inspection Tasks After Welding	QC		QA		
	Task	Doc.	Task	Doc.	
Welds cleaned	O	–	O	–	
Welder identification legible	O	–	O	–	
Verify size, length, and location of welds	O	–	O	–	
Visually inspect welds to acceptance criteria	P	D	P	D	
– Crack prohibition					
– Weld/base-metal fusion					
– Crater cross-section					
– Weld profiles					
– Weld size					
– Undercut					
– Porosity	P	D	P	D	
Placement of reinforcement fillets					
Backing bars removed and weld tabs removed and finished (if required)	P	D	P	D	
Repair activities	P	–	P	D	

Gráfica 18: Tabla de Tareas de Inspección Visual después de Soldar obtenida de (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, 2010).

4.5. Mezcla de comentarios con especificaciones

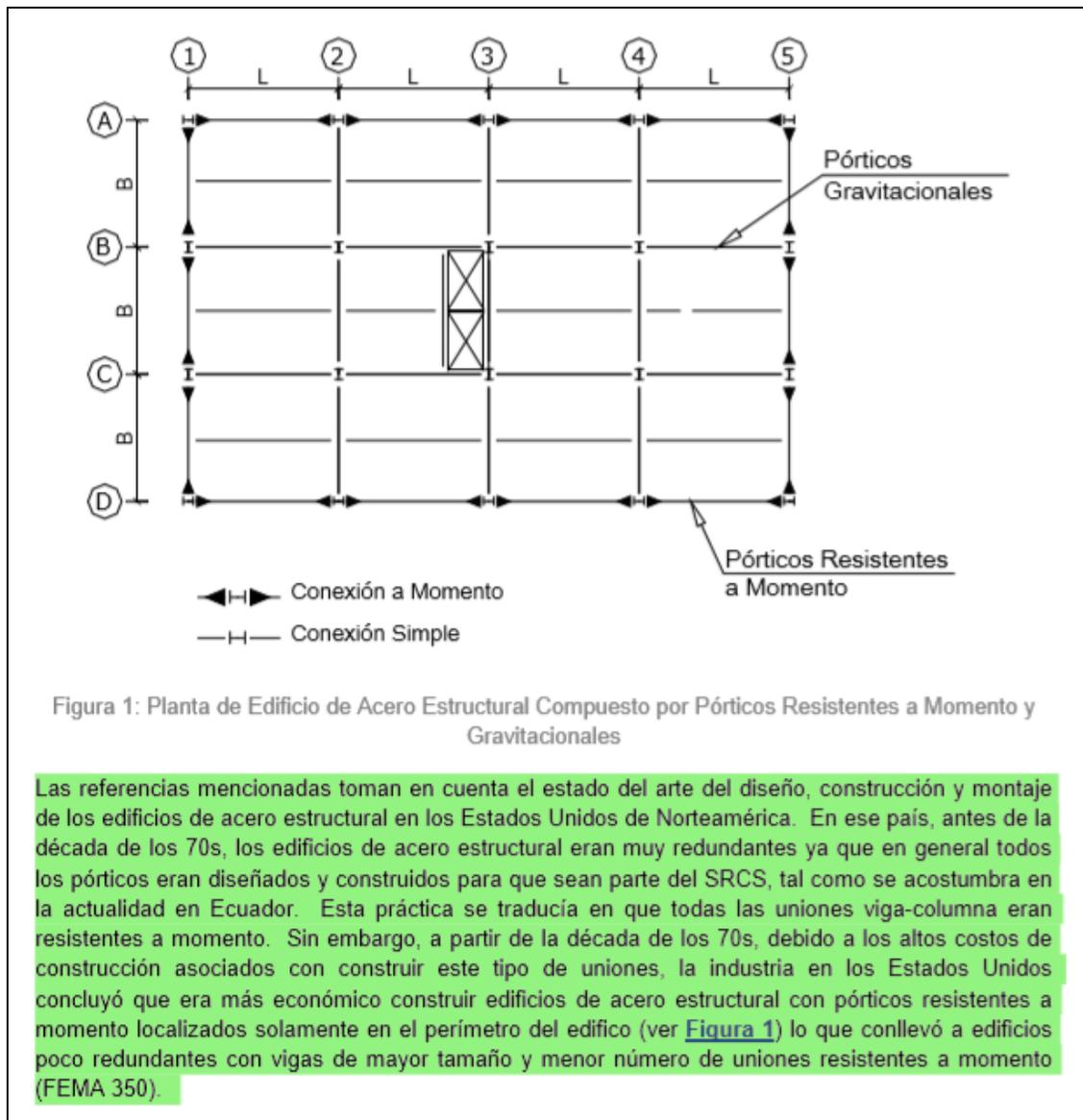
Una buena práctica adoptada por muchas normas internacionales es la de separar los comentarios de las especificaciones. Esto permite al lector dirigirse directamente a las normas que debe cumplir, y solo en el caso de requerir una mayor explicación de las especificaciones de interés, tenga que leer los comentarios al respecto de dicha especificación.

Esta práctica no fue adoptada por la NEC-SE-AC ya que no existe una sección donde se muestren los comentarios de cada capítulo o subcapítulo. Estas secciones suelen estar en una columna paralela a las especificaciones, en una sección al final de todas las especificaciones o en el pie de página de la especificación en referencia.

A continuación, se procederá a indicar donde se han encontrado comentarios dentro de especificaciones y se las detallará por capítulo para facilidad de búsqueda.

En el capítulo 3 “Alcances y consideraciones generales” de la NEC-SE-AC, hace referencia a la modalidad de construcción muy redundante que tenía Estados Unidos hasta la década de los 70s ya que todos los pórticos eran parte del *Sistema Resistentes a Cargas Sísmicas* (SRCS), sin embargo, por los altos costos constructivos se procedió a diseñar pórticos con SRCS solamente en el perímetro de la estructura.

El mismo diseño que se usaba hasta la década de los 70s, es el que se usa hoy en día en nuestro país. La explicación de esta diferencia de sistemas estructurales es correcta mencionarla ya que la NEC-SE-AC hace referencia a las normas extranjeras para su literatura, pero separado de la especificación.



Gráfica 19: Comentario incluido en especificación, capítulo 3, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

En el capítulo 5 de la NEC-SE-AC, se encuentran 3 secciones con mezclas de comentarios y especificaciones:

1. Sección 5.2. "Resistencia probable del material", donde hay un subcapítulo llamado **Metodología de Diseño por Capacidad** donde indican que sistemas como el PEAC y PAE usan esta metodología. Y detallan como funciona, que se requiere entre otras características.

Este párrafo es determinado como comentario ya que no es una especificación a la cual el diseñador se tiene que regir, es más bien una explicación del porque se diseña de esa manera los sistemas mencionados (ver gráfica 20).

5.2. Resistencia probable del material

Metodología de Diseño por Capacidad

Las *Disposiciones* emplean una metodología para varios sistemas (por ejemplo, *pórticos especiales a momento*, *pórticos especiales arriostrados concéntricamente* y *pórticos arriostrados excéntricamente*) que esencialmente es un "Diseño por Capacidad". En el diseño por capacidad, la resistencia requerida en la mayoría de los elementos es determinada en base a las fuerzas correspondientes a la capacidad probable (resistencia disponible) de ciertos miembros designados como cedentes (fusibles). Algunos de estos miembros incluyen las regiones de articulaciones plásticas en pórticos especiales a momento, las diagonales de pórticos especiales arriostrados concéntricamente y los vínculos en pórticos arriostrados excéntricamente. Esta metodología sirve para confinar demandas de ductilidad en miembros que tienen requerimientos específicos para asegurar comportamiento dúctil; además, la metodología sirve para asegurar que dentro del miembro gobierne el deseado modo dúctil de fluencia mientras que los modos no dúctiles se excluyen (ANSI/AISC 341-05).

Esta metodología de diseño por capacidad requiere una estimación realística de la *resistencia probable* de los miembros designados como cedentes. Con este propósito, se introducen a continuación los conceptos de *esfuerzo de fluencia probable*, *resistencia a la fluencia probable* y *resistencia a la tensión probable*.

Gráfica 20: Subcapítulo "metodología de Diseño por Capacidad", obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

2. En la misma sección 5.2, pero ahora en el subcapítulo llamado **Valores de R_y y R_t** . Aquí se indican los valores de estos factores antes mencionados en los capítulos 2 y 3 de este trabajo de grado, pero la NEC-SE-AC no solo indica los valores, sino que también explican de donde son obtenidos, información que es correcta conocerla, pero no como especificación si no como referencia en un comentario apartado (ver gráficas 21 y 22).

NOTA: Los valores de los esfuerzos de fluencia y de la resistencia a la tensión de los aceros típicamente exceden los valores mínimos estipulados en las especificaciones ASTM. Para calibrar el rango de variación entre los valores de esfuerzos de fluencia y de la resistencia a la tensión de los aceros utilizados en el diseño y los valores reales, Cassagne 2009 realizó un análisis estadístico de las propiedades mecánicas reales de los aceros (planchas) utilizados en la ciudad de Guayaquil para la construcción de edificios y puentes. El análisis se basó en los certificados de fábrica emitidos por las acereras y los esfuerzos mínimos dados por las especificaciones ASTM. Los certificados de fábrica fueron proporcionados por seis de las principales distribuidoras de acero de la ciudad de Guayaquil. De un total de 2816 certificados, 2136 correspondían al material ASTM A36, 363

Gráfica 21: Comentario explicando de donde son obtenidos los valores de R_y y R_t , obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

correspondían al material ASTM A572 Gr 50 y 317 correspondían al material ASTM A588 Gr 50. La Tabla 2 presenta un resumen de las propiedades a tensión de los aceros evaluados en el análisis estadístico realizado por Cassagne mientras que la Tabla 3 presenta las propiedades a tensión especificadas por la ASTM.

Especificación ASTM		Mínimo (ksi)	Media (ksi)	Máximo (ksi)
ASTM A36	Esfuerzo de Fluencia	36.00	47.12	63.00
	Resistencia a la Tensión	51.00	64.76	84.00
	F_y/F_u (%)	56.00	73.00	98.00
ASTM A572 Gr 50	Esfuerzo de Fluencia	49.00	55.36	70.00
	Resistencia a la Tensión	67.00	82.26	94.00
	F_y/F_u (%)	59.00	67.00	82.00
ASTM A588 Gr 50	Esfuerzo de Fluencia	50.00	58.38	73.00
	Resistencia a la Tensión	71.00	81.26	90.00
	F_y/F_u (%)	62.00	72.00	87.00

Tabla 2: Resumen de las Propiedades de las Planchas de Acero Evaluadas (Tomado de Cassagne 2009)

Especificación ASTM	Esfuerzo de Fluencia (F_y) (ksi)	Resistencia a la Tensión (F_u) (ksi)
ASTM A36	36	58 - 80
ASTM A572 Gr 50	50	65
ASTM A588 Gr 50	50	70

Tabla 3: Propiedades a Tensión Especificadas por la Norma ASTM (Tomado de las Especificaciones ASTM 2005)

El Factor de Esfuerzo de Fluencia Probable (R_y), se lo obtuvo mediante los resultados del análisis estadístico. Los valores medios de los esfuerzos de fluencia de los aceros ASTM A36, A572 Gr 50 y A588 Gr 50, fueron divididos para los valores mínimos de esfuerzos de fluencia estipulados en las especificaciones ASTM de cada acero. De igual manera, el Factor de Resistencia a la Tensión Probable (R_t) se lo obtuvo con la relación de los valores medios de las resistencias a la tensión de los aceros evaluados y las resistencias a la tensión estipuladas en las especificaciones ASTM.

Gráfica 22: (continuación) Comentario explicando de donde son obtenidos los valores de R_y y R_t , obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

3. Sección 5.3 de la NEC-SE-AC “Tenacidad en secciones pesadas” donde habla de un ejemplo de placas de conexión en donde se espera comportamiento inelástico. No es una especificación en su totalidad, más bien es una referencia de donde se espera un comportamiento (ver gráfica 23).

Ejemplos de placas de conexión en donde se espera comportamiento inelástico incluyen a placas gusset diseñadas para actuar como articulación que permiten pandeo de los arriostramientos fuera del plano; algunas cubreplacas empernadas para conexiones a momento; algunas placas extremas para conexiones a momento empernadas y algunas placas base en columnas articuladas.

Gráfica 23: Comentario realizado en la sección 5.3 "Tenacidad en secciones pesadas", obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

En el capítulo 6 de la NEC-SE-AC, sección 6.2. “*Clasificación de las secciones según su ancho-espesor*”, se encuentra un subcapítulo llamado **Secciones sísmicamente compactas** donde sus dos primeros párrafos forman parte de la especificación a cumplir, el resto de la explicación de este subcapítulo es más bien comentarios donde indican que este tipo de miembros son adecuados para ductilidades 6 a 7 las relaciones dadas fueron recomendaciones estipuladas en el FEMA 350. También que se hicieron ensayos para determinar su relación ancho-espesor para Pilotes H, toda esa información es necesaria separarla de las especificaciones (ver gráfica 24).

Secciones Sísmicamente Compactas

Cuando sea requerido por estas *Disposiciones*, los miembros del SRCS deben tener alas continuamente conectadas al alma o almas y las relaciones ancho-espesor de sus elementos a compresión no deben exceder las relaciones máximas ancho-espesor, λ_{ps} , de la [Tabla 4](#).

Las *Disposiciones* contenidas en este capítulo para el diseño de miembros en sistemas estructurales especiales (tales como *pórticos a momento*, *pórticos especiales arriostrados concéntricamente* y *pórticos arriostrados excéntricamente*) referencian específicamente a la [Tabla 4](#).

Para proporcionar grandes niveles de deformaciones inelásticas en aquellos SRCS que requieren altos niveles de inelasticidad, las alas de los miembros deben estar continuamente conectadas al alma (o almas). Adicionalmente, las relaciones ancho-espesor de los elementos a compresión deben ser menores o iguales que aquellas relaciones que son resistentes al pandeo local cuando los elementos a compresión son esforzados en el rango inelástico. A pesar de que las relaciones ancho-espesor para miembros compactos, λ_p , dadas en la Tabla B4.1 de la *Especificación AISC 360-10*, son suficientes para prevenir el pandeo local antes de iniciar la zona de endurecimiento por deformación, los resultados de los ensayos disponibles sugieren que estas relaciones máximas no son adecuadas para un buen desempeño sísmico en algunos de los SRCS.

Las relaciones máximas ancho-espesor para miembros sísmicamente compactos, λ_{ps} , dadas en la [Tabla 4](#) son considerados adecuados para ductilidades de 6 a 7 (ANSI/AISC 341-05). Las relaciones máximas ancho-espesor para miembros sísmicamente compactos para almas de vigas ($C_a = 0$) fueron recomendadas para cumplir con las recomendaciones estipuladas en FEMA 350.

En el caso de pilotes H de acero, durante la etapa de servicio, el pilote está fundamentalmente sujeto a compresión axial y actúa como una columna cargada axialmente. Por lo tanto, la relación máxima b/t dada en la Tabla B4.1 de la *Especificación AISC 360-10* debería ser adecuada. Durante un sismo severo, debido a los movimientos laterales del cabezal de los pilotes y de la cimentación, el pilote H de acero se convierte en un miembro viga-columna y podría tener que resistir grandes momentos flectores y consecuentemente experimentar levantamiento. Ensayos cíclicos (Astaneh-Asl y Ravat, 1977) indicaron que el pandeo local de los pilotes que cumplían con las relaciones ancho-espesor de la [Tabla 4](#) ocurría después de muchos ciclos de carga. Adicionalmente, este pandeo local no tuvo mucho efecto en el desempeño del pilote durante el ensayo cíclico o después de haber finalizado el mismo.

Gráfica 24: Especificaciones y Comentarios en la misma sección, capítulo 6.2, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

En la misma sección, pero ahora en el subcapítulo llamado “**Pilotes H**” y “**Pilotes Inclinaados**” se encuentra así mismo, comentarios de estudios del desempeño sísmico y ensayos cíclicos para determinar el diseño adecuado sismo resistente. Información no necesaria para el diseñador, información que se la podría leer como información extra en la sección de comentarios (ver gráfica 25).

Pilotes H

Generalidades

Las disposiciones para el diseño sísmico de pilotes H se basan en los resultados a partir del comportamiento actual de pilotes H durante sismos recientes, que incluyen el sismo de Northridge de

1994, y los resultados de ensayos cíclicos de pilotes a escala real. En el programa experimental, cinco pilotes H (tres verticales y dos inclinados) a escala real fueron sujetos a desplazamientos cíclicos verticales y horizontales que se espera pudieran ocurrir en un sismo severo.

Durante los ensayos cíclicos de los tres pilotes verticales, una articulación plástica estable y dúctil se formó en el pilote de acero inmediatamente abajo del cabezal de concreto reforzado. Cuando se aplicaron grandes ciclos inelásticos, las alas se pandearon localmente en la zona de la articulación plástica. Los pilotes verticales resistieron de 40 a 65 desplazamientos cíclicos inelásticos horizontales y verticales con rotaciones de las articulaciones plásticas mayores a 0.06 radianes por más de 20 ciclos. Posteriormente, fractura en las alas debido a fatiga de bajo ciclaje o pandeo global del pilote ocurrió.

Diseño

El diseño de los pilotes H debe cumplir con las disposiciones de la *Especificación AISC 360-10* relacionadas con el diseño de miembros sujetos a cargas combinadas. Los pilotes H deben cumplir con los requerimientos de la Sección [6](#) (Pilotes H).

Pilotes Inclinados

Un estudio del desempeño sísmico de pilotes H durante el sismo de Northridge de 1994 realizado por Astaneh-Asl y otros (1994) reveló un excelente desempeño para grupos de pilotes con pilotes verticales solamente. Sin embargo, los especímenes con pilotes inclinados no tuvieron la gran ductilidad que presentaron los pilotes verticales. Los pilotes inclinados toleraron de 7 a 17 grandes ciclos inelásticos antes de que fallaran. Por esta razón, cuando existan pilotes inclinados y verticales en un grupo de pilotes, los pilotes verticales deben diseñarse considerando los efectos de las cargas muertas y vivas excluyendo la participación de los pilotes inclinados.

Gráfica 25: Información subrayada con verde indica la ubicación del comentario, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

En el capítulo 9 de la NEC-SE-AC, sección 9.1. “*Conexiones precalificadas para pórticos especiales a momento*”, se encuentra un subcapítulo llamado **Antecedentes** donde explica una breve historia de lo que pasó con los pórticos especiales a momento luego del Sismo de Northridge de 1994.

Esta información, aunque importante, no es necesaria para que el lector pueda poner en práctica las especificaciones de este capítulo; sin embargo, al estar incluida dentro de

las especificaciones, es de obligatoria lectura para todo aquel que esté interesado en este capítulo, haciendo que el lector “pierda tiempo” en algo que no es estrictamente necesario conocer. En la gráfica 26 se muestra el subcapítulo Antecedentes de la sección 9.1, donde se puede notar la extensión de dicho tema.

Todo el antecedente expuesto en este capítulo es obtenido de la AISC 358-05, en los comentarios acerca de su índice, explica todo lo que la NEC-SE-AC resumió.

Antecedentes

En el Sismo de Northridge de 1994, varias decenas de edificios de acero con pórticos especiales a momento experimentaron fracturas frágiles, las mismas que se iniciaron en las juntas soldadas de las alas de las vigas a las alas de las columnas de las conexiones a momento. La **Figura 14** presenta dos de las fracturas típicas observadas durante el Sismo de Northridge. Estas fracturas frágiles fueron sorprendentes y diferentes al comportamiento de fluencia dúctil que se esperaba en las zonas de articulaciones plásticas dúctiles. Estas fracturas frágiles impidieron la formación de zonas de articulaciones plásticas dúctiles, resultando en un desempeño sísmico muy diferente a los requerimientos de diseño en los que se basaban estos sistemas (**ANSI/AISC 358-05**). La Agencia Federal para el Manejo de Emergencia (FEMA) de los Estados Unidos de Norteamérica proporcionó fondos a una agrupación de universidades y asociaciones denominada Junta Empresarial SAC (SAC Joint Venture). Bajo el auspicio del Grupo Empresarial SAC, la AISC, AISI, AWS y otros grupos industriales condujeron una amplia investigación durante seis años a fin de determinar las causas de los daños ocurridos en el Sismo de Northridge y de las medidas necesarias para reducir la posibilidad de este tipo de daños en sismos futuros.



Fractura en la junta viga-columna

b) Fractura en la columna

Figura 14 Fracturas típicas en el Sismo de Northridge de 1994

(Fotos tomadas de AISC Seismic Design Module 2-2007)

Varias causas fueron identificadas en los estudios de la SAC como la fuente de las fracturas frágiles, las mismas que pueden encontrarse en una serie de reportes (FEMA 350, 2000; FEMA 351, 2000; FEMA 352, 2000; FEMA 353, 2000; FEMA 355C, 2000; FEMA 355D, 2000) publicados por la SAC. Estos reportes incluyeron recomendaciones para el diseño y la construcción de pórticos resistentes a momento diseñados para sostener grandes deformaciones inelásticas durante el sismo de diseño. La mayoría de estas recomendaciones han sido incorporadas en las *Disposiciones Sísmicas* de la AISC, así como en un anexo sísmico al Código de Soldadura Estructural de la AWS D1.1. Este anexo es el AWS D1.8.

Siguiendo las recomendaciones de la SAC, las *Disposiciones Sísmicas* de ANSI/AISC requieren que se demuestre mediante ensayos que las conexiones a momento para pórticos especiales son capaces de tener una ductilidad adecuada. La demostración puede realizarse por medio de uno de los siguientes métodos:

Método 1. Ensayos específicos para el proyecto mediante los cuales un número determinado de especímenes a escala real, representando las conexiones a ser implementadas en la estructura, son construidas y ensayadas de acuerdo a lo indicado en el Apéndice S de las *Disposiciones Sísmicas* de ANSI/AISC.

Método 2. Precalificación de las conexiones realizado por un panel independiente de expertos mediante la implementación de un programa riguroso de ensayos, evaluación analítica y revisión de los resultados.

Gráfica 26: Antecedentes expuestos en el capítulo 9.1 de la NEC-SE-AC, obtenido de (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

CAPÍTULO 5- CUESTIONAMIENTO TÉCNICO

Una vez leída y analizada toda la información brindada por la NEC-SE-AC en las referencias dadas en el Capítulo 12 (Referencias), comparando la información con las normas extranjeras, se pudo notar que la NEC-SE-AC se hace uso literario de estas en su gran mayoría, para ser exactos con la AISC-3410 desde el capítulo 3 hasta el 13 a excepción del capítulo 9 (Conexiones) donde específicamente se basa en la AISC 358-10.

Pero sí existen especificaciones las cuales no forman parte de ninguna referencia y a eso lo llamamos “Cuestionamiento Técnico” ya que no existe norma o referencia que avale su información o regla.

En el capítulo 8.1 específicamente es donde se encuentra información importante que no muestra referencia alguna. Indica la NEC-SE-AC que para Pórticos Especiales a Momento se debe clasificar en 2 tipos de estructuras, Tipo 1: Todos sus pórticos, tanto interiores como exteriores, son diseñados como PEM, y los de Tipo 2: Solamente sus pórticos perimetrales se diseñan como PEM (Ver gráfica 27).

Sistema estructural

Clasificación de las estructuras

Para la presente sección, las estructuras se clasificarán como Estructuras Tipo 1 ó 2:

- Tipo 1: todos sus pórticos, tanto interiores como exteriores, son diseñados como PEM.
- Tipo 2: solamente sus pórticos perimetrales se diseñan como PEM.

Gráfica 27: Clasificación del sistema estructural para PEM, según (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

Mientras que la norma extranjera (AISC 341-10) no indica tal cosa, hay que reconocer que en Estados Unidos solo se diseñan sistemas Tipo 2, es decir solamente sus pórticos perimetrales se diseñan como PEM, y el resto como gravitacionales. Indicación que fue comentada por la NEC-SE-AC en el capítulo 3 “Alcances y consideraciones generales” (ver gráfica 19).

A partir de esta clasificación de sistemas estructurales nacen otras, como las limitaciones para vigas y columnas en la sección de **Relaciones Ancho Espesor** indica que para el diseño de estructuras (es decir las Tipo 1 y Tipo 2), usar $R=6$ y $R=8$ respectivamente.

Y además luego de esta información sobre los coeficientes de respuesta, hace una Nota indicando que para economizar las estructuras Tipo 1, se permite multiplicar por 1.15 a las relaciones mostradas en la sección 6.2 (Clasificación de las secciones según su ancho-espesor). Es decir que el diseño de las estructuras Tipo 2 sí siguen la misma especificación que la extranjera, usa las relaciones dadas por la AISC 341-10.

Relaciones ancho-espesor

Las vigas y columnas de los PEM deben cumplir con los requerimientos de la Sección **6.2 (Secciones Sísmicamente Compactas)** a menos que ensayos de calificación demuestren que otras relaciones pueden usarse.

Para el diseño de las estructuras:

- Tipo 1: en Ecuador se basa en un *coeficiente de reducción de respuesta sísmica*, $R=6$.
- Tipo 2: la práctica generalizada en los Estados Unidos de Norteamérica, se basa en un coeficiente de reducción de respuesta sísmica, $R=8$ (ver Secciones **3** y **8.1 (Documentos de referencia)**).

*NOTA: A fin de obtener estructuras Tipo 1 más económicas, se permiten relaciones ancho-espesor, mayores a las utilizadas para estructuras Tipo 2. Para el caso de estructuras Tipo 1, se permite multiplicar las relaciones ancho-espesor para vigas y columnas presentadas en la Sección **6.2** por 1.15.*

Gráfica 28: Sección "Limitaciones para Vigas y Columnas" para PEM, según (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN, 2015).

CAPÍTULO 6- PROPUESTA DE ÍNDICE

- Simbología
- Definiciones

1. REQUERIMIENTOS GENERALES (AISC 341-10)

1.1. Alcance

1.1.1. Aplicación Sísmica

1.2. Referencias y Especificaciones

1.3. Responsabilidades técnicas y planos

1.4. Materiales

1.4.1. Especificaciones de Materiales

1.4.2. Resistencia Probable del Material

1.4.3. Secciones Pesadas

1.4.4. Soldadura

1.4.4.1. Sistema de Soldadura para resistencia de fuerzas sísmicas

1.4.4.2. Demanda crítica de Soldadura

2. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO (AISC 341-10)

2.1. Requerimientos generales de diseño sísmico

2.2. Cargas y Combinaciones de Carga

2.3. Bases de diseño

2.3.1. Resistencia Requerida

2.3.2. Resistencia Admisible

3. DISEÑO DE MIEMBROS Y CONEXIONES (AISC 341-10)

3.1. Requerimiento de miembros

3.1.1. Clasificación de secciones por ductilidad

3.1.1.1. Requerimientos para miembros dúctiles

3.1.2. Clasificación de las secciones según su ancho espesor

3.1.3. Arriostramiento para estabilidad de vigas

- 3.1.3.1. Miembros de alta ductilidad
- 3.1.4. Arriostramiento especial en zonas de articulación plástica
- 3.1.5. Zona protegida
- 3.1.6. Columnas
- 3.1.7. Resistencia requerida
- 3.2. Pilotes H
 - 3.2.1. Requerimientos de diseño
 - 3.2.2. Pilotes inclinados
 - 3.2.3. Pilotes a tensión

4. REQUERIMIENTOS GENERALES DE CONEXIONES (AISC 341-10)

- 4.1. Generalidades
- 4.2. Juntas empernadas
- 4.3. Juntas soldadas
- 4.4. Placas de continuidad y rigidizadores
- 4.5. Empalmes de Columnas
 - 4.5.1. Ubicación de empalmes
 - 4.5.2. Resistencia requerida
 - 4.5.3. Resistencia requerida al corte
- 4.6. Bases de columnas
 - 4.6.1. Resistencia axial requerida
 - 4.6.2. Resistencia al corte requerido
 - 4.6.3. Resistencia a flexión requerida

5. DISEÑO DE PÓRTICOS A MOMENTO (AISC 341-10)

- 5.1. Pórticos especiales a momento
 - 5.1.1. Alcance
 - 5.1.2. Bases de diseño
 - 5.1.3. Análisis estructural
 - 5.1.4. Sistema de requerimientos
 - 5.1.4.1. Columna fuerte – viga débil

- 5.1.4.2. Arriostramiento lateral en vigas
- 5.1.4.3. Arriostramiento lateral en conexión viga-columna
- 5.1.5. Miembros
 - 5.1.5.1. Requerimientos básicos
 - 5.1.5.2. Alas de viga
 - 5.1.5.3. Zonas protegidas
- 5.1.6. Conexiones
 - 5.1.6.1. Demanda crítica de soldadura
 - 5.1.6.2. Conexión viga-columna
 - 5.1.6.3. Demostración de conformidad
 - 5.1.6.4. Resistencia al corte requerido
 - 5.1.6.5. Zona de panel
 - 5.1.6.6. Placas de continuidad
 - 5.1.6.7. Empalmes de columnas

6. DISEÑO DE PÓRTICOS ARRIOSTRADOS (AISC 341-10)

- 6.1. Pórticos especiales arriostrados concéntricamente
 - 6.1.1. Alcance
 - 6.1.2. Bases de diseño
 - 6.1.3. Análisis estructural
 - 6.1.4. Sistema de requerimientos
 - 6.1.5. Distribución de fuerzas laterales
 - 6.1.6. Pórticos arriostrados tipo V y V invertida
 - 6.1.7. Pórticos arriostrados tipo K
 - 6.1.8. Pórticos arriostrados únicamente a tensión
 - 6.1.9. Miembros
 - 6.1.9.1. Requerimientos básicos
 - 6.1.9.2. Arriostramientos laterales
 - 6.1.9.3. Zonas protegidas
 - 6.1.10. Conexiones
 - 6.1.10.1. Demanda crítica de soldadura

- 6.1.10.2. Conexión viga-columna
- 6.1.10.3. Resistencia requerida para conexiones arriostradas
- 6.1.10.4. Empalmes de columnas
- 6.2. Pórticos arriostrados excéntricamente
 - 6.2.1. Alcance
 - 6.2.2. Bases de diseño
 - 6.2.3. Análisis estructural
 - 6.2.4. Sistema de requerimientos
 - 6.2.5. Distribución de fuerzas laterales
 - 6.2.6. Pórticos arriostrados tipo V y V invertida
 - 6.2.7. Pórticos arriostrados tipo K
 - 6.2.8. Pórticos arriostrados únicamente a tensión
 - 6.2.9. Miembros
 - 6.2.9.1. Requerimientos básicos
 - 6.2.9.2. Vínculos
 - 6.2.9.3. Zonas protegidas
 - 6.2.10. Conexiones
 - 6.2.10.1. Demanda crítica de soldadura
 - 6.2.10.2. Conexión viga-columna
 - 6.2.10.3. Conexiones con arriostramiento diagonal
 - 6.2.10.4. Empalmes de columnas
 - 6.2.10.5. Conexión vínculo-columna

7. CONEXIONES (AISC 358-10)

- 7.1. Conexiones precalificadas para pórticos especiales a momento
 - 7.1.1. Requerimientos generales de diseño
 - 7.1.2. Miembros
 - 7.1.2.1. Miembros rolados de ala ancha
 - 7.1.2.2. Miembros armados
 - 7.1.2.3. Vigas
 - 7.1.2.4. Columnas

- 7.1.3. Parámetros para el diseño de la conexión
 - 7.1.3.1. Factores de resistencia
 - 7.1.3.2. Ubicación de la articulación plástica
 - 7.1.3.3. Máximo momento probable en la articulación plástica
 - 7.1.3.4. Placas de Continuidad
 - 7.1.3.5. Zona de Panel
 - 7.1.3.6. Zona protegida
- 7.2. Requerimientos de soldadura
 - 7.2.1. Metal de aporte y procedimiento de soldadura
 - 7.2.2. Barras de respaldo en uniones viga-columna y placas de continuidad en uniones de columna
 - 7.2.2.1. Barras de respaldo en placas de continuidad
 - 7.2.2.2. Barras de respaldo en el ala inferior de la viga
 - 7.2.2.3. Barras de respaldo en el ala superior de la viga
 - 7.2.2.4. Barras de respaldo no fusionables en uniones de ala de viga con columna
 - 7.2.3. Detalles o tratamientos a las platinas de respaldo lateral
 - 7.2.4. Soldadura de prearmado
 - 7.2.5. Placas de continuidad
 - 7.2.6. Control de calidad y plan de garantía de calidad
- 7.3. Conexión con viga de sección reducida
 - 7.3.1. General
 - 7.3.2. Sistemas estructurales
 - 7.3.3. Límites de precalificación
 - 7.3.3.1. Limitaciones de vigas
 - 7.3.3.2. Limitaciones de columnas
 - 7.3.3.3. Limitaciones para las conexiones viga-columna
 - 7.3.3.4. Limitaciones para la conexión entre el ala de la viga y el ala de la columna
 - 7.3.3.5. Limitaciones para la conexión entre el alma de la viga y el ala de la columna

7.3.3.6. Limitaciones para la conexión entre el alma de la viga y la columna

7.3.4. Procedimiento de diseño

8. PLANES DE CONTROL DE CALIDAD Y GARANTÍA DE CALIDAD (AISC 341-10)

8.1. Alcance

8.2. Personal para ensayos no destructivos e inyecciones

8.3. Información del contratista

8.4. Información de la empresa de garantía de calidad

8.5. Puntos frecuentes de inspección

8.5.1. Inspección visual de soldadura

8.5.2. Ensayos no destructivos (END) en soldadura

8.5.3. Inspección de tareas de empernado

8.5.4. Otras inspecciones

9. ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA (AISC 341-10)

9.1. Alcance

9.2. Dibujo de planos estructurales y especificaciones

9.2.1. Planos de taller

9.2.2. Planos de montaje

9.3. Personal involucrado

9.3.1. Inspectores de soldadura para el control de calidad

9.3.2. Inspectores de soldadura para garantía de calidad

9.3.3. Técnicos para ensayos no destructivos

9.4. Procedimientos para ensayos no destructivos

9.4.1. Ensayos de ultrasonido

9.5. Especificaciones adicionales de soldadura

9.6. Especificaciones adicionales de soldadura para soldaduras de demanda crítica exclusivamente

9.7. Metal de aporte / Especificación para el ensayo de verificación de la tenacidad

9.7.1. Alcance

9.7.2. Condiciones de ensayo

9.7.3. Probetas de ensayo

9.7.4. Criterios de aceptación

10.REFERENCIAS

11.APÉNDICES

CAPÍTULO 7- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Una vez realizado el análisis y revisión del capítulo de acero (NEC-SE-AC) de la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-15) se pudo determinar que:

1. La NEC-SE-AC hace una referencia literaria a la AISC 341-10 desde el capítulo 3 hasta el 11 a excepción del capítulo 9, este capítulo en cambio se basó textualmente a la AISC 358-10.
2. Tan solo hace referencia a 3 de los 21 sistemas propuestos en la ANSI-AISC 341-10, estos son: Pórticos Especiales Resistentes a Momento, Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente, y Pórticos Arriostrados Excéntricamente. La NEC-SE-AC llega a normar apenas un 15% de los sistemas estructurales de la ANSI/AISC 341, lo cual lo vuelve muy limitante para el diseñador estructural.
3. De las referencias mencionadas en el Capítulo 12 de la NEC-SE-AC no se utilizaron 2 de ellas en ningún momento.
4. El 100% de las ecuaciones mencionadas fueron obtenidas de la AISC 341, AISC 358 y AISC 360, todas encontradas entre publicaciones del 2005 y 2010. Y de todos los factores encontrados, 2 de ellos se basan en el documento del ecuatoriano A. Cassagne llamado "*Estado de la Práctica del Diseño y Construcción de Edificios Existentes de Acero Resistentes a Momento y Recomendaciones para la construcción de Nuevos Edificios de Acero en la Ciudad de Guayaquil*" (Ver Capítulo 2.1.10), estos son R_y y R_t .
5. Se encontraron subcapítulos sin numeración, errores en el formato de páginas errores en la redacción, y fueron detallados por capítulo para facilidad de búsqueda.
6. Se encontraron 7 secciones de la NEC-SE-AC con mezcla de comentarios con especificaciones lo cual exige dividir estos para que así el diseñador no pierda la esencia de la especificación buscada.

7.2. Recomendaciones

1. Numerar todos los subcapítulos para lograr un orden lógico en el contenido, permitiendo al lector encontrar rápidamente toda la información relacionada con un tema en particular. Se recomienda llegar a un 4to nivel de orden como las normas extranjeras referenciadas (Ver propuesta de índice).
2. Separar los comentarios de las especificaciones y enviarlos al pie de página. Esto permite al lector dirigirse directamente a las normas que debe cumplir, y solo en el caso de requerir una mayor explicación de las especificaciones de interés, tenga que leer los comentarios al respecto de dicha especificación.
3. Mantener las siglas de los factores de diseño LRFD y ASD, así al momento de buscar en referencias extranjeras será más fácil de comparar la información con respecto a la norma ecuatoriana.
4. Simplificar el formato de ecuaciones, no repetir la ecuación por cada factor de diseño como se lo hace actualmente. También se recomienda numerarlas basándose en el capítulo que estas se encuentren.
5. Eliminar las referencias no utilizadas y referenciar las que sí se utilizan, como por ejemplo la AWS D1.1/D1.1M:2010 Structural Welding Code Steel.

ANEXOS

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
1	Esfuerzo de fluencia probable	página 24, a	5.2. Resistencia probable del material	AISC 341-10	página 3
2	Resistencia a la fluencia probable	página 24, b	5.2. Resistencia probable del material	AISC 341-10	página 3
3	Resistencia a la tensión probable	página 25, a	5.2. Resistencia probable del material	AISC 341-10	página 3
4	Resistencia a Flexión probable (DFCR)	página 31, a	6.3. Arriostamiento para la estabilidad de vigas	AISC 341-10	página 14
5	Resistencia a Flexión probable (DRA)	página 31, b	6.3. Arriostamiento para la estabilidad de vigas	AISC 341-10	página 14
6	Lb, espaciamiento máximo en el arriostamiento de la viga	página 31, c	6.3. Arriostamiento para la estabilidad de vigas	AISC 341-10	página 14

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
7	Fuerza axial requerida del arriostramiento lateral (DFCR)	página 32, a	6.3.1. Arriostramiento especial en zonas de articulaciones plásticas	AISC 341-10	página 15
8	Fuerza axial requerida del arriostramiento lateral (DRA)	página 32, b	6.3.1. Arriostramiento especial en zonas de articulaciones plásticas	AISC 341-10	página 15
9	Resistencia a la flexión requerida del arriostramiento (DFCR)	página 33, a	6.3.1. Arriostramiento especial en zonas de articulaciones plásticas	AISC 341-10	página 15
10	Resistencia a la flexión requerida del arriostramiento (DRA)	página 33, b	6.3.1. Arriostramiento especial en zonas de articulaciones plásticas	AISC 341-10	página 15
11	Resistencia a flexión probable (DFCR)	página 33, c	6.3.1. Arriostramiento especial en zonas	AISC 341-10	página 15

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
			de articulaciones plásticas		
12	Resistencia a flexión probable (DRA)	página 34, 2do punto de Resistencia requerida	6.3.1. Arriostramiento especial en zonas de articulaciones plásticas	AISC 341-10	página 15
13	Limite razonable en las fuerzas axiales en columna (DFCR)	página 35, a	6.4. Columnas	AISC 341-05	página 25
14	Limite razonable en las fuerzas axiales en columna (DRA)	página 35, b	6.4. Columnas	AISC 341-05	página 25
15	Resistencia requerida de empalme en alas (DFCR)	página 39, 2do punto de Resistencia requerida	7.4. Empalmes de Columnas	AISC 341-10	página 22
16	Resistencia requerida de empalme en alas (DRA)	página 39, 2do punto de Resistencia requerida	7.4. Empalmes de Columnas	AISC 341-10	página 22

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
17	Esfuerzo de tensión en el ala con respecto a la soldadura de ranura de penetración completa (DFCR)	página 39, 3er punto de Resistencia requerida	7.4. Empalmes de Columnas	AISC 341-10	página 22
18	Esfuerzo de tensión en el ala con respecto a la soldadura de ranura de penetración completa (DRA)	página 39, 3er punto de Resistencia requerida	7.4. Empalmes de Columnas	AISC 341-10	página 22
19	Resistencia al corte para los empalmes de las columnas con respecto a sus ejes ortogonales (DFCR)	página 39, 4to punto de Resistencia requerida	7.4. Empalmes de Columnas	AISC 341-10	página 22
20	Resistencia al corte para los empalmes de las columnas con respecto a sus ejes ortogonales (DRA)	página 39, 4to punto de Resistencia requerida	7.4. Empalmes de Columnas	AISC 341-10	página 22
21	Resistencia a cortante requerida (DFCR)	página 40, a	7.5. Base de Columnas	AISC 341-05	página 28

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
22	Resistencia a cortante requerida (DRA)	página 40, b	7.5. Base de Columnas	AISC 341-05	página 28
23	Resistencia a la flexión requerida (DFCR)	página 41, a	7.5. Base de Columnas	AISC 341-10	página 24
24	Resistencia a la flexión requerida (DRA)	página 41, b	7.5. Base de Columnas	AISC 341-10	página 24
25	Relación en Conexión Viga-Columna (CF-VD)	página 42, a	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 34
26	Σ Momentos plásticos nominales de las columnas que llegan a la junta (DFCR)	página 42, b	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 35
27	Σ Momentos plásticos nominales de las columnas que llegan a la junta (DRA)	página 42, c	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 35
28	Σ Momentos plásticos nominales de las vigas que llegan a la junta (DFCR)	página 43, a	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 35

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
29	Σ Momentos plásticos nominales de las vigas que llegan a la junta (DRA)	página 43, b	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 35
30	Resistencia a la compresión requerida en columnas (DFCR)	página 44, a	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 36
31	Resistencia a la compresión requerida en columnas (DRA)	página 44, b	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 36
32	Resistencia para arriostramiento lateral en las alas de la columna (DFCR)	página 45, a	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 37
33	Resistencia para arriostramiento lateral en las alas de la columna (DRA)	página 45, b	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 37
34	Resistencia requerida a la flexión de la conexión viga-columna	página 48, a	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 39

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
35	Resistencia requerida a cortante (DFCR)	página 48, b	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 40
36	Resistencia requerida a cortante (DRA)	página 49	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 40
37	Espesor de la zona de panel	página 50	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 40
38	Resistencia de diseño al cortante en zona de panel (DFCR)	página 51, a	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 40
39	Resistencia de diseño al cortante admisible en zona de panel (DRA)	página 51, a	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 40
40	Resistencia flexión probable en empalmes de columnas (DFCR)	página 52, a	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 43
41	Resistencia flexión probable en	página 52, b	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 43

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
	empalmes de columnas (DFCR)				
42	Resistencia mínima a corte de los empalmes del alma de la columna (DFCR)	página 53	8.1. Pórticos Especiales a Momento	AISC 341-10	página 43
43	Fuerza en todos los arrostramientos en tensión para Pórticos con arriostramiento tipo chevron en "V" y "V" invertida	página 54	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 51
44	Fuerza en todos los arrostramientos en compresión para Pórticos con arriostramiento tipo chevron en "V" y "V" invertida	página 55, a	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 51
45	Relación de esbeltez para diagonales	página 55, b	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 51

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
46	Resistencia a la fluencia probable en tensión de diagonal determinada (DFCR)	página 56, a	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 51
47	Resistencia a la fluencia probable en tensión de diagonal determinada (DRA)	página 56, b	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 51
48	Momento de resistencia en conexión Viga-Columna (DFCR)	página 58, a	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 55
49	Momento de resistencia en conexión Viga-Columna (DFCR)	página 58, b	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 55
50	Σ Momento de resistencia en conexión Viga-Columna (DFCR)	página 58, c	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 55
51	Σ Momento de resistencia en conexión Viga-Columna (DFCR)	página 58, d	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 55

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
52	Resistencia a la fluencia probable en tensión del arriostramiento (DFCR)	página 59, a	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 56
53	Resistencia a la fluencia probable en tensión del arriostramiento (DRA)	página 59, b	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 56
54	Resistencia requerida a flexión de la conexión arriestrada (DFCR)	página 59, c	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 56
55	Resistencia a flexión probable (DRA)	página 59, d	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 56
56	Resistencia requerida a la compresión en conexiones de arriostramiento (DFCR)	página 60, a	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 56

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
57	Resistencia requerida a la compresión en conexiones de arriostramiento (DRA)	página 60, b	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 57
58	Resistencia a cortante requerida en empalme de columnas (DFCR)	página 60, c	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 57
59	Resistencia a cortante requerida en empalme de columnas (DRA)	página 61	8.2. Pórticos Especiales Arriostrados Concéntricamente	AISC 341-10	página 57
60	Vínculo corto	página 63	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 58
61	Vínculo largo	página 63	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 59
62	Vínculo intermedio	página 63	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 59

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
63	Resistencia a corte del vínculo	página 65, a	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 60
64	Efecto de la carga axial en la resistencia al corte disponible del vínculo (ignorar si)	página 65, b	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 60
65	Efecto de la carga axial en la resistencia al corte disponible del vínculo (no ignorar si)	página 66, a	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 60
66	Resistencia disponible al corte del vínculo (DFCR)	página 66, b	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 60
67	Resistencia disponible al corte del vínculo (DRA)	página 66, c	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 60
68	Longitud máxima del vínculo cuando relación ≥ 0.3	página 67, a	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 61
69	Longitud máxima del vínculo cuando relación < 0.3	página 67, b	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 61

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
70	Rigidizadores extremos del vínculo para secciones I (ancho combinado)	página 68	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 61
71	Rigidizadores intermedios del vínculo para secciones I	página 69	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 62
72	Resistencia requerida de la soldadura de filete en la conexión del rigidizador del vínculo con el alma de este (DFCR)	página 69	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 62
73	Resistencia requerida de la soldadura de filete en la conexión del rigidizador del vínculo con el alma de este (DRA)	página 69	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 62
74	Rigidizadores en la conexión del vínculo con los arriostramientos para	página 69	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 62

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
	secciones cajón (ancho y espesor)				
75	Rigidizadores intermedios del vínculo para secciones cajón	página 69	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 62
76	Resistencia requerida en soldadura de filete en la conexión del rigidizador del vínculo con el alma (DFCR)	página 70	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 62
77	Resistencia requerida en soldadura de filete en la conexión del rigidizador del vínculo con el alma (DRA)	página 70	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 62
78	Momento de resistencia en conexión Viga (DFCR)	página 71	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 63
79	Momento de resistencia en	página 71	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 63

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
	conexión Viga (DFCR)				
80	Σ Momento de resistencia en Columna (DFCR)	página 71	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 63
81	Σ Momento de resistencia en Columna (DFCR)	página 71	8.3. Pórticos Arriostrados Excéntricamente	AISC 341-10	página 63
82	Máximo momento probable en articulación plástica	página 77, a	9. 2. Parámetros para el diseño de la conexión	AISC 358-10	página 7
83	Valor Cpr	página 77, b	9. 2. Parámetros para el diseño de la conexión	AISC 358-10	página 6
84	Excepción de Placa de continuidad, cuando el ala de la viga esté conectada al ala de una columna de ala ancha o sección I	página 78, a	9. 2. Parámetros para el diseño de la conexión	AISC 358-10	página 42

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
85	Excepción de Placa de continuidad, cuando el ala de la viga esté conectada al ala de una columna con sección I con ala ancha encajonada	página 78, b	9. 2. Parámetros para el diseño de la conexión	AISC 358-10	página 42
86	Conexión con viga de sección reducida-valor "a"- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 1)	página 86	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 18
87	Conexión con viga de sección reducida-valor "b"- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 1)	página 87, a	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 18
88	Conexión con viga de sección reducida-valor "c"- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 1)	página 87, b	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 18

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
89	Cálculo de módulo plástico de la viga al centro de viga reducida- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 2)	página 87, c	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 18
90	Cálculo de máximo momento probable al centro de la viga reducida- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 3)	página 87, d	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 19
91	Cpr-Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 3)	página 87, e	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 8
92	Cálculo de la fuerza cortante al centro de la viga de sección reducida- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 4)	página 88, a	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 20 y 108

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
93	Cálculo del máximo momento probable en la cara de la columna- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 5)	página 88, b	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 20
94	Cálculo del momento plástico de la viga basado en el esfuerzo de fluencia probable- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 6)	página 89, a	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 20
95	Condición de resistencia- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 7)	página 89, b	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 20
96	Determinar la resistencia requerida al cortante V_u de la viga y en la conexión viga-columna- Procedimiento de	página 89, c	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 20

#	TEMA	NEC-SE-AC		NORMA EXTRANJERA	
		PÁGINA	CAPÍTULO	AISC	PÁGINA
	diseño de viga reducida (Paso 8)				
97	Diseño de la placa de cortante en la unión alma de la viga con ala de la columna- Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 9)	página 89, d	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 358-10	página 20
98	Diseño de la zona de panel-Procedimiento de diseño de viga reducida (Paso 10)	página 90	9.4. Conexión con viga reducida	AISC 360-10	página 419

Anexo 1: Numeración de ecuaciones y referencia de su ubicación en la NEC-SE-AC y Norma Extranjera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. (2010). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago, Illinois 60601-1802: American Institute of Steel Construction.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, INC. (2005). *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*. Chicago, Illinois 60601-1802: American Institute of Steel Construction, Inc.

American Welding Society (AWS) D1 Committee on Structural Welding. (2009). *Structural Welding Code— Seismic Supplement*. Miami, Florida: American Welding Society.

American Welding Society. (n.d.). *AWS Bookstore*. Retrieved from <https://pubs.aws.org/p/1650/d11d11m2015-2nd-printing-structural-welding-code-steel>

ASNT. (2016). *ASNT Standards and Practices*. Recuperado de https://www.asnt.org/MajorSiteSections/NDT-Resource-Center/Codes_and_Standards/ASNT_Standards.aspx

AWS Committee on B4 Committee on Mechanical Testing of Welds. (2007). *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds*. Miami, Florida: American Welding Society.

Emén, A., & Rojas C., P. (2009). *Análisis, diseño y evaluación sísmica de pórticos especiales de acero resistentes a momento (pearms) a base de planchas soldadas.*

Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/235>

FEMA & Structural Engineers Association of California (SEAOC). (2000). *Recommended Seismic Design Criteria For New Steel Moment-Frame Buildings.*

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. (2015). *ESTRUCTURAS DE ACERO.* Ecuador.

Michael D. Engelhardt. (2007, marzo). Presentation-AISC Seismic Design-Module2-Moment Resisting Frames | Buckling | Fracture. Recuperado de Scribd website: <https://es.scribd.com/presentation/156421761/Presentaion-AISC-Seismic-Design-Module2-Moment-Resisting-Frames>

Rojas, & Cassange. (2009). *Estado de la práctica del diseño y construcción de edificios existentes de acero resistentes a momento y recomendaciones para la construcción de edificios nuevos de acero en la ciudad de Guayaquil.* Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7971>

Structural welding code - steel: aws d1.1/d1.1m. (2015). Miami: Amer Welding Society.

Suárez Cruz, D., M. Ricles, J., Rojas Cruz, P., & Sause, R. (2013). *Evaluación sísmica del desempeño de pórticos de acero resistentes a momento auto-centrantes.*

Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/24653>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Hajjar Espinosa, Tamara Jose**, con C.C: # **0923556625** autor/a del trabajo de titulación: **Revisión, Análisis, Comentarios Y Modificaciones Recomendadas Para El Capítulo De Acero (NEC-SE-AC) De La Norma Ecuatoriana De La Construcción (Nec-15)** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **15 de marzo de 2019**

f. _____

Nombre: **Hajjar Espinosa, Tamara Jose**

C.C: **0923556625**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Revisión, Análisis, Comentarios Y Modificaciones Recomendadas Para El Capítulo De Acero (NEC-SE-AC) De La Norma Ecuatoriana De La Construcción (Nec-15)		
AUTOR(ES)	Tamara Jose, Hajjar Espinosa		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Jaime Francisco, Hernández Barredo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de marzo de 2019	No. DE PÁGINAS:	101
ÁREAS TEMÁTICAS:	Diseño de estructuras, Normas para el diseño estructural, Normativa ecuatoriana para la construcción de Acero.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Normas, Diseño Estructural, Acero, Referencias, Formato, Errores.		

RESUMEN/ABSTRACT: El presente trabajo de titulación revisa y analiza el capítulo de acero de la NEC-15 (NEC-SE-AC) para así recomendar cambios de tal forma que sea más claro y fácil usar, sin modificar las especificaciones y fórmulas contenidas.

Fue necesario analizar las referencias especificadas en el capítulo NEC-SE-AC de la NEC-15 con el fin de conocer la procedencia de la información contenida en este documento. De los 13 documentos referenciados por la norma, 2 de ellas son versiones anteriores de un mismo documento, y otras 2 no fueron utilizadas.

Este capítulo de la NEC-15 (NEC-SE-AC) cuenta con 98 ecuaciones, las cuales se basan en normas extranjeras como la AISC 341, AISC 358 y AISC 360. Por otro lado, hay dos factores que toman de referencia un documento ecuatoriano.

Una vez revisada y evaluada la estructuración de la NEC-SE-AC se pudo determinar que hubo defectos en su formato tales como: Subcapítulos sin numeración, errores en la redacción y mezcla de comentarios con especificaciones.

Estos hallazgos motivaron a proponer un análisis más detallado de los defectos del capítulo de acero, proponer recomendaciones para inclusión de información nueva en el caso de futuras

revisiones de la norma y junto con ello recomendar una reestructuración, orden y secuencia de la información que eliminen los defectos encontrados.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-88991840	E-mail: tamarahajjar96@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos	
	Teléfono: +593-4 -2206956	
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		