

**PROTECCIÓN CONTRA TERREMOTOS PARA SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS
QUE UTILIZAN AGUA**

Índice

Página

1.0 ALCANCE	4
1.1 Riesgos.....	4
1.2 Cambios.....	4
2.0 RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN DE SINIESTROS.....	6
2.1 Introducción	6
2.2 Protección.....	6
2.2.1 Sistemas de rociadores, incluidos los sistemas de rociadores intermedios y los de bocas de incendios equipadas.....	6
2.2.2 Columnas secas	26
2.2.3 Sistemas de agua pulverizada	26
2.2.4 Sistemas de rociadores de agua-espuma	26
2.2.5 Sistemas de bombeo contra incendios	26
2.2.6 Depósitos de almacenamiento de agua.....	27
2.2.7 Planes y cálculos del sistema de protección contra incendios	28
2.3 Uso de otros códigos y normas.....	28
2.3.1 Normas de la National Fire Protection Association (NFPA)	28
3.0 FUNDAMENTO DE LAS RECOMENDACIONES	30
3.1 Comentarios a la sección 2.0, Recomendaciones para la prevención de siniestros.....	30
3.1.1 Comentarios a la sección 2.1	30
3.1.2 Comentarios a la sección 2.2.1.1.....	33
3.1.3 Comentarios a la sección 2.2.1.1.2.....	33
3.1.4 Comentarios a la sección 2.2.1.1.4.....	34
3.1.5 Comentarios a la sección 2.2.1.2.1.....	34
3.1.6 Comentarios a la sección 2.2.1.2.2.....	34
3.1.7 Comentarios a la sección 2.2.1.2.3.....	36
3.1.8 Comentarios a la sección 2.2.1.3.5.....	37
3.1.9 Comentarios a la sección 2.2.1.3.6.....	45
3.1.10 Comentarios a la sección 2.2.1.4.8.....	56
3.1.11 Comentarios a la sección 2.2.1.6.2.....	59
3.1.12 Comentarios a la sección 2.2.1.7.2.....	61
3.1.13 Comentarios a la sección 2.2.1.9.1.....	61
3.1.14 Comentarios a la sección 2.2.1.9.2.....	63
3.2 Historial de siniestros.....	64
4.0 REFERENCIAS	64
4.1 FM Global	64
4.2 Otras referencias	65
ANEXO A: GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	65
ANEXO B: HISTORIAL DE REVISIÓN DEL DOCUMENTO.....	66
ANEXO C: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.....	69
C.1 Conceptos generales del diseño de arriostramientos	69
C.2 Ejemplos de diseño de arriostramientos	72
C.2.1 Sistema en malla (sistema n.º 1).....	72
C.2.2 Sistema en anillo (sistema n.º 2).....	77
C.2.3 Sistema en árbol (sistema n.º 3).....	81
C.3 Depósitos de acero de fondo plano apoyados sobre el suelo	86
C.4 Otros códigos y normas	86

ANEXO D: MATERIAL DE APOYO PARA LA SECCIÓN 2.2, RECOMENDACIONES 87

Lista de figuras

Figura 2.2.1.1.2. Disposición de los montantes con puesto de control sobre colector	7
Figura 2.2.1.3.5-A. Arriostramiento lateral o longitudinal en una tubería horizontal con un arriostramiento vertical y otro diagonal	12
Figura 2.2.1.3.5-B. Arriostramiento lateral o longitudinal en una tubería horizontal con dos arriostramientos diagonales	13
Figura 2.2.1.3.5-C. Arriostramiento en cuatro direcciones en montantes con puesto de control y otras tuberías verticales con dos arriostramientos diagonales.....	14
Figura 2.2.1.3.6-A. Emplazamientos dimensionales de tirafondos y pernos pasantes en madera	17
Figura 2.2.1.3.6-B. Tamaño de los orificios para los tirafondos (usar con la tabla 2.2.1.3.6)	18
Figura 2.2.1.4.3. Disposición de acoplamientos flexibles para montantes con puesto de control que pasan a través de suelos de edificios de varias plantas.	19
Figura 2.2.1.4.5-A. Disposición de montantes con puesto de control combinados para rociadores de techo y rociadores intermedios o bocas de incendios de incendio	21
Figura 2.2.1.4.5-B. Disposición de tuberías de alimentación para rociadores intermedios	22
Figura 2.2.1.4.6. Disposición de bajantes de tubería que suministran a rociadores bajo techos, entreplantas, pasarelas, etc.	23
Figura 3.1.1-A. Ejemplos de arriostramiento en tuberías horizontales y verticales	31
Figura 3.1.1-B. Ejemplos de componentes fijados a tuberías (deben estar homologado por FM)	31
Figura 3.1.1-C. Ejemplo de componente fijado a la estructura (debe estar homologado por FM) con orificio de anclaje a la estructura.....	32
Figura 3.1.1-D. Ejemplos de otras características necesarias de protección contra terremotos	32
Figura 3.1.3. Detalles de acoplamiento flexible y arriostramiento en cuatro direcciones para montantes con puesto de control	33
Figura 3.1.9-A. Disposición y distribución de la carga sísmica de un arriostramiento diagonal y uno vertical para la sujeción de una tubería horizontal	47
Figura 3.1.9-B. Configuración 1: fijaciones con un arriostramiento diagonal y otro vertical en una tubería horizontal; fijaciones en la parte inferior del elemento estructural (consulte también la figura 3.1.9-A)	47
Figura 3.1.9-C. Configuración 2: fijaciones con un arriostramiento diagonal y otro vertical en una tubería horizontal; fijaciones en el lateral del elemento estructural (consulte también la figura 3.1.9-A)	48
Figura 3.1.9-D. Configuración 3: fijaciones con un arriostramiento diagonal y otro vertical en una tubería horizontal; fijaciones en el frontal del elemento estructural (consulte también la figura 3.1.9-A)	48
Figura 3.1.9-E. Disposición y distribución de la carga sísmica de dos arriostramientos diagonales de tensión-compresión para la sujeción de una tubería horizontal	49
Figura 3.1.9-F. Disposición y distribución de la carga sísmica de dos arriostramientos diagonales de tensión-compresión para la sujeción de una tubería vertical	50
Figura 3.1.9-G. Definición de configuraciones de fijación a estructuras de la tabla 3.1.9-A a la 3.1.9-H.	52
Figura 3.1.10-A. Conjunto de separación sísmica para tuberías horizontales del sistema de protección contra incendios que cruza una junta antisísmica del edificio por encima del nivel del suelo	57
Figura 3.1.10-B. Anillo de tubería flexible; posible alternativa a un conjunto de separación sísmica	58
Figura 3.1.10-C. Alternativa inaceptable a un conjunto de separación sísmica	58
Figura 3.1.11. Ejemplo de conjunto de arriostramiento con cable de retención lateral en un falso techo de paneles acústicos (fuente: FEMA E-74, diciembre de 2012, figura 6.3.4.1-9 y figura 6.3.4.1-11)	62
Figura 3.1.12. Ejemplo de refuerzo de conexiones de tuberías débiles (por ejemplo, accesorios de extremo plano) para evitar la separación	62
Figura C.2. Ejemplo de edificio con tres montantes con puesto de control de rociadores y tres tipos de configuración de sistemas de rociadores.	72
Figura C.2.1-A. Disposición y zonas de influencia del arriostramiento lateral y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 1.	73
Figura C.2.1-B. Disposición y zonas de influencia del arriostramiento longitudinal y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 1.	74
Figura C.2.2-A. Disposición y zonas de influencia del arriostramiento lateral y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 2.	78
Figura C.2.2-B. Disposición y zonas de influencia del arriostramiento longitudinal y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 2.	78
Figura C.2.3-A. Disposición y zonas de influencia del arriostramiento lateral y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 3.	81
Figura C.2.3-B. Disposición y zonas de influencia del arriostramiento longitudinal y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 3.	82

Lista de tablas

Tabla 2.2.1.3.6. Dimensiones de los orificios para los tirafondos.....	18
Tabla 3.1.5. Peso de la tubería de acero llena de agua.....	34
Tabla 3.1.8-A. Cargas horizontales de ASD máximas (lb) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades de EE.UU.) (l/r = 100)	40
Tabla 3.1.8-B. Cargas horizontales de ASD máximas (N) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades SI) (l/r = 100)	41
Tabla 3.1.8-C. Cargas horizontales de ASD máximas (lb) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades de EE.UU.) (l/r = 200)	42
Tabla 3.1.8-D. Cargas horizontales de ASD máximas (N) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades SI) (l/r = 200)	43
Tabla 3.1.8-E. Cargas horizontales de ASD máximas (lb) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades de EE.UU.) (l/r = 300)	44
Tabla 3.1.8-F. Cargas horizontales de ASD máximas (N) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades SI) (l/r = 300)	45
Tabla 3.1.9-A. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante pernos pasantes en madera, lb (unidades de EE.UU.).....	53
Tabla 3.1.9-B. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante pernos pasantes en madera, N (unidades SI)	54
Tabla 3.1.9-C. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante tirafondos en madera, lb (unidades de EE.UU.).....	54
Tabla 3.1.9-D. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante tirafondos en madera, N (unidades SI)	55
Tabla 3.1.9-E. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante hormigón post-instalado Anclajes de expansión o de cuña en hormigón con un peso normal de 3.000 psi, lb (unidades de EE.UU.).....	55
Tabla 3.1.9-F. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante hormigón post-instalado Anclajes de expansión o de cuña en hormigón con un peso normal de 20,7 MPa, N (unidades SI).....	56
Tabla 3.1.9-G. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante pernos pasantes en acero (perno perpendicular a la superficie de montaje), lb (unidades de EE.UU.)	56
Tabla 3.1.9-H. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante pernos pasantes en acero (perno perpendicular a la superficie de montaje), N (unidades SI).....	56
Tabla C.2.1. Cargas de diseño sísmico horizontales del sistema n.º 1.....	75
Tabla C.2.2. Cargas de diseño sísmico horizontales del sistema n.º 2.....	79
Tabla C.2.3. Cargas de diseño sísmico horizontales del sistema n.º 3.....	83
Tabla D.1. Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8	87
Tabla D.1 (continuación). Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8	88
Tabla D.1 (continuación). Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8	89

1.0 ALCANCE

En esta ficha técnica se ofrecen recomendaciones para la protección contra terremotos de los sistemas de protección contra incendios que utilizan agua. Aplique estas recomendaciones en ubicaciones de las zonas sísmicas de 50 a 500 años de FM Global, como se describe en la ficha técnica 1-2, *Earthquakes*.

Las cargas y las capacidades de esta ficha técnica se basan en el método de análisis del Diseño por tensiones permitidas (ASD, *Allowable Stress Design*, por sus siglas en inglés).

Para obtener recomendaciones sobre la instalación de un sistema de rociadores automáticos no relacionado con terremotos, consulte la ficha técnica 2-0, *Directrices para la instalación de rociadores automáticos*.

1.1 Riesgos

Las tuberías de los rociadores, los sistemas de suministro de agua y otros equipos cuya instalación no esté protegida correctamente pueden verse sacudidos de forma violenta durante un terremoto. Incluso aunque las estructuras sufran daños mínimos, la puesta fuera de servicio del sistema de protección contra incendios tras un terremoto puede deberse a roturas en las tuberías de los rociadores o daños en los depósitos de agua y el equipo de suministro de agua, como pueden ser los cuadros de mando de las bombas. Además, dependiendo de su ubicación, el agua liberada por la rotura de una tubería puede dañar los sistemas no estructurales del edificio, como los techos o las salas blancas, así como el equipo.

Después de un terremoto, la amenaza de incendio es mayor debido a peligros obvios, como la emisión de gas o líquidos que arden, pero también debido a la mayor presencia de fuentes de ignición, muchas de las cuales son difíciles o imposibles de identificar y mitigar antes de que se produzca un terremoto. Si el sistema de protección contra incendios está dañado, los incendios que se inicien tras un terremoto pueden quedar fuera de control y producir graves daños. Los terremotos también pueden generar demandas excesivas e inesperadas de recursos de servicios públicos de bomberos y equipos de respuesta a emergencias, lo cual retrasa o impide el correcto control manual del incendio.

1.2 Cambios

Octubre de 2017. Esta ficha técnica se ha revisado de principio a fin y se han hecho correcciones editoriales y aclaraciones, así como varios cambios técnicos. A continuación, se enumeran los cambios editoriales y técnicos más importantes.

A. Correcciones editoriales y aclaraciones

1. Se ha revisado la sección 1.0, Alcance.
2. Se ha añadido la sección 1.1, Riesgos.
3. Se han reubicado y actualizado cantidades importantes de texto, junto con las tablas y las figuras complementarias, desde la sección 2.0, Recomendaciones para la prevención de siniestros, hasta la sección 3.1 a modo de comentarios. Se han incluido comentarios para:
 - a) Sección 2.1, Introducción
 - b) Sección 2.2.1.1, Ubicaciones de arriostamiento para tuberías de acero (recomendaciones 2.2.1.1.1, 2.2.1.1.2 y 2.2.1.1.4)
 - c) Sección 2.2.1.2, Cargas sísmicas horizontales para el diseño del arriostamiento (recomendaciones 2.2.1.2.1, 2.2.1.2.2 y 2.2.1.2.3)
 - d) Sección 2.2.1.3, Configuración y diseño del arriostamiento (recomendaciones 2.2.1.3.5 y 2.2.1.3.6)
 - e) Recomendación 2.2.1.4.8 (flexibilidad en las separaciones sísmicas y entre estructuras independientes)
 - f) Recomendación 2.2.1.6.2 (sujeción de falsos techos)
 - g) Recomendación 2.2.1.7.2 (accesorios de extremo plano)
 - h) Sección 2.2.1.9, Material de tubería distinto del acero (recomendaciones 2.2.1.9.1 y 2.2.1.9.2)
4. Se han actualizado las secciones 2.1, Introducción; la sección 4.0, Referencias; el anexo A, Glosario de términos; y el anexo C, Información complementaria.
5. Se ha cambiado la numeración de todas las tablas y se han reubicado la mayoría de las tablas que se encontraban entre la sección 2.0 y la 3.1. Se han añadido aclaraciones a las tablas 3.1.5 (anteriormente tabla 1), 3.1.9-G y 3.1.9-H (anteriormente tablas 15 y 16).

B. Revisiones técnicas

1. Se han revisado los requisitos de espacio libre que permiten que un suelo estructural se considere un arriostramiento en cuatro direcciones de un montante con puesto de control u otro tipo de tubería vertical (recomendación 2.2.1.1.2.2).
2. Se ha añadido un requisito para la sujeción lateral en los extremos de los ramales que no requieren arriostramiento (recomendación 2.2.1.1.6).
3. Se han revisado los factores "G" mínimos utilizados para determinar las cargas de diseño horizontales de los arriostramientos (recomendación 2.2.1.2.2 y sus comentarios en la sección 3.1).
4. Se ha proporcionado una guía sobre el tamaño de los pernos en U de acero que se utilizan como arriostramientos (recomendación 2.2.1.3.2).
5. Se han añadido requisitos para ubicar arriostramientos en tuberías horizontales y verticales (sección 2.2.1.3.5 y sus comentarios en la sección 3.1).
6. Se han añadido referencias para calcular las capacidades de fijación a las estructuras y se han aclarado los tipos de elementos estructurales en los que no se deben realizar fijaciones (recomendación 2.2.1.3.6). Se han revisado las tablas 3.1.9-E y 3.1.9-F (anteriormente tablas 13 y 14), lo que reduce las cargas horizontales máximas permitidas para las fijaciones a la estructura mediante anclajes para hormigón post-instalados (para explicar las capacidades actualizadas del anclaje de expansión para hormigón y el factor de sobrerresistencia necesario $[\Omega_0]$ ahora incluidos en ASCE 7).
7. Se han proporcionado directrices adicionales en relación con la flexibilidad necesaria en las bajantes de tuberías hasta las estanterías y las entreplantas independientes (recomendaciones 2.2.1.4.5.4 y 2.2.1.4.6.5, y comentarios de la sección 3.1.10).
8. Se ha añadido la opción de usar un anillo de tubería flexible homologado por FM u otro método diseñado para adaptarse al movimiento diferencial en una separación sísmica del edificio o entre edificios (recomendación 2.2.1.4.8 y sus comentarios en la sección 3.1).
9. Se ha añadido una declaración que permite el uso de una manguera flexible para rociador homologada por FM en falsos techos (recomendación 2.2.1.5.3.1) y se han modificado los requisitos para la sujeción de falsos techos con placas acústicas que contienen rociadores (recomendación 2.2.1.6.2 y sus comentarios en la sección 3.1).
10. Se ha señalado que el uso de accesorios de extremo plano homologados por FM podría estar desaconsejado en otras fichas técnicas y se han proporcionado directrices en el caso de que su uso sea imprescindible (recomendación 2.2.1.7.2 y sus comentarios en la sección 3.1).
11. Se ha añadido el requisito de que los anclajes para hormigón que se utilizan para los soportes colgantes sean aprobados para su uso en aplicaciones sísmicas (recomendación 2.2.1.8.1.2).
12. Se han añadido directrices para la protección de las tuberías de cobre frente a terremotos (recomendación 2.2.1.9.1 y sus comentarios en la sección 3.1) e información explicativa sobre el rendimiento de las tuberías de CPVC durante un terremoto (comentarios en la sección 3.1 para la recomendación 2.2.1.9.2).
13. Se han añadido referencias a otras fichas técnicas que contienen requisitos de diseño sísmico adicionales para depósitos de almacenamiento de agua (sección 2.2.6).
14. Se han revisado los cambios necesarios en un sistema de protección contra incendios diseñados en conformidad con NFPA 13 (NFPA 13, 2016) para que la instalación se pueda considerar equivalente en lo esencial a las disposiciones de esta ficha técnica 2-8 (sección 2.3.1.1).
15. Se han resumido las recomendaciones de la ficha técnica en la tabla D.1, Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8 (material de apoyo en el anexo D).
16. Se ha cambiado la enumeración de todas las figuras y se han reubicado muchas de las figuras anteriores de la sección 2.0 a la sección 3.1. Se han revisado exhaustivamente las figuras 2.2.1.3.5-A (combina las figuras 3 y 5 anteriores), 2.2.1.3.5-B (combina las figuras 4 y 6 anteriores), 2.2.1.3.6-A (combina las antiguas figuras 14 y 15), 3.1.1-A (anteriormente figura 17), 3.1.9-B (anteriormente figura 9), 3.1.9-C (anteriormente figura 11), 3.1.9-D (anteriormente figura 13) y 3.1.9-G (anteriormente una figura sin numerar). Se han eliminado las antiguas figuras 8, 10 y 12. Se han añadido las figuras 2.2.1.3.5-C, 3.1.1-B, 3.1.1-D, 3.1.9-A, 3.1.9-E, 3.1.9-F, 3.1.10-B, 3.1.10-C, 3.1.11 y 3.1.12.

2.0 RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN DE SINIESTROS

2.1 Introducción

Las recomendaciones de esta ficha técnica tienen como objetivo (1) mejorar considerablemente la probabilidad de que los sistemas de protección contra incendios permanezcan en servicio después de un terremoto y (2) minimizar los eventuales daños causados por el agua debidos a fugas del sistema de protección contra incendios. En cada tipo de sistema de protección contra incendios que se describe en las siguientes secciones, el cumplimiento de todas las recomendaciones maximizará las probabilidades de que el sistema funcione según lo previsto durante un terremoto.

En la sección 2.3 se ofrecen instrucciones sobre el uso de otros códigos y normas para la protección contra terremotos de los sistemas de protección contra incendios de forma similar a la recomendada en esta ficha técnica.

En general, las recomendaciones están relacionadas con los siete objetivos siguientes:

1. Arriostrar las tuberías y los equipos para minimizar el movimiento diferencial no controlado entre estos elementos y las estructuras a las que están fijados.
2. Proporcionar flexibilidad en los sistemas de tuberías y en otros equipos donde se espera un movimiento diferencial entre partes de dichos sistemas de tuberías o equipos. Excepto cuando se produce un gran movimiento diferencial en una corta distancia, los acoplamientos flexibles proporcionan suficiente flexibilidad entre las partes de los sistemas de tuberías de los rociadores donde sea necesario.
3. Proporcionar un espacio libre adecuado alrededor de las tuberías o los rociadores que estén cerca o que pasen a través de elementos estructurales, paredes, suelos, equipos u otros objetos para minimizar los eventuales daños por golpe.
4. Utilizar los tipos adecuados de soportes colgantes de tubería y arriostramientos, correctamente situados y fijados a la estructura para minimizar el riesgo de que se puedan desenganchar.
5. Utilizar los tipos de tuberías y métodos de unión de tuberías adecuados para minimizar posibles roturas de tuberías.
6. Proporcionar anclaje para los equipos y los depósitos para minimizar la posibilidad de un deslizamiento o un vuelco.
7. Proporcionar planos y cálculos del sistema de protección contra incendios, verificando debidamente el diseño y que la instalación realizada se ajusta tanto al diseño como a buenas prácticas de instalación.

Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.1.

Nota: Proporcione equipamiento, materiales y servicios homologados por FM siempre que estén disponibles y sea procedente. Para obtener un listado de productos y servicios homologados por FM, consulte la *Guía de productos homologados por FM*, un recurso en línea de FM Approvals (www.approvalguide.com).

2.2 Protección

2.2.1 Sistemas de rociadores, incluidos los sistemas de rociadores intermedios y los de bocas de incendios equipadas

2.2.1.1 Ubicaciones de arriostramiento para tuberías de acero

Las directrices de esta sección se aplican a las tuberías de acero. Consulte la sección 2.2.1.9 para obtener información sobre tuberías de otro material.

2.2.1.1.1 Como mínimo, debe ubicar y espaciar el arriostramiento para el sistema de rociadores (en el techo e intermedios) y las tuberías de acero del sistema de mangueras de acuerdo con esta sección. Los arriostramientos y sus acoplamientos también deben tener el tamaño adecuado para resistir las fuerzas de diseño de acuerdo con la sección 2.2.1.2 y configurarse de acuerdo con la sección 2.2.1.3. Proporcione arriostramientos adicionales cuando sea necesario para reducir la carga tributaria de modo que no se supere la capacidad de arriostramiento o de modo que las ubicaciones de estos arriostramientos coincidan con los elementos estructurales adecuados a los que serán fijados. Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.2.

2.2.1.1.2 Proporcione un arriostramiento con el tamaño y la configuración adecuados en los montantes con puesto de control del sistema de rociadores, tanto si son de tipo sencillo como con colector e independientemente del diámetro, de acuerdo con las siguientes directrices. Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.3.

2.2.1.1.2.1 Proporcione un arriostramiento en cuatro direcciones a no más de 0,6 m (2 ft) desde la parte superior de cada montante con puesto de control. Siempre que sea posible, evite el uso de un único conjunto de arriostramiento con colector en la parte superior de varios montantes con puesto de control adyacentes. En el caso de que se utilice, limite la disposición con colector a dos montantes con puesto de control.

2.2.1.1.2.2 En edificios de varias plantas, proporcione un arriostramiento en cuatro direcciones en el montante con puesto de control a no más de 0,6 m (2 ft) de cada nivel de suelo del edificio. Se puede considerar que existe un arriostramiento en cuatro direcciones cuando el montante con puesto de control pasa a través de un suelo estructural y en los espacios libres no es posible realizar ningún movimiento de más de 13 mm (0,5 in) en sentido horizontal. (Nota: Esta disposición requerirá acoplamientos flexibles adicionales en el montante con puesto de control; consulte la sección 2.2.1.4.3.3).

2.2.1.1.2.3 Proporcione un arriostramiento intermedio adicional en cuatro direcciones en montantes con puesto de control a un intervalo no superior a los 12,2 m (40 ft). Si se utilizan acoplamientos flexibles, disponga este arriostramiento intermedio en cuatro direcciones de forma que se proporcione un arriostramiento a no más de 0,6 m (2 ft) de acoplamientos flexibles **alternos** (añadiendo arriostramientos en cuatro direcciones si es necesario). En montantes con puesto de control de edificios de varias plantas o torres que tengan tuberías de alimentación o colectores de distribución fijados que no estén situados en los niveles del suelo, añada arriostramientos en cuatro direcciones si es necesario de forma que se proporcione un arriostramiento a no más de 0,6 m (2 ft) de estas tuberías principales.

2.2.1.1.2.4 En montantes con puesto de control abastecidos por el colector horizontal, proporcione un arriostramiento lateral en dos direcciones a no más de 0,6 m (2 ft) del extremo de cualquier tubería del colector horizontal que tenga una longitud superior a 1,8 m (6 ft) o, cuando se utilicen acoplamientos flexibles en la tubería del colector horizontal o en la tubería vertical entre el suelo y la conexión al colector horizontal. Consulte la figura 2.2.1.1.2.

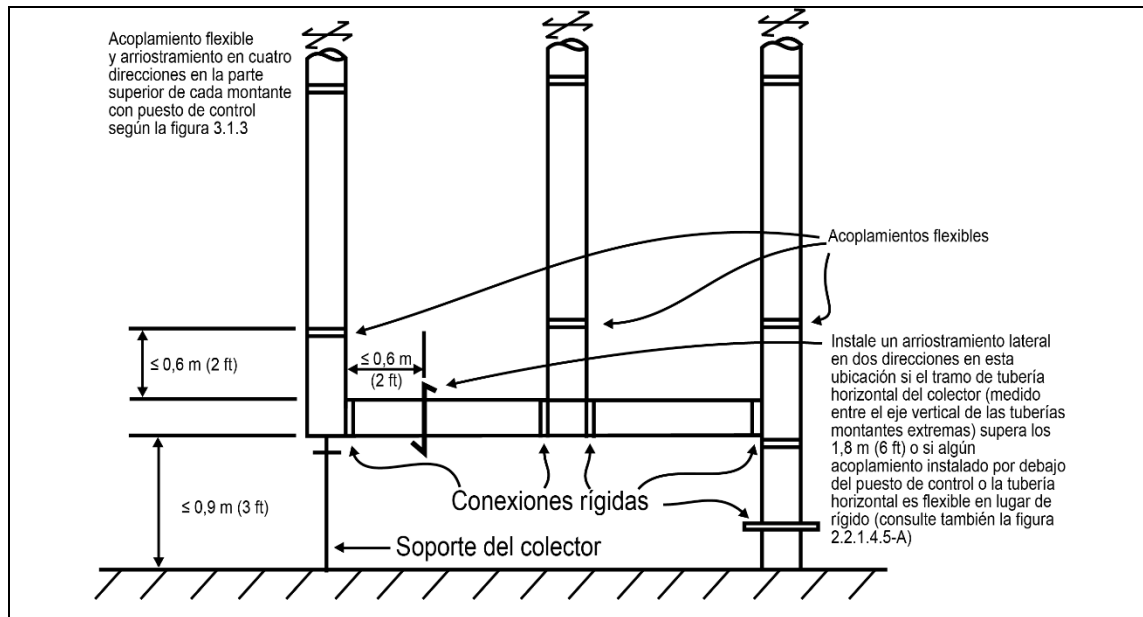


Figura 2.2.1.1.2. Disposición de puestos de control sobre colector

2.2.1.1.3 Proporcione un arriostramiento con el tamaño y la configuración adecuados en el colector de distribución vertical o la tubería de alimentación principal, independientemente del diámetro, de acuerdo con las siguientes directrices.

2.2.1.1.3.1 En los colectores de distribución vertical o las tuberías de alimentación principales de 1,8 m (6 ft) o una longitud superior, proporcione un arriostramiento en cuatro direcciones tanto en la parte superior como en la inferior, así como un arriostramiento intermedio en cuatro direcciones similar a los montantes con puesto de control, como se recomienda en la sección 2.2.1.1.2.3. Coloque los arriostramientos superior e inferior en la tubería de mayor diámetro a una distancia máxima de 0,6 m (2 ft) del cambio de dirección de tubería correspondiente.

2.2.1.1.3.2 En los colectores de distribución vertical o las tuberías de alimentación principales de menos de 1,8 m (6 ft), proporcione un arriostramiento en cuatro direcciones en la tubería de mayor diámetro a no más de 0,9 m (3 ft) de cualquier cambio de dirección equipado con acoplamientos flexibles.

2.2.1.1.4 Proporcione un arriostramiento con el tamaño y la configuración adecuados en las tuberías de alimentación o los colectores de distribución horizontales independientemente de su tamaño, de acuerdo con las siguientes directrices. Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.4.

2.2.1.1.4.1 En los cambios de dirección horizontales, en la tubería de alimentación o el colector de distribución horizontal que tiene tramos de tubería con un mínimo de 1,8 m (6 ft) de longitud adyacentes al cambio de dirección, proporcione un arriostramiento tanto lateral como longitudinal a no más de 0,6 m (2 ft) del cambio de dirección. Si el diámetro del colector se reduce al cambiar de dirección, coloque arriostramientos en la tubería de mayor diámetro.

2.2.1.1.4.2 En los extremos de las tuberías de alimentación y los colectores de distribución horizontales, proporcione un arriostramiento lateral a no más de 1,8 m (6 ft) del extremo y uno longitudinal a no más de 12,2 m (40 ft) del extremo. Considere los conjuntos de separación sísmica y los anillos de tuberías flexibles de las tuberías de alimentación y los colectores de distribución de acuerdo con la sección 2.2.1.4.8 como el extremo de la tubería en ambos lados del conjunto o del anillo.

2.2.1.1.4.3 Si se han instalado acoplamientos flexibles innecesarios (es decir, más de lo recomendado en la sección 2.2.1.4) en las tuberías de alimentación o los colectores de distribución horizontales, proporcione un arriostramiento lateral adicional tal como se describe a continuación:

- A. A no más de 0,6 m (2 ft) de acoplamientos flexibles alternos en tramos de tuberías rectos.
- B. A no más de 0,6 m (2 ft) de cualquier cambio de dirección horizontal de la tubería que tenga acoplamientos flexibles, pero no disponga de un arriostramiento de acuerdo con la sección 2.2.1.1.4.1.

2.2.1.1.4.4 En los tramos de tuberías rectos, después de tener en cuenta los arriostramientos instalados de acuerdo con las recomendaciones de las secciones 2.2.1.1.2 a la 2.2.1.1.4.3, proporcione un arriostramiento en las tuberías de alimentación horizontal y los colectores de distribución con una separación máxima de 12,2 m (40 ft) para el arriostramiento lateral, y de 24,4 m (80 ft) para el longitudinal aplicando las siguientes directrices.

- A. Se puede considerar un arriostramiento en cuatro direcciones de una tubería vertical (p. ej., en la parte superior del montante con puesto de control) como el arriostramiento lateral y longitudinal inicial de la tubería horizontal fijada (p. ej., tuberías de alimentación o colectores de distribución) con un diámetro igual o inferior cuando el arriostramiento está situado a no más de 0,6 m (2 ft) de la tubería horizontal.
- B. Se puede utilizar un arriostramiento lateral, a no más de 0,6 m (2 ft) del extremo de la conexión de una tubería de alimentación o un colector de distribución a otra tubería principal, que sea perpendicular y con un diámetro igual o inferior para que sirva también de arriostramiento longitudinal de la tubería principal perpendicular.
- C. Se puede utilizar un arriostramiento longitudinal, a una distancia de 0,6 m (2 ft) del extremo de una conexión de tubería de alimentación o de colector de distribución hasta otra tubería principal, que sea perpendicular y de un diámetro igual o inferior para que sirva también de arriostramiento lateral de la tubería principal perpendicular.

2.2.1.1.4.5 Los siguientes elementos o configuraciones no pueden utilizarse para proporcionar u omitir el arriostramiento lateral o longitudinal en una tubería de alimentación horizontal o colector de distribución.

- A. Los soportes colgantes en U, incluidos los de tipo envolvente (sin embargo, los pernos en U configurados de acuerdo con la sección 2.2.1.3.2 sí pueden utilizarse como arriostramiento lateral).
- B. Las tuberías de alimentación y los colectores de distribución sujetos mediante soportes colgantes de varilla corta.
- C. Arriostramientos en ramales.

2.2.1.1.5 Proporcione un arriostramiento con el tamaño y la configuración adecuados en los ramales del sistema de rociadores, como se describe a continuación. Consulte también la sección 2.2.1.1.6 para conocer los requisitos de sujeción lateral adicionales en los extremos de los ramales.

2.2.1.1.5.1 Proporcione un arriostramiento lateral en ramales iguales o superiores a DN65 (2,5 in) y en tramos de ramal con una longitud superior a 6,1 m (20 ft) de acuerdo con las siguientes directrices.

- A. En ramales inferiores a DN100 (4 in), no es necesario el arriostramiento lateral en tuberías sujetas individualmente por varillas que cumplan los siguientes criterios:
 - 1. Todas las varillas tienen una longitud inferior a 150 mm (6 in) desde la fijación de la pieza de apoyo hasta la parte superior del ramal.
 - 2. No hay más de 13 mm (0,5 in) entre la parte superior de la tubería del ramal y la parte inferior de la varilla de soporte.
- B. Se puede considerar un arriostramiento en cuatro direcciones de una tubería vertical (por ejemplo, en la parte inferior de una bajante) como el arriostramiento lateral inicial del ramal horizontal fijado con un diámetro igual o inferior cuando el arriostramiento está ubicado a no más de 0,6 m (2 ft) de la tubería horizontal.
- C. Se puede utilizar un arriostramiento longitudinal a no más de 0,6 m (2 ft) del extremo de una conexión de ramal hasta otro ramal que sea perpendicular y que tenga un diámetro igual o menor para que sirva también de arriostramiento lateral del ramal perpendicular.
- D. Los pernos en U configurados según las directrices de la sección 2.2.1.3.2 y los soportes colgantes en U envolventes (pero no otros tipos de soportes colgantes en U) que cumplan los criterios de la sección 2.2.1.3.4 pueden utilizarse como arriostramiento lateral de los ramales.
- E. Si se han instalado en los ramales más acoplamientos flexibles de los recomendados en la sección 2.2.1.4, proporcione un arriostramiento lateral adicional:

1. a no más de 0,6 m (2 ft) de acoplamientos flexibles alternos en tramos de tuberías rectos; y
2. a no más de 0,6 m (2 ft) de cualquier cambio horizontal de la dirección de la tubería que tiene acoplamientos flexibles.

F. Instale el primer arriostramiento lateral a una distancia de entre 3,1 m (10 ft) y 12,2 m (40 ft), incluidos todos los tramos verticales y horizontales, desde el colector principal hasta la conexión del ramal.

G. En los ramales de extremo cerrado, sitúe el último arriostramiento lateral a no más de 1,8 m (6 ft) del extremo. Considere los conjuntos de separación sísmica y los anillos de tuberías flexibles de acuerdo con la sección 2.2.1.4.8 como el extremo de la tubería en ambos lados del conjunto o del anillo.

H. Sitúe un arriostramiento lateral en los ramales a no más de 1,8 m (6 ft) de los cambios de dirección horizontales.

I. Después de tener en cuenta todos los arriostramientos laterales del ramal que se han instalado o que se permite omitir de acuerdo con los puntos A a H anteriores, proporcione un arriostramiento lateral en los tramos rectos del ramal con una separación máxima de 12,2 m (40 ft).

2.2.1.1.5.2 Proporcione un arriostramiento longitudinal en ramales iguales o superiores a DN65 (2,5 in) y en tramos de ramal con una longitud superior a 12,2 m (40 ft) de acuerdo con las siguientes directrices.

A. Se puede considerar un arriostramiento en cuatro direcciones de una tubería vertical (por ejemplo, en la parte inferior de una bajante) como el arriostramiento longitudinal inicial del ramal horizontal fijado con un diámetro igual o inferior siempre que el arriostramiento esté ubicado a no más de 0,6 m (2 ft) de la tubería horizontal.

B. Se puede utilizar un arriostramiento lateral a no más de 0,6 m (2 ft) del extremo de una conexión de un ramal a otro ramal que sea perpendicular y tenga un diámetro igual o inferior para que actúe también como arriostramiento longitudinal del ramal perpendicular.

C. Instale el primer arriostramiento longitudinal en el ramal lo más cerca posible del colector de distribución a una distancia de entre 6,1 m y 24,4 m (20 ft y 80 ft), incluyendo todos los tramos verticales y horizontales entre, desde la conexión del ramal al colector de distribución.

D. En los ramales de extremo cerrado, sitúe el último arriostramiento longitudinal a no más de 12,2 m (40 ft) del extremo. Considere los conjuntos de separación sísmica y los anillos de tuberías flexibles de acuerdo con la sección 2.2.1.4.8 como el extremo de la tubería en ambos lados del conjunto o del anillo.

E. Instale un arriostramiento longitudinal en los ramales a no más de 12,2 m (40 ft) de los cambios de dirección horizontales.

F. Después de tener en cuenta todos los arriostramientos longitudinales del ramal instalados de acuerdo con los puntos A a E anteriores, proporcione un arriostramiento longitudinal en los tramos rectos del ramal con una separación máxima de 24,4 m (80 ft).

2.2.1.1.6 En los ramales del sistema de rociadores que no requieran un arriostramiento lateral de acuerdo con 2.2.1.1.5.1 (es decir, los inferiores a DN65 [2,5 in]), proporcione un soporte colgante (como se define en 2.2.1.1.5.1.A) o una sujeción lateral (como se define a continuación) a no más de 1,8 m (6 ft) del extremo de los ramales de extremo cerrado para controlar las desviaciones laterales en ese punto.

Si se utilizan sujeciones laterales, ajuste su tamaño para que puedan resistir una carga horizontal (ASD) de 0,67 kN (150 lb) e instélaslas a no más de 0,6 m (2 ft) del último soporte colgante del ramal (es decir, el soporte colgante que soporta los movimientos ascendentes de acuerdo con la sección 2.2.1.8.1.5.B). Entre los ejemplos de métodos aceptables de sujeción se incluyen los siguientes:

A. Un soporte colgante en U envolvente de acuerdo con la sección 2.2.1.3.4, excepto con $l/r \leq 400$.

B. Un arriostramiento con $l/r \leq 400$.

C. Un par (uno a cada lado de la tubería) de cables de retención de acero del calibre 12 (2,7 mm [0,106 in] de diámetro), cada uno orientado al menos a 45° de la vertical. Se pueden utilizar dos cables de retención independientes con los extremos de cada uno fijados a los conectores de la tubería y la estructura, o un único cable que se envuelve con una vuelta completa alrededor de la tubería con ambos extremos fijados a la estructura. Deben fijarse enrollando los extremos de los cables alrededor del cable de retención con al menos cuatro vueltas ajustadas en un máximo de 40 mm (1,5 in) similar al arriostramiento del cable de retención del falso techo (consulte los comentarios de la sección 3.1.11).

D. Un soporte colgante con una orientación de al menos 45° desde la vertical con $l/r \leq 400$ y la varilla extendida un máximo de 13 mm (0,5 in) desde la tubería capaz de transferir cargas axiales en ambos sentidos, o dos soportes colgantes que puedan resistir solo cargas descendentes (uno a cada lado de la tubería) con una orientación de al menos 45° desde la vertical.

2.2.1.2 Cargas sísmicas horizontales para el diseño del arriostramiento

2.2.1.2.1 Determine la carga de diseño sísmico horizontal (H) en una ubicación de arriostramiento según la siguiente ecuación:

$$H = G \cdot W_p$$

Donde:

G = la aceleración horizontal (factor "G") prevista de un terremoto de acuerdo con la sección 2.2.1.2.2.

W_p = el peso de la tubería llena de agua situada en la zona de influencia de esa ubicación de arriostramiento de acuerdo con la sección 2.2.1.2.3.

Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.5.

2.2.1.2.2 Utilice un factor "G" mínimo, basado en el método de análisis del Diseño por tensiones permitidas (ASD) según la siguiente ecuación:

$$G = (0,7) \cdot S_{DS}$$

Los siguientes factores "G", determinados en función de los valores genéricos de S_{DS} de la ficha técnica 1-2, *Earthquakes*, pueden utilizarse para cualquier lugar y se deben emplear cuando el valor de S_{DS} para la ubicación no esté disponible en la norma de la American Society of Civil Engineers, *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures* (ASCE 7) o en una fuente fiable que utilice la metodología ASCE 7:

- Zonas sísmicas de 50 años de FM Global: $G = 0,9$ (basado en $SDS = 1,3$ g)
- Zonas sísmicas de 100 años de FM Global: $G = 0,65$ (basado en $SDS = 0,9$ g)
- Zonas sísmicas de 250 años de FM Global: $G = 0,4$ (basado en $SDS = 0,55$ g)
- Zonas sísmicas de 500 años de FM Global: $G = 0,4$ (basado en $SDS = 0,55$ g)

Utilice un factor "G" más alto si lo requieren las autoridades locales según el código de edificación de la ubicación afectada. Consulte en la sección 3.1.6 la definición de S_{DS} , así como los comentarios adicionales.

2.2.1.2.3 Determine el peso (W_p) que se debe utilizar en cada diseño de arriostramiento (o en cada diseño de arriostramiento de control) incluyendo el peso con agua de todas las tuberías que estén dentro de la zona de influencia del arriostramiento. Cuando se utiliza un arriostramiento para más de una tubería (es decir, con arreglo a lo dispuesto en las secciones 2.2.1.1.2, 2.2.1.1.4 y 2.2.1.1.5), base la carga de diseño de cada dirección horizontal en el peso con agua de todas las tuberías que se van a arriostrar.

Las zonas de influencia de varias tuberías se definen en los comentarios de la sección 3.1.7.

2.2.1.3 Configuración y diseño del arriostramiento

2.2.1.3.1 Proporcione un arriostramiento que resista cargas sísmicas horizontales. Los arriostramientos de cada ubicación deben ser capaces de resistir la carga de diseño sísmico horizontal (H) según se establece en la sección 2.2.1.2. Proporcione elementos adicionales para resistir cualquier componente de fuerza vertical neta que se produzca como resultado de la colocación del arriostramiento en tubería horizontal (consulte la sección 2.2.1.3.5.6).

2.2.1.3.2 Se puede utilizar un perno en U con el tamaño adecuado y correctamente ajustado para fijar directamente la tubería, y sujetarla firmemente, en un elemento de apoyo estructural como arriostramiento lateral (pero no longitudinal) cuando se coloca en una tubería horizontal, o como arriostramiento en cuatro direcciones cuando se instala en una tubería vertical. No es necesario tener en cuenta la fuerza resultante vertical de la tubería horizontal en esta configuración.

Determine la capacidad máxima de carga de diseño sísmico horizontal de ASD (H_{ASD}) del perno en U basándose en el supuesto de que H es resistente al corte en una pata del perno en U. Utilice la superficie bruta (A_b) de la pata de la varilla (incluso si la varilla está roscada), la resistencia a la tracción del acero (F_u) y la fórmula:

$$H_{ASD} = 0,17F_u \cdot A_b$$

Para el acero típico ($F_u = 400$ MPa [58.000 psi]), la " H_{ASD} " que puede soportar un perno en U se puede asumir como: 3,42 kN para varillas de 8 mm; 5,34 kN para varillas de 10 mm; y 7,69 kN para varillas de 12 mm (750 lb para varillas de 5/16 in, 1.090 lb para varillas de 3/8 in y 1.940 lb para varillas de 1/2 in).

2.2.1.3.3 No utilice soportes colgantes en U, incluidos los tipos envolventes, como arriostramientos laterales o longitudinales de tuberías de alimentación y colectores de distribución.

2.2.1.3.4 Se pueden utilizar soportes colgantes en U envolventes como arriostramiento lateral (pero no longitudinal) en ramales que necesitan este tipo de arriostramiento si cumplen todos los criterios siguientes:

- A. Ambas patas están dobladas como mínimo 30° desde la vertical.
- B. Tienen el diámetro y la longitud adecuados de acuerdo con la sección 2.2.1.3.5.3 y el tamaño correcto de acuerdo con la sección 2.2.1.3.5.5 para las cargas sísmicas especificadas en la sección 2.2.1.2.
- C. Están correctamente fijados a la estructura del edificio de acuerdo con la sección 2.2.1.3.6.
- D. Por último, no hay más de 13 mm (0,5 in) entre la parte superior de la tubería del ramal y la parte envolvente del soporte colgante en U.

2.2.1.3.5 En el caso de un arriostramiento que consta de elementos diagonales individuales o de elementos diagonales y también verticales, configure y ajuste el tamaño de estos elementos según las siguientes directrices. Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.8.

2.2.1.3.5.1 Determine las cargas permitidas del componente fijado a la tubería y del componente fijado a la estructura según la *Guía de productos homologados por FM*. Ajuste el tamaño del elemento de arriostramiento (p. ej., la tubería de acero, el ángulo de acero, las varillas de acero o los perfiles planos en acero) que conecta los dos componentes según esta ficha técnica y para cumplir los requisitos de la *Guía de productos homologados por FM*, si los hubiera. Para las tuberías horizontales, las figuras 2.2.1.3.5-A y 2.2.1.3.5-B muestran las opciones de arriostramiento lateral y longitudinal del arriostramiento lateral y longitudinal. La figura 2.2.1.3.5-C muestra un arriostramiento en cuatro direcciones de una tubería vertical.

2.2.1.3.5.2 Coloque los elementos del arriostramiento diagonal como se indica a continuación.

- A. En las tuberías horizontales, coloque los elementos diagonales en un ángulo (θ) desde la vertical de al menos 30° (y preferiblemente de al menos 45°).
- B. En los montantes con puesto de control y otras tuberías verticales, oriente los elementos diagonales del arriostramiento en cuatro direcciones a 90° entre sí y con un ángulo (θ) de 45° respecto de cada eje principal. Cuando esto no sea posible, coloque cada elemento diagonal al menos a 30°, pero no a más de 60° de cada eje principal (es decir, orientado de 60 a 120° entre sí).
- C. Cuando se utilicen dos arriostramientos diagonales de tensión-compresión (como se muestra en las figuras 2.2.1.3.5-B y 2.2.1.3.5-C), deberán colocarse de tal forma que los ángulos de arriostramiento (θ_L y θ_R) sean tan iguales como sea posible. En ningún caso, θ_L y θ_R deben diferir en más de 15°.

2.2.1.3.5.3 En los arriostramientos que se utilizan para soportar tanto la tensión como la compresión, elija la forma, el tamaño y la longitud de los arriostramientos de manera que la relación de esbeltez, l/r (longitud/radio mínimo de giro), no sea superior a 200, para proporcionar una resistencia adecuada al pandeo. Base la relación de esbeltez en la longitud real del arriostramiento entre los puntos de fijación a la estructura y la tubería que se va a arriostrar.

2.2.1.3.5.4 En el caso de los arriostramientos que se utilizan solo para la tensión, elija la forma, el tamaño y la longitud de los arriostramientos de forma que el resultado de la relación de esbeltez, l/r (longitud/radio mínimo de giro), no sea superior a 300 (es decir, el arriostramiento con cable no sería adecuado). Base la relación de esbeltez en la longitud real del arriostramiento entre los puntos de fijación a la estructura y la tubería que se va a arriostrar.

2.2.1.3.5.5 Seleccione cada arriostramiento de manera que la longitud máxima entre los puntos de fijación a la estructura y la tubería que se va a arriostrar no supere la longitud calculada según las limitaciones de la relación de esbeltez (l/r) de las secciones 2.2.1.3.5.3 y 2.2.1.3.5.4; y de forma que el arriostramiento pueda soportar el porcentaje de la carga de diseño horizontal total (H) que se le ha asignado, pero en ningún caso inferior a H/2 (consulte los comentarios de la sección 3.1.8 para determinar la distribución de "H" entre los arriostramientos).

En lugar de realizar cálculos, las limitaciones de longitud y las cargas horizontales máximas de diseño se pueden consultar en las tablas 3.1.8-A a 3.1.8-F, en los comentarios de la sección 3.1.8. Como alternativa, estos valores se pueden calcular utilizando las propiedades de arriostramiento (por ejemplo, radio de giro y sección transversal) y las capacidades de ASD resultantes determinadas por la norma 360 del American Institute of Steel Construction (AISC), *Specification for Structural Steel Buildings* o un código o norma de construcción local (excepto que no se aplicará ningún aumento en la capacidad de ASD permitida para la carga sísmica, que normalmente es de un tercio).

2.2.1.3.5.6 Cuando se utilice un único arriostramiento diagonal de tensión-compresión ($l/r \leq 200$) o dos arriostramientos diagonales solo de tensión ($l/r \leq 300$) (vea los arriostramientos "A" en la figura 2.2.1.3.5-A), calcule la fuerza ascendente vertical neta (V_F) derivada de la carga de diseño sísmico horizontal (H) como se indica:

$$V_F = (H/\tan \theta) - (1/2) \cdot W_P$$

donde:

V_F = fuerza ascendente vertical neta

H = carga de diseño horizontal de la sección 2.2.1.2

θ = ángulo de los arriostramientos A desde la vertical

W_P = peso de la tubería llena de agua dentro de la zona de influencia

Si V_F es mayor que 0 (cero), aumente el ángulo (θ) de los arriostramientos A desde la vertical para reducir la fuerza vertical ascendente o proporcione el arriostramiento "B" de la figura 2.2.1.3.5-A, fijado a la tubería a no más de 150 mm (6 in) desde el punto de conexión del tubo para los arriostramientos A. El arriostramiento "B" será preferiblemente un elemento del arriostramiento, pero podría ser un soporte colgante robusto (por ejemplo, una abrazadera o un soporte colgante de anclaje de tubería) que se haya modificado de la forma adecuada para soportar la fuerza ascendente vertical neta (consulte las directrices adicionales en los comentarios de la sección 3.1.8).

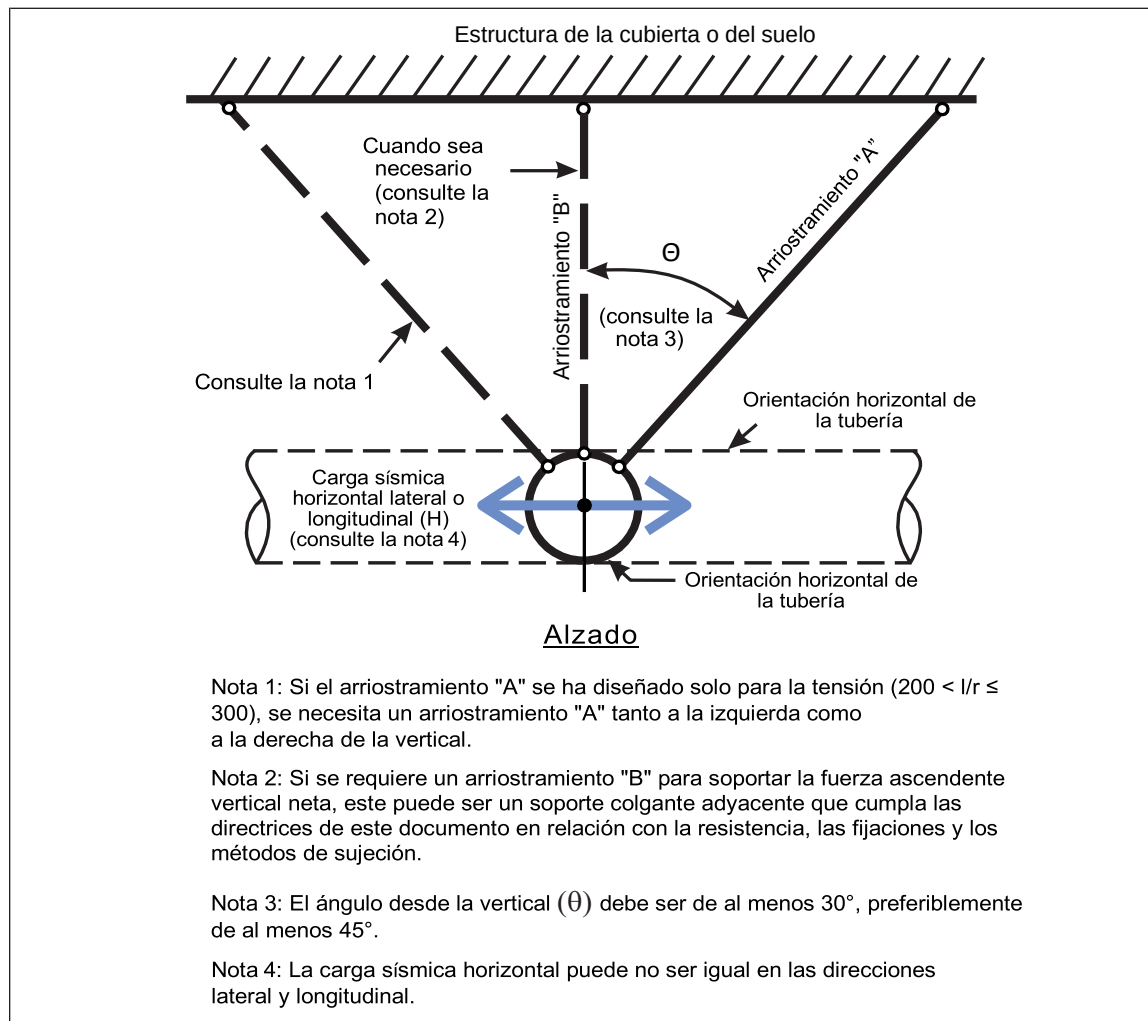


Figura 2.2.1.3.5-A. Arriostramiento lateral o longitudinal en una tubería horizontal que utiliza un arriostramiento vertical y otro diagonal

2.2.1.3.6 Seleccione el método adecuado para fijar el arriostramiento a la estructura y a la tubería de acuerdo con las siguientes directrices. Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.9.

2.2.1.3.6.1 Disponga todas las piezas y los accesorios en línea recta de forma que se minimice la carga excéntrica en cualquier componente de arriostramiento.

2.2.1.3.6.2 Realice conexiones a la estructura y a las tuberías con componentes homologados por FM o que proporcionen una fijación mecánica positiva (por ejemplo, un perno en U conforme a la sección 2.2.1.3.2). Estas conexiones también deben ser verificables visualmente en cuanto a su correcta instalación.

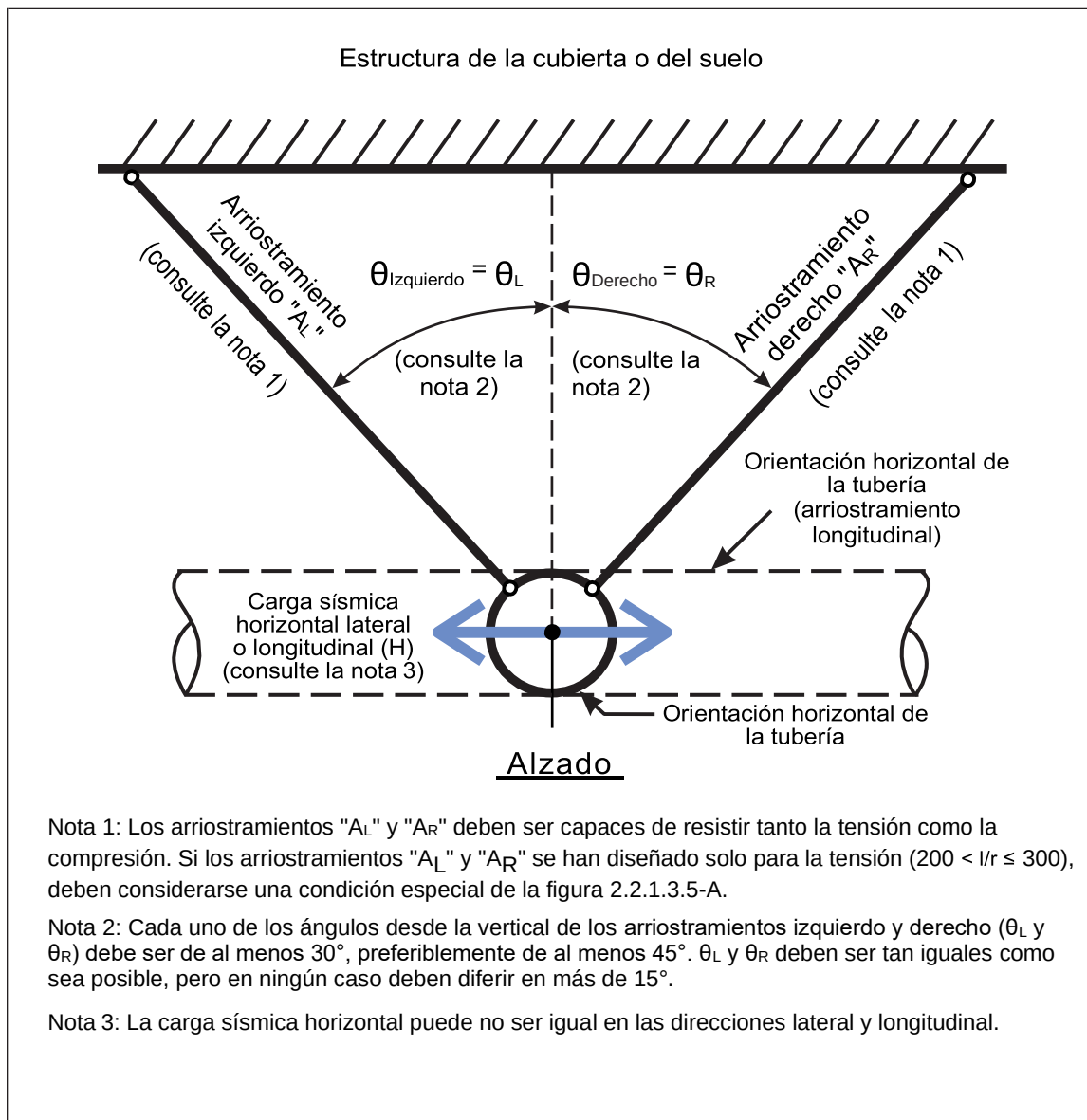


Figura 2.2.1.3.5-B. Arriostramiento lateral o longitudinal en una tubería horizontal que utiliza dos arriostramientos diagonales

2.2.1.3.6.3 Realice las fijaciones al edificio, la estantería u otra estructura de acuerdo con las siguientes directrices:

- A. Determine el esfuerzo cortante y la carga a tracción de las fijaciones según la configuración del arriostramiento (por ejemplo, las que se muestran en las figuras 2.2.1.3.5-A, 2.2.1.3.5-B y 2.2.1.3.5-C para el arriostramiento que incluye elementos diagonales individuales) y cómo se fijan las fijaciones a la estructura (por ejemplo, en la parte inferior, el lateral o el frontal del elemento estructural).
- B. En las configuraciones de arriostramiento que utilizan dos arriostramientos diagonales opuestos de tensión y compresión, distribuya la mitad más grande de la carga sísmica horizontal ($H/2$) o la carga determinada por la distribución proporcional de la carga de diseño (H) a cada fijación (como se describe en los comentarios de la sección 3.1.8 y la sección 3.1.9).
- C. En las configuraciones de arriostramiento que utilizan dos arriostramientos diagonales opuestos solo de tensión, distribuya la carga de diseño sísmico horizontal (H) completa a cada fijación porque no se considera a ninguno de los arriostramientos capaz de resistir la compresión.

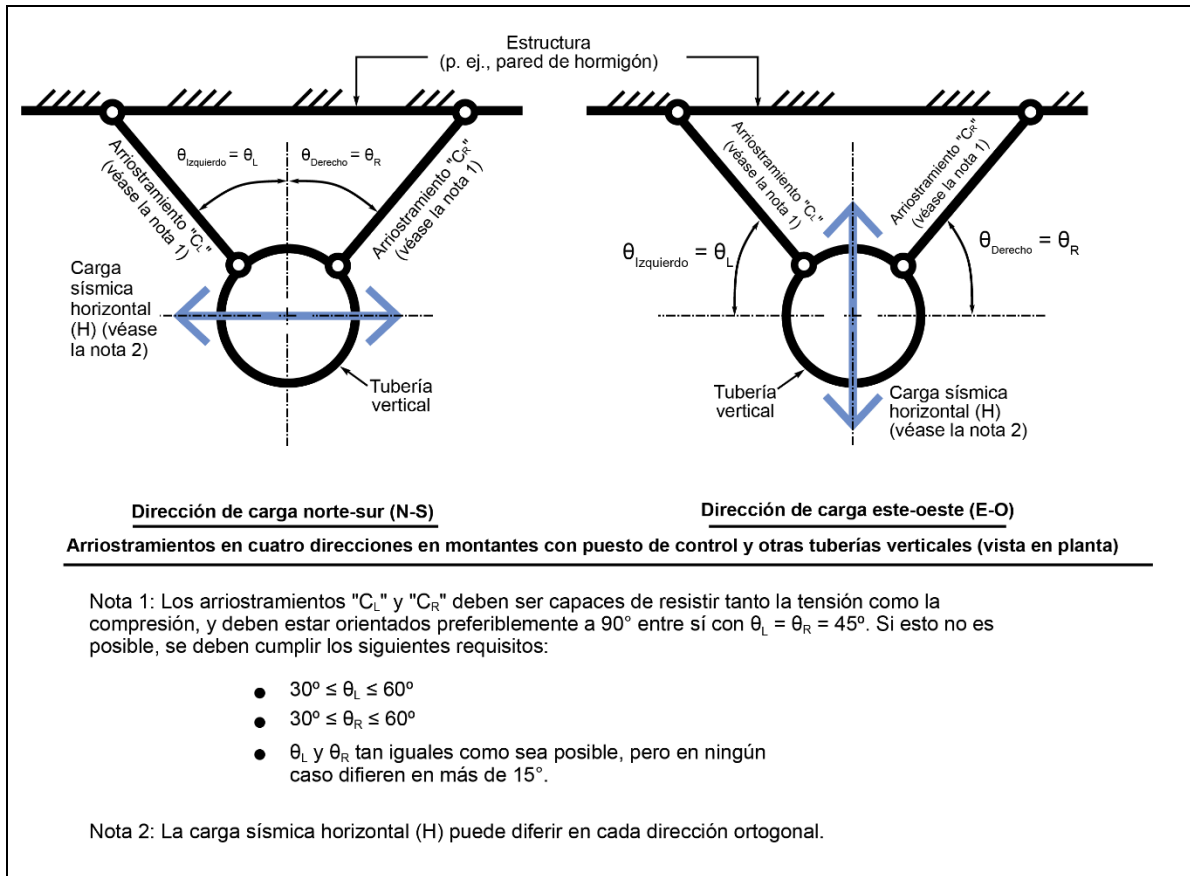


Figura 2.2.1.3.5-C. Arriostramiento en cuatro direcciones en montantes con puesto de control y otras tuberías verticales con dos arriostramientos diagonales

D. Si los elementos estructurales no cumplen cualesquiera requisitos mínimos establecidos (por ejemplo, si los elementos de madera no tienen las dimensiones adecuadas) o siempre que haya dudas en cuanto a su capacidad de carga, proporcione documentación de verificación junto con la información de diseño del sistema de que el elemento estructural y el punto de conexión del arriostramiento pueden soportar la carga prevista. Cuando sea necesario reforzar los elementos estructurales, incluya un análisis de ingeniería estructural o documentación de verificación con la información de diseño del sistema.

2.2.1.3.6.4 Realice las fijaciones a los elementos de madera de acuerdo con lo siguiente:

- Conecte los arriostramientos a los componentes de madera con pernos pasantes siempre que sea posible. Si la configuración de la cubierta u otros factores hacen que el uso de pernos pasantes sea poco práctico, se podrán utilizar tirafondos.
- No utilice pernos pasantes ni tirafondos en elementos de madera de menos de 90 mm (3,5 in) en su dimensión más pequeña.
- Coloque los pernos pasantes y los tirafondos de forma dimensional con respecto a los elementos estructurales de acuerdo con la figura 2.2.1.3.6-A.
- Taladre previamente los orificios de los pernos pasantes con un diámetro de 0,8 o 1,6 mm (1/32 o 1/16 in) mayor que el diámetro del perno.
- Taladre previamente orificios guía para los tirafondos de acuerdo con la tabla 2.2.1.3.6 y la figura 2.2.1.3.6-B.
- Instale los tirafondos girándolos con una llave apropiada, en lugar de insertarlos con un martillo.
- En lugar de realizar cálculos, seleccione el tamaño adecuado de la fijación en las tablas 3.1.9-A a 3.1.9-D, en los comentarios de la sección 3.1.9 sobre pernos pasantes y tirafondos para madera. Como alternativa, calcule el tamaño adecuado de la fijación según las capacidades del Diseño por tensiones permitidas (ASD) determinadas en la norma del American Wood Council (AWC) ANSI/AWC NDS, *National Design Specification (NDS) for Wood Construction* (que incluye el factor de duración de carga permitida) o en un código o norma de construcción local similar.

2.2.1.3.6.5 Realice las fijaciones a los componentes de hormigón de acuerdo con lo siguiente:

- No utilice pistolas de fijación para fijar el arriostramiento a los componentes de hormigón del sistema estructural.

B. Cumpla los siguientes requisitos para los anclajes de hormigón post-instalados (por ejemplo, anclajes de expansión o de cuña instalados en hormigón endurecido):

1. Utilice anclajes de cuña o de expansión certificados para su uso en aplicaciones sísmicas por la autoridad jurisdiccional local basándose en las pruebas que establecen los parámetros para el diseño de anclajes (consulte los comentarios de la sección 3.1.9).
2. Proporcione una distancia mínima del borde que sea 12 veces el diámetro del perno ($12 D_p$) con una profundidad mínima de empotramiento nominal (es decir, antes del montaje del anclaje) de $6 D_p$ ($7 D_p$ para anclajes de 12 mm [0,5 in]), salvo disposición contraria del fabricante y siempre que proporcionen cálculos para validar la idoneidad.
3. Todos los detalles de la instalación deben cumplir las instrucciones del fabricante y las directrices establecidas por la autoridad jurisdiccional local que regulen las cargas nominales, incluidos los requisitos de inspección o certificación de resistencia del hormigón.
4. Incluya documentación de verificación de la capacidad del elemento estructural y el punto de conexión para soportar la carga prevista con la información del diseño del sistema.

C. En lugar de realizar cálculos, seleccione el tamaño de fijación adecuado (que cumpla las condiciones del apartado B anterior) en la tabla 3.1.9-E o en la tabla 3.1.9-F, en los comentarios de la sección 3.1.9 sobre anclajes de expansión o de cuña. También puede calcular el tamaño adecuado de la fijación en función de las capacidades de ASD para los anclajes de hormigón post-instalados seleccionados de la línea de productos de un fabricante que cumplan las cuatro condiciones del apartado B anterior, así como las siguientes condiciones:

1. Establezca las capacidades de corte y tensión de un anclaje o un grupo de anclajes mediante la norma ACI 318 del American Concrete Institute, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, o un código o norma de construcción local equivalente. Reduzca las capacidades de corte y tensión de ACI 318 para tener en cuenta la sobrerresistencia según ASCE 7 (Ω_o) y los factores de carga multiplicando el valor LRFD (Diseño por factores de carga y resistencia, *Load and Resistance Factor Design*, por sus siglas en inglés) de ACI 318 por 0,42 o el valor de ASD de ACI 318 por 0,6.

2. La relación entre el esfuerzo cortante y la carga a tracción reales calculados y el esfuerzo cortante y la carga a tracción permitidos debe ajustarse a las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} (C_{\text{REAL}}/C_{\text{PER}}) + (T_{\text{REAL}}/T_{\text{PER}}) &\leq 1,2 \\ (C_{\text{REAL}}/C_{\text{PER}}) &\leq 1,0 \\ (T_{\text{REAL}}/T_{\text{PER}}) &\leq 1,0 \end{aligned}$$

donde

C_{REAL} = esfuerzo cortante real calculado (consulte los comentarios de la sección 3.1.9)

C_{PER} = esfuerzo cortante de ASD permitido aprobado por la autoridad jurisdiccional local (incluida la sobrerresistencia [Ω_o] y las reducciones del factor de carga)

T_{REAL} = carga a tracción real calculada (consulte los comentarios de la sección 3.1.9)

T_{PER} = carga a tracción permitida de ASD aprobada por la autoridad jurisdiccional local (incluida la sobrerresistencia [Ω_o] y las reducciones del factor de carga)

D. Se pueden utilizar insertos de hormigón moldeados in situ en lugar de anclajes de expansión si son aptos para su uso en aplicaciones sísmicas y las cargas de ASD aprobadas por la jurisdicción competente para los insertos (incluida la sobrerresistencia [Ω_o] y las reducciones del factor de carga) son mayores o iguales que los valores del anclaje de expansión especificado en el que se basan las tablas 3.1.9-E y 3.1.9-F (consulte las notas de las tablas). Alternativamente, puede determinar la capacidad de ASD de un inserto de hormigón moldeado in situ sísmicamente apto mediante cálculos similares a los descritos anteriormente en los apartados B y C para anclajes de hormigón post-instalados.

2.2.1.3.6.6 Realice las fijaciones a los elementos estructurales de acero de acuerdo con lo siguiente:

A. Realice fijaciones a los elementos estructurales de acero (por ejemplo, vigas en I laminadas en caliente o tubos formados en frío) en ubicaciones donde el acero no tenga menos de 2,65 mm (0,1046 in) de grosor (es decir, de calibre 12 o superior) utilizando pernos pasantes en orificios taladrados, espárragos soldados o elementos de conexión homologados por FM para la resistencia de cargas sísmicas. No utilice pistolas de fijación ni abrazaderas en C (incluidas las que cuentan con correas de sujeción) para fijar el arriostramiento a los elementos estructurales de acero.

B. En lugar de realizar cálculos, seleccione el tamaño de fijación adecuado en las tablas 3.1.9-G o 3.1.9-H para pernos pasantes. También puede calcular el tamaño adecuado de las fijaciones según las capacidades de ASD determinadas en la norma 360 de Steel Construction (AISC), *Specification for Structural Steel Buildings*, o un código o norma de construcción local (excepto que no se aplicará ningún aumento en la capacidad de ASD permitida para la carga sísmica, que normalmente es de un tercio).

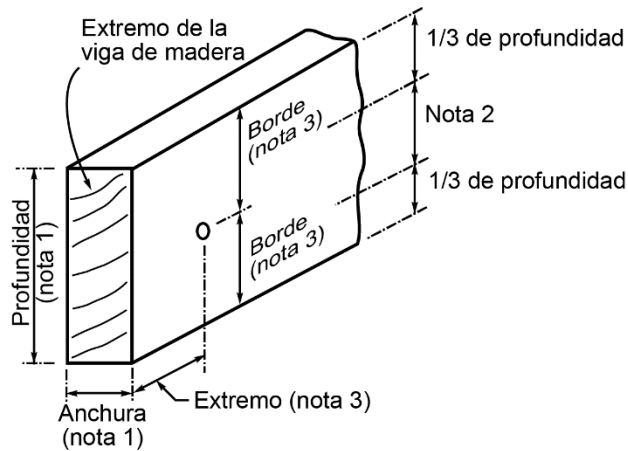
C. Instale espárragos soldados, con capacidades de carga adecuadas para la carga de diseño sísmico horizontal prevista (H), de acuerdo con la norma D1.1 de la American Welding Society, *Structural Welding Code*, o una norma internacional equivalente.

D. Para las fijaciones a otros tipos de elementos estructurales de acero, como una correa "C" o "Z", una viga de soporte o una cercha abierta de calibre ligero (p. ej., un calibre de 13 a 30, que corresponde a un grosor inferior a 2,65 mm [0,1046 in]), determine la idoneidad del elemento estructural y el punto de conexión para soportar la carga prevista como parte del diseño del sistema e incluya este dato con la información de diseño del sistema. Es preferible que los arriostramientos se fijen cerca de la parte superior de estos elementos. No instale los arriostramientos de ninguno de los modos siguientes:

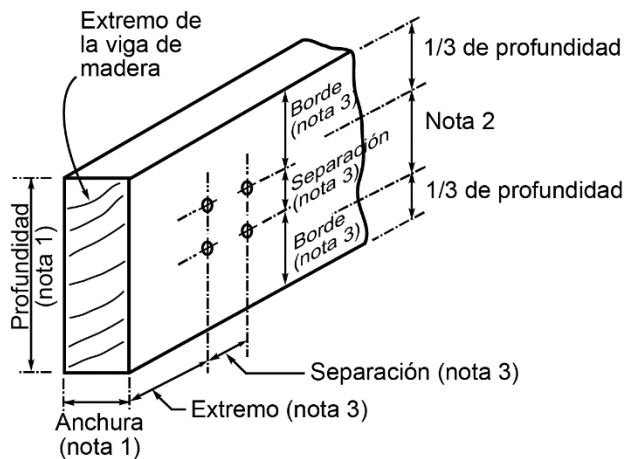
1. En el ala inferior o en el alma cerca del ala inferior de una correa "C" o "Z" (a menos que el ala esté arriostrada para transferir adecuadamente la fuerza a la parte superior de las correas adyacentes).
2. En el cordón inferior de una cercha abierta o viga de soporte ligeras (a menos que el cordón inferior esté arriostrado para transferir adecuadamente la fuerza a las partes superiores de los elementos adyacentes).
3. En los elementos estructurales de las cerchas abiertas o las viguetas.
4. Instalando pernos en la ranura entre dos elementos estructurales que forman una viga de tipo celosía.
5. En una cubierta de acero sin relleno de hormigón estructural (que no esté considerada como un elemento estructural de acero).

2.2.1.3.6.7 Realice fijaciones a las tuberías de rociadores de acuerdo con las siguientes directrices. Consulte las figuras 3.1.1-A y 3.1.1-B en los comentarios de la sección 3.1.1 para ver ejemplos de fijación de arriostramiento a tuberías.

- A. Realice conexiones capaces de soportar la carga sísmica prevista directamente a las tuberías de rociadores con conectores homologados por FM o con una abrazadera de tubería, un perno en U que se fije mecánicamente al arriostramiento con tuercas y arandelas, u otros medios de fijación mecánica positiva.
- B. Evite utilizar métodos de fijación poco ajustados que permitan un movimiento excesivo, como anillos de tubería.
- C. Proporcione documentación de verificación de la capacidad de carga de la fijación a la tubería junto con la información de diseño del sistema.



Un perno pasante o tirafondo (nota 4)



Varios pernos pasantes o tirafondos (nota 4)

Notas:

1. Fijar a elementos de madera que tengan una anchura y una profundidad mínimas de 90 mm (3,5 in). Fijar a vigas más profundas, si es necesario, para cumplir la distancia mínima del borde y de separación.

2. Instale los pernos pasantes o los tirafondos dentro del tercio medio de la profundidad de la viga cumpliendo las distancias mínimas del extremo, del borde y de separación.

3. Las distancias mínimas, expresadas como múltiplos del diámetro del perno pasante o el tirafondo (D) y medidas desde el eje del orificio del perno pasante o el tirafondos, son:

- 7D hasta los extremos de las vigas
- 4D hasta los bordes de las vigas
- Separación de 4D entre pernos

4. Instale arandelas estándar, u otra pieza de metal, entre la madera y las cabezas/tuercas de los pernos pasantes y los tirafondos.

Figura 2.2.1.3.6-A. Emplazamientos dimensionales de tirafondos y pernos pasantes en madera

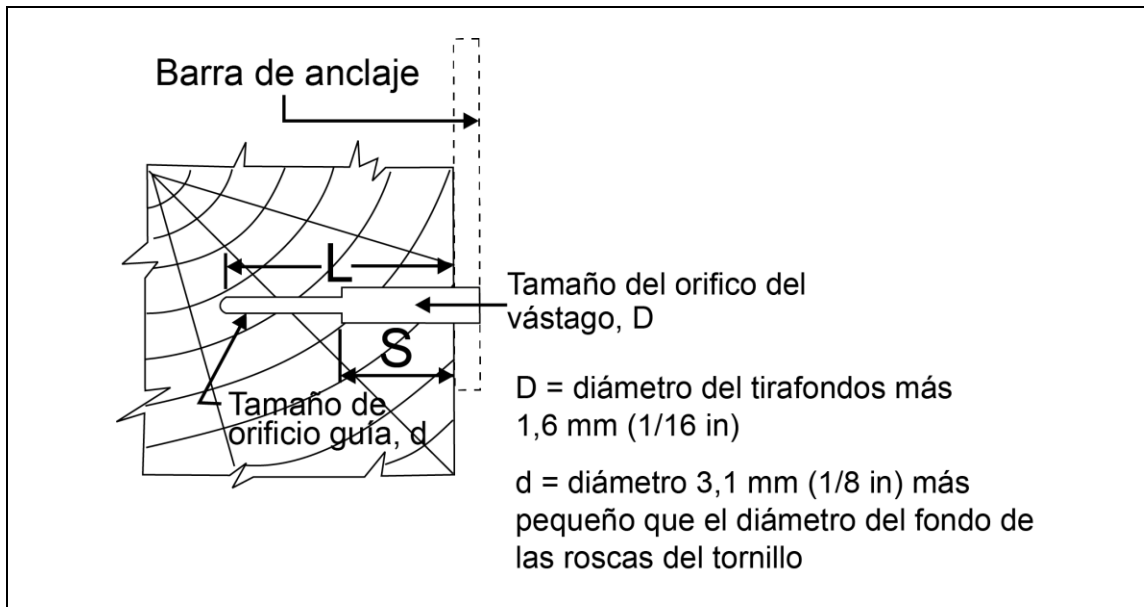


Figura 2.2.1.3.6-B. Tamaño de los orificios para los tirafondos (usar con la tabla 2.2.1.3.6)

Tabla 2.2.1.3.6. Dimensiones de los orificios para los tirafondos

Longitud del tirafondos bajo la cabeza, L, mm (in)	Longitud del vástago,* S, mm (in)	Profundidad del orificio guía, * mm (in)
50 (2)	13 (1/2)	45 (1-3/4)
75 (3)	25 (1)	70 (2-3/4)
100 (4)	40 (1-1/2)	95 (3-3/4)
125 (5)	50 (2)	120 (4-3/4)
150 (6)	65 (2-1/2)	145 (5-3/4)
180 (7)	75 (3)	175 (6-3/4)
200 (8)	90 (3-1/2)	195 (7-3/4)

*La profundidad del orificio del vástago es la longitud del vástago menos el grosor de la fijación. Para otras profundidades de orificio, utilice solo la perforación del orificio guía.

2.2.1.4 Flexibilidad necesaria para permitir un movimiento diferencial

2.2.1.4.1 Proporcione la flexibilidad adecuada entre las partes de los sistemas de rociadores correctamente arriostrados, soldados y no soldados, independientemente del diámetro de la tubería, que se prevé que se muevan de forma diferencial entre sí mediante las siguientes directrices y técnicas.

Las directrices de esta sección se aplican a las tuberías de acero. Consulte la sección 2.2.1.9 para obtener información sobre tuberías de otro material.

2.2.1.4.2 Si se instalan más acoplamientos flexibles de lo recomendado en esta sección, proporcione un arriostramiento lateral adicional para evitar el movimiento excesivo de las tuberías de acuerdo con las secciones 2.2.1.1.2.3, 2.2.1.1.4.3 y 2.2.1.1.5.1.E.

2.2.1.4.3 Dote de flexibilidad a montantes con puesto de control de rociadores de acuerdo con las siguientes recomendaciones.

2.2.1.4.3.1 Proporcione un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) de la parte superior e inferior de cada montante con puesto de control individual que esté conectado directamente a las tuberías enterradas (consulte la figura 3.1.3 en los comentarios de la sección 3.1.3 para obtener más información). Esto es

aplicable a los montantes con puesto de control ubicados en el exterior y el interior de los edificios. Si existen sistemas de tuberías soldadas desde el montante con puesto de control hasta los colectores de distribución, se puede omitir el acoplamiento flexible de la parte superior del montante.

2.2.1.4.3.2 Cuando se abastecen varios montantes con puesto de control mediante una única conexión de colector a una tubería enterrada, proporcione a cada montante con puesto de control un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) de la parte superior, y un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) de la parte inferior donde se conecta al colector. Coloque la tubería del colector horizontal a un máximo de 0,9 m (3 ft) sobre el nivel del suelo y arriostre la tubería del colector cuando sea necesario (consulte la sección 2.2.1.1.2.4). Conecte el colector horizontal al montante con puesto de control principal y este a la tubería de alimentación del colector a nivel del suelo con bridas u otras conexiones rígidas (consulte la figura 2.2.1.1.2). Si existen sistemas de tuberías soldadas desde el montante con puesto de control hasta los colectores de distribución, se puede omitir el acoplamiento flexible de la parte superior del montante.

2.2.1.4.3.3 En los montantes con puesto de control de edificios de varias plantas, se necesitan acoplamientos flexibles adicionales en cada planta. Si la tubería no pasa a través de una losa del suelo, una placa de acero, etc. (p. ej., si se encuentra en una torre abierta) o si pasa a través de uno de estos elementos y los espacios libres cumplen las recomendaciones de la sección 2.2.1.5.1, coloque el acoplamiento flexible a no más de 0,3 m (1 ft) del suelo (ya sea por encima o por debajo del suelo; consulte la figura 2.2.1.4.3). Si los espacios libres son inferiores a lo dispuesto en la sección 2.2.1.5.1, instale acoplamientos flexibles a no más de 0,3 m (1 ft) tanto por encima como por debajo del suelo. (Excepción: el acoplamiento flexible por debajo del suelo debe estar situado debajo de cualquier tubería principal que suministre a ese suelo).

2.2.1.4.3.4 No se necesitan acoplamientos flexibles en los montantes con puesto de control situados debajo del piso que descansan directamente sobre el suelo; sin embargo, sí es necesario un acoplamiento flexible por encima de la planta baja, tal y como se recomienda en las secciones 2.2.1.4.3.1 y 2.2.1.4.3.2.

2.2.1.4.3.5 Proporcione un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) por encima o por debajo de cualquier punto intermedio de los arriostramientos para montantes con puesto de control. Si existen tuberías soldadas desde el montante con puesto de control a través de colectores de distribución, se pueden omitir estos acoplamientos flexibles.

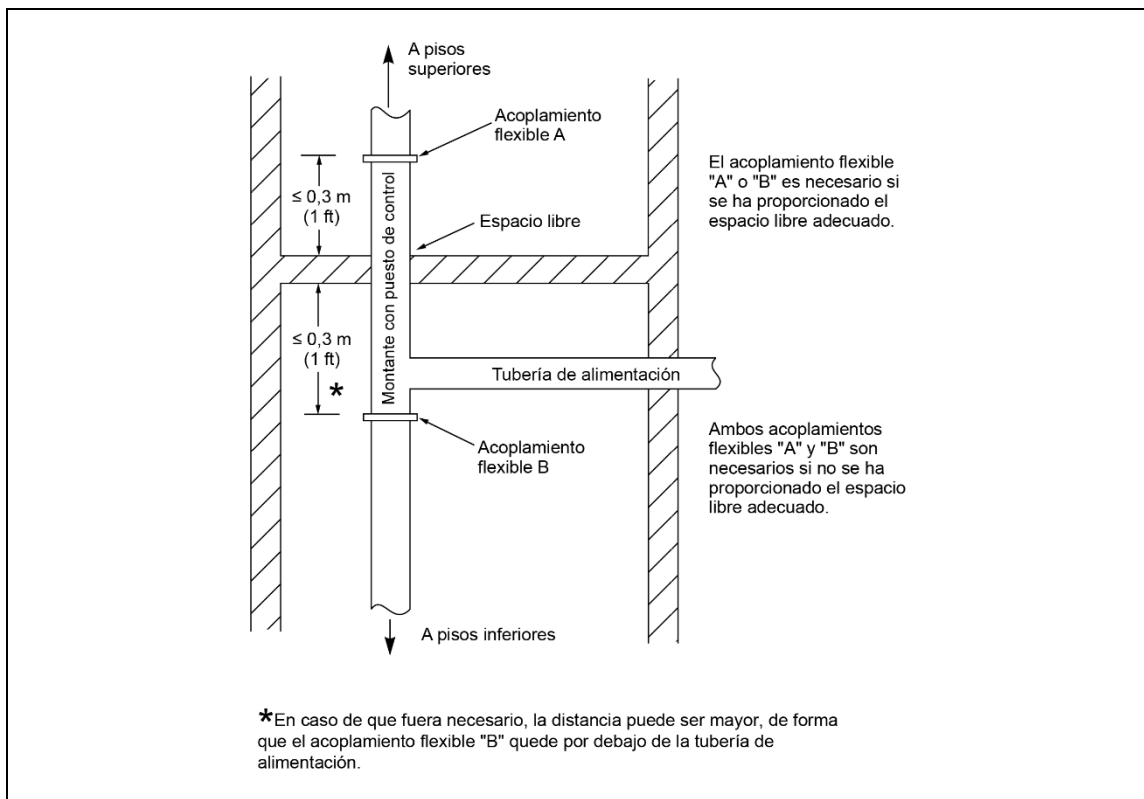


Figura 2.2.1.4.3. Disposición de acoplamientos flexibles para montantes con puesto de control que pasan a través de suelos de edificios de varias plantas.

2.2.1.4.4 Proporcione flexibilidad en las tuberías de alimentación y los colectores de distribución según las siguientes recomendaciones.

2.2.1.4.4.1 Proporcione un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) por encima o por debajo de los puntos intermedios de arriostramiento de las tuberías principales verticales. Si existen tuberías soldadas desde el montante con puesto de control a través de colectores de distribución, se pueden omitir estos acoplamientos flexibles.

2.2.1.4.4.2 Proporcione acoplamientos flexibles a no más de 0,6 m (2 ft) de la parte superior e inferior de las tuberías verticales que tengan una longitud mínima de 1,8 m (6 ft) (junto con el arriostramiento recomendado en la sección 2.2.1.1.3.1). Si existen tuberías soldadas desde el montante con puesto de control a través de colectores de distribución, se pueden omitir estos acoplamientos flexibles.

2.2.1.4.4.3 Proporcione un conjunto de separación sísmica, un anillo de tubería flexible homologado por FM u otra disposición equiparable de acuerdo con la sección 2.2.1.4.8 donde las tuberías principales crucen la junta antisísmica de un edificio o se extiendan entre edificios o estructuras independientes.

2.2.1.4.4.4 pasen a través de una junta antisísmica del edificio o se extiendan entre edificios o estructuras independientes.

2.2.1.4.4.5 Si una tubería principal pasa a través de una pared y no se cumplen los requisitos (por ejemplo, espacios libres) de la sección 2.2.1.5.1, instale acoplamientos flexibles a no más de 0,3 m (1 ft) desde cada lado de una pared. Si existen tuberías soldadas desde el montante con puesto de control a través de colectores de distribución, se pueden omitir estos acoplamientos flexibles.

2.2.1.4.5 Dote de flexibilidad a los sistemas de rociadores intermedios de acuerdo con las siguientes directrices.

2.2.1.4.5.1 Proporcione acoplamientos flexibles en la parte superior e inferior (y en los puntos intermedios del apoyo lateral) de cada montante con puesto de control del sistema de rociadores intermedios según sea necesario para otras tuberías verticales, tanto en los casos en los que el montante con puesto de control del sistema de rociadores intermedios esté conectado directamente a las tuberías enterradas como si está conectada directamente al montante con puesto de control del sistema de rociadores de techo (consulte las secciones 2.2.1.4.3.1, 2.2.1.4.3.2, 2.2.1.4.3.5 y la figura 2.2.1.4.5-A).

2.2.1.4.5.2 Proporcione un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) por encima o por debajo de los puntos intermedios del arriostramiento del montante con puesto de control del sistema de rociadores intermedios u otra tubería vertical. Excepto en el caso de bajantes de tuberías que suministran a rociadores intermedios, en los que existen sistemas de tuberías soldadas desde el montante con puesto de control hasta los colectores de distribución, se pueden omitir estos acoplamientos flexibles.

2.2.1.4.5.3 Proporcione un conjunto de separación sísmica, un anillo de tubería flexible homologado por FM u otra disposición equiparable de acuerdo con la sección 2.2.1.4.8 donde cualquier tubería del sistema de rociadores intermedios pueda cruzar una junta antisísmica del edificio o extenderse entre edificios o estructuras independientes. Consulte la sección 2.2.1.4.5.4 para obtener información sobre las bajantes hasta las estanterías.

2.2.1.4.5.4 En las bajantes que alimentan a los rociadores intermedios desde las tuberías a nivel de techo, proporcione un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) de la conexión de la bajante de tubería a las tuberías a nivel de techo o a una garrota, además de un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) sobre la fijación inicial de la bajante de tubería de los rociadores intermedios a la estantería (consulte la figura 2.2.1.4.5-B). Utilice acoplamientos flexibles que permitan una desviación angular desde el eje no inferior a la necesaria para adaptarse, dentro de la distancia existente entre los dos acoplamientos flexibles, la desviación lateral prevista del edificio (en la ubicación de la tubería a nivel de techo) más la desviación lateral prevista de la estantería (en la ubicación de la fijación inicial a la estantería). A menos que se calcule de otro modo, suponga que la desviación lateral de cada estructura es un 1,5 % de la altura desde la base hasta el punto en el que se fija la tubería.

Si los dos acoplamientos flexibles no pueden adaptarse a la desviación lateral, proporcione en su lugar una tubería flexible homologada por FM en la parte superior e inferior de la bajante, un anillo de tubería homologado por FM de acuerdo con la sección 2.2.1.4.8 en la parte superior y/o inferior de la bajante u otra solución diseñada a propósito. Consulte los comentarios adicionales para 2.2.1.4.8 en la sección 3.1.10.

2.2.1.4.5.5 Proporcione acoplamientos flexibles en el tramo horizontal de las tuberías de los rociadores intermedios a no más de 0,6 m (2 ft) de las conexiones a las bajantes verticales de tuberías (consulte la figura 2.2.1.4.5-B).

2.2.1.4.5.6 Si las bajantes de tuberías que suministran a los rociadores intermedios están conectadas a las tuberías a nivel de techo mediante una garrota, no proporcione acoplamientos flexibles en la garrota. No obstante, debe proporcionar un soporte colgante de un tipo que resista el movimiento vertical ascendente de acuerdo con la sección 2.2.1.8.1.3 y la figura 2.2.1.4.5-B.

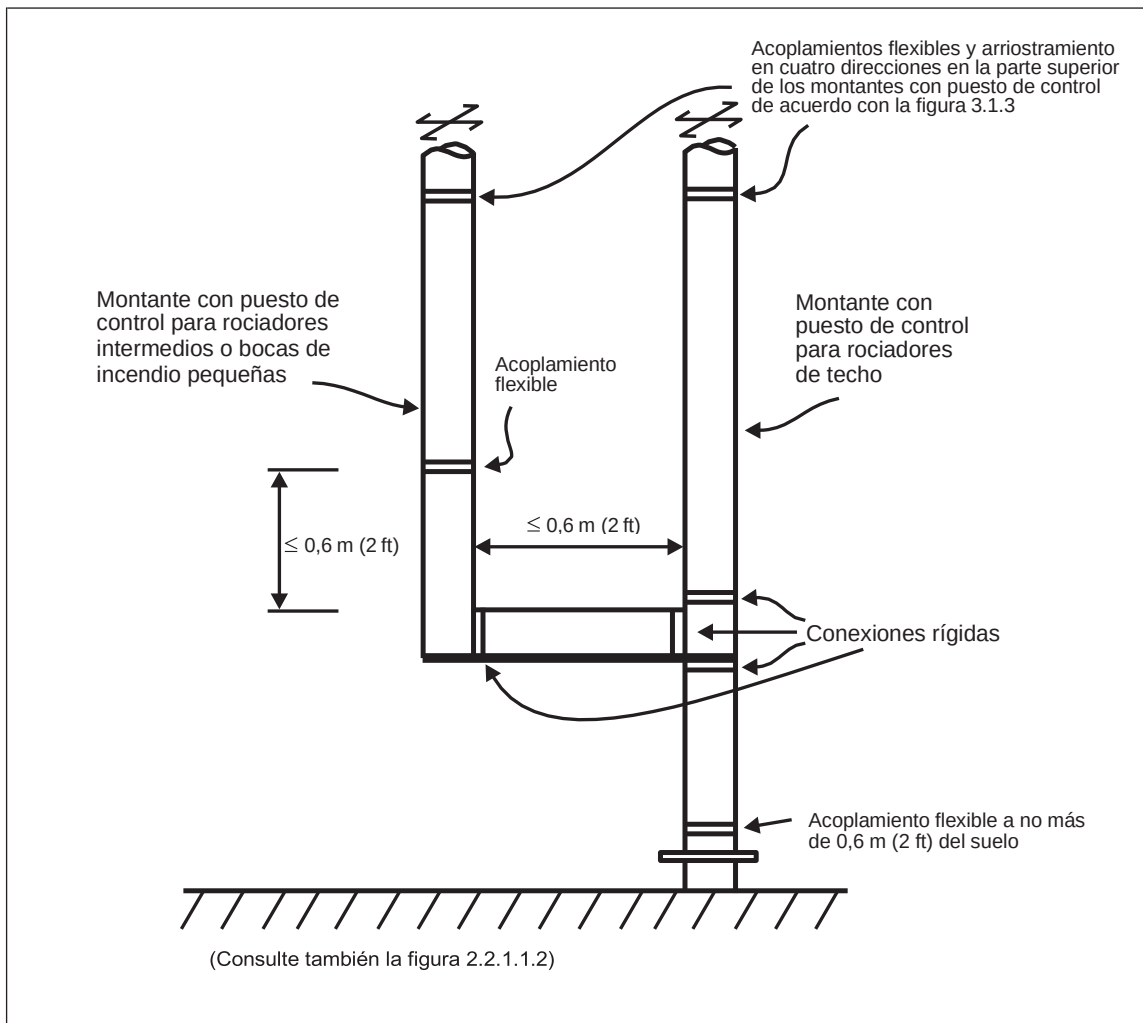


Figura 2.2.1.4.5-A. Disposición de montantes con puesto de control combinados para rociadores de techo y rociadores intermedios/bocas de incendio

2.2.1.4.6 En las bajantes hasta debajo de falsos techos, entreplantas, pasarelas, etc., que suministran a más de un rociador (consulte la figura 2.2.1.4.6), proporcione flexibilidad de acuerdo con las siguientes directrices.

2.2.1.4.6.1 Proporcione un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) de la conexión a las tuberías a nivel de techo o a las garrotas para bajantes de tuberías que superen los 0,6 m (2 ft) de longitud.

2.2.1.4.6.2 Proporcione acoplamientos flexibles en la parte horizontal a no más de 0,6 m (2 ft) de cualquier te o codo que conecte bajantes de tuberías a tuberías de rociadores por debajo de techos, entreplantas, pasarelas, etc.

2.2.1.4.6.3 Proporcione un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) por encima o por debajo de cualquier punto de arriostros en la bajante cuando sea necesario para absorber el movimiento diferencial.

2.2.1.4.6.4 Si las bajantes de tuberías están conectadas a tuberías a nivel de techo a través de una garrota, no proporcione acoplamientos flexibles en la propia garrota. Consulte la sección 2.2.1.8.1.3 para obtener instrucciones sobre los soportes colgantes que sujetan las garrotas.

2.2.1.4.6.5 Si la bajante se encuentra entre dos estructuras independientes (por ejemplo, tuberías en la cubierta de un edificio que suministran a una estructura de entreplanta interior independiente), proporcione flexibilidad adicional (por ejemplo, tuberías flexibles homologadas por FM tanto en la parte superior como en la inferior de la bajante, o un anillo de tubería flexible de acuerdo con la sección 2.2.1.4.8 en la parte superior o en la inferior de la bajante) si las desviaciones previstas superan las que pueden absorber los acoplamientos flexibles por sí solos. A menos que se calcule de otro modo, suponga que la desviación lateral de cada estructura es un 1,5 % de la altura desde la base hasta el punto en el que se acopla la tubería y que las estructuras pueden moverse en sentidos opuestos. Consulte los comentarios para 2.2.1.4.8 en la sección 3.1.10 para obtener directrices adicionales.

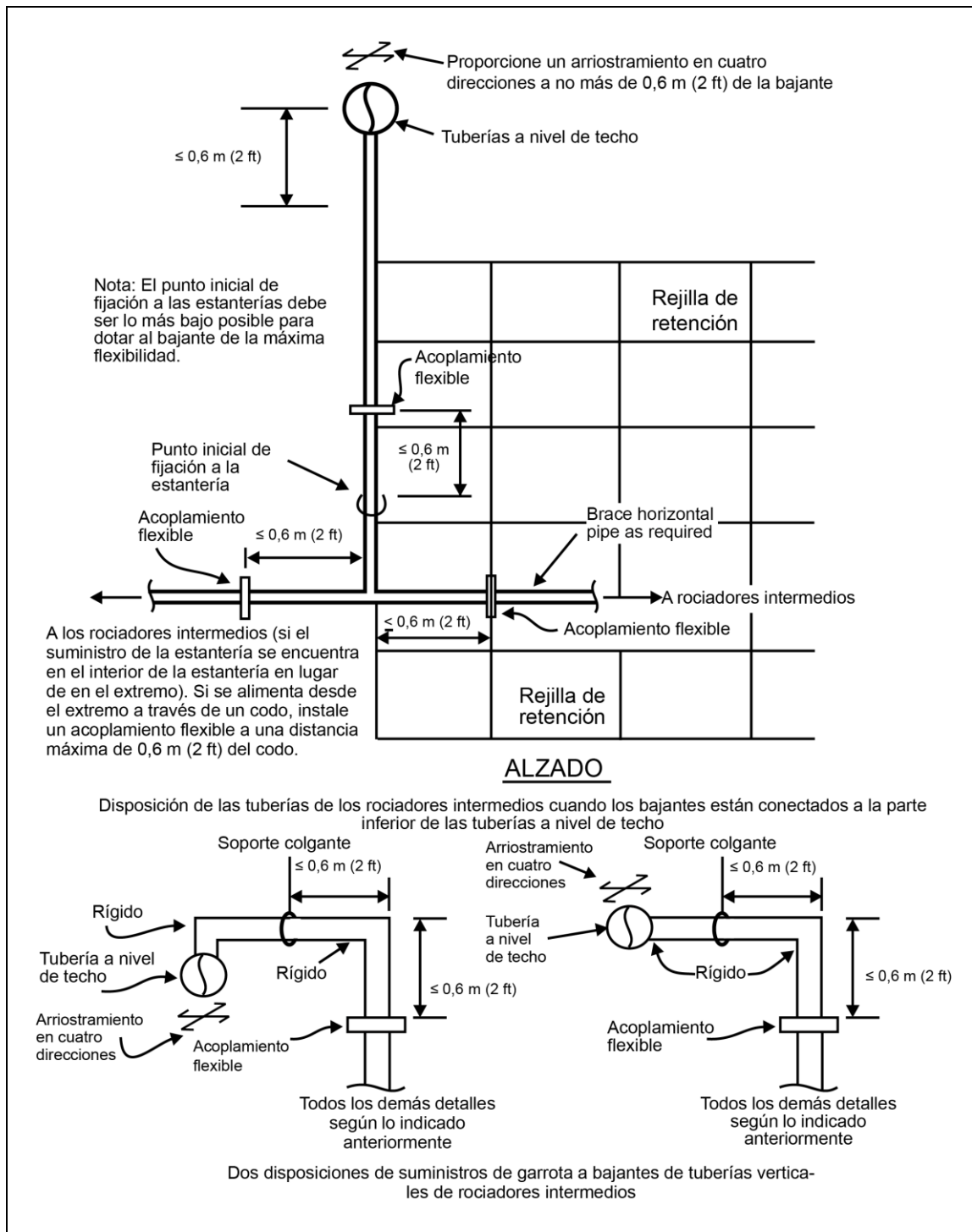


Figura 2.2.1.4.5-B. Disposición de tuberías de alimentación para rociadores intermedios

2.2.1.4.7 Proporcione flexibilidad para el soporte de mangueras/la tubería colectora de acuerdo con las siguientes directrices.

2.2.1.4.7.1 Proporcione acoplamientos flexibles en cada montante con puesto de control de mangueras tal como requerido para otros montantes con puesto de control. Para los acoplamientos flexibles en la parte superior e inferior del montante con puesto de control, consulte la sección 2.2.1.4.3.1 o 2.2.1.4.3.2 y la figura 2.2.1.4.5-A. Para los acoplamientos flexibles en puntos intermedios del arriostramiento en el montante con puesto de control, consulte la sección 2.2.1.4.3.5.

2.2.1.4.7.2 Proporcione un conjunto de separación sísmica, un anillo de tubería flexible homologado por FM u otra disposición equivalente de acuerdo con la sección 2.2.1.4.8 donde cualquier tubería de la red de mangueras cruce una junta antisísmica del edificio o entre edificios o estructuras independientes.

2.2.1.4.7.3 Proporcione acoplamientos flexibles a no más de 0,6 m (2 ft) de la conexión a las tuberías a nivel de techo o a la garrota para bajantes de tuberías de mangueras con una longitud superior a 0,6 m (2 ft).

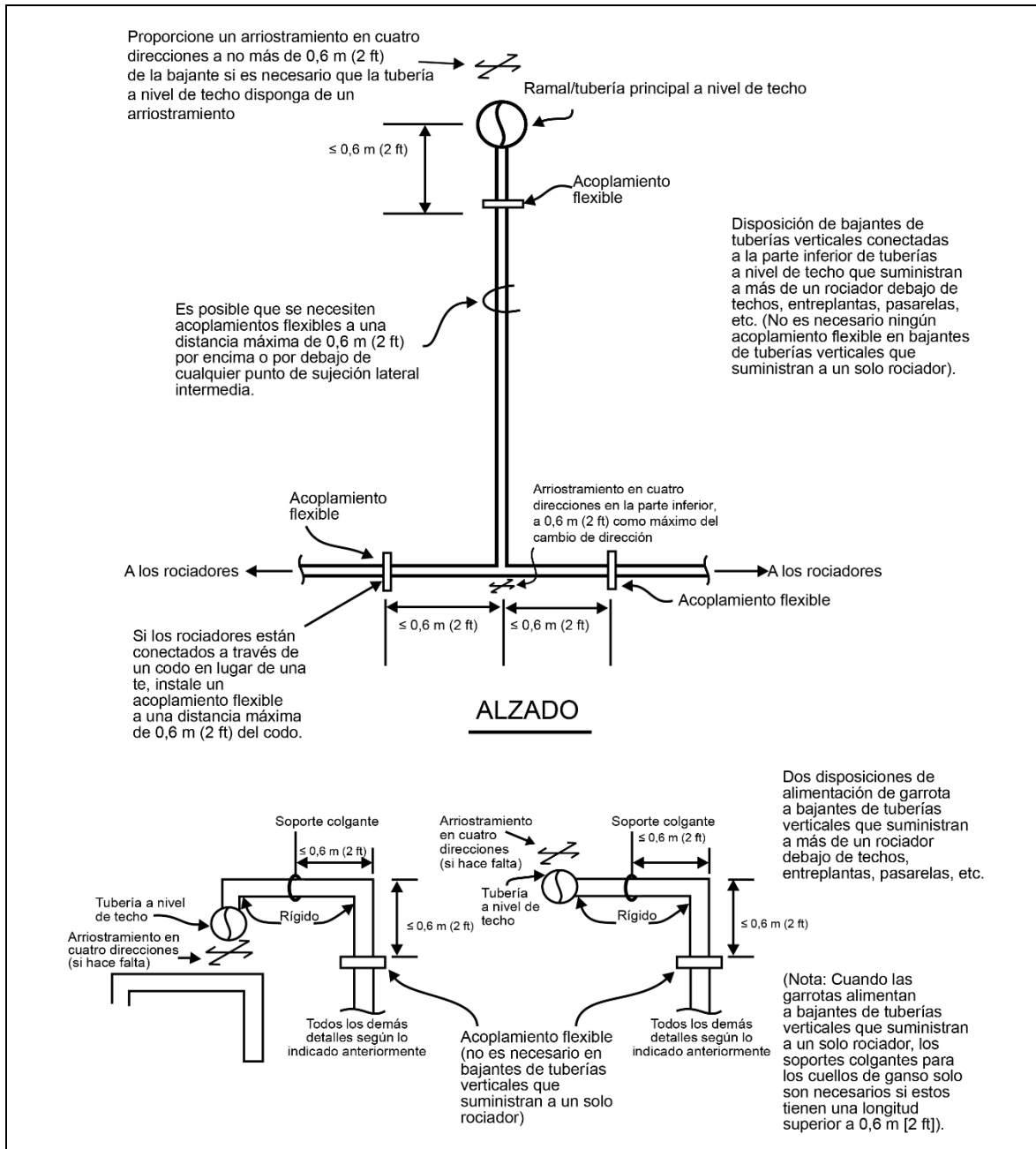


Figura 2.2.1.4.6. Disposición de bajantes de tubería que suministran a rociadores bajo techos, entreplantas, pasarelas, etc.

2.2.1.4.8 Instale conjuntos de separación sísmica (o anillos de tuberías flexibles, tuberías o accesorios flexibles homologados por FM) que permitan un movimiento sísmico adecuado en dos direcciones horizontales ortogonales, así como verticalmente en todas las tuberías del sistema de protección contra incendios que pasen a través de una junta antisísmica del edificio, u otra separación entre

dos edificios o estructuras independientes, por encima del nivel del suelo. Otros métodos diseñados a propósito que proporcionen un grado de flexibilidad equivalente en las tres direcciones pueden ser aceptables. Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.10.

2.2.1.5 Espacio libre

2.2.1.5.1 Proporcione un espacio libre alrededor de las tuberías a través de paredes o suelos de acuerdo con las siguientes directrices.

2.2.1.5.1.1 Salvo lo permitido en la sección 2.2.1.5.1.2, si las tuberías pasan por paredes, plataformas, entreplantas, cubiertas o suelos, proporcione un orificio o un pasamuro con un diámetro nominal 50 mm (2 in) mayor que las tuberías de DN25 (1 in) a DN90 (3,5 in), y con una longitud 100 mm (4 in) mayor que las tuberías de DN100 (4 in) y superiores. Las aberturas pueden sellarse con masilla o un mortero débil y quebradizo. Si la tubería pasa a través de una separación contra incendios, el espacio se puede rellenar con lana mineral sujeta con un collar de tubería.

2.2.1.5.1.2 No es necesario dejar un espacio libre cuando el material de la pared es quebradizo, como una placa de yeso, y no se requiere que la pared esté clasificada como resistente al fuego, ni cuando se proporcionan acoplamientos flexibles a ambos lados del paso de acuerdo con la sección 2.2.1.4.3.3 o 2.2.1.4.4.4.

2.2.1.5.2 Deje un espacio libre de al menos 50 mm (2 in) entre las tuberías y las paredes o los elementos estructurales en las siguientes ubicaciones:

- A. Entre los extremos de las tuberías y las paredes o los elementos estructurales.
- B. Si la tubería pasa a través de paredes o elementos estructurales y a continuación gira 90° para discurrir en paralelo a la pared, entre el tramo paralelo y la pared u otro elemento estructural.
- C. Si la tubería pasa a través de paredes o elementos estructurales, entre la pared y cualquier brida, accesorio u otro dispositivo de la tubería.

2.2.1.5.3 Proporcione un espacio libre para los rociadores de acuerdo con las siguientes directrices.

2.2.1.5.3.1 Para los rociadores instalados en falsos techos, proporcione un adaptador sobredimensionado a través de la loseta del techo para permitir un movimiento libre, en todas las direcciones horizontales, de no menos de 13 mm (0,5 in) y preferiblemente de no menos de 25 mm (1 in) (es decir, un orificio con un diámetro de 25 mm [1 in] a 50 mm [2 in] mayor que el diámetro del rociador o la tubería que atraviesa el techo). También es posible absorber un movimiento diferencial conectando la tubería a nivel de techo a través de una manguera flexible para rociador homologada por FM (para esta opción, el falso techo debe cumplir los requisitos de homologación de FM y contar con un diseño con protección sísmica de acuerdo con la sección 2.2.1.6.2).

2.2.1.5.3.2 Para otros tipos de rociador, deje un espacio libre vertical y horizontal de al menos 50 mm (2 in) con respecto a los elementos estructurales o no estructurales. Se puede aceptar un espacio libre más reducido si el sistema está configurado de manera que se prevé un movimiento relativo menor entre el rociador y el objeto (por ejemplo, proporcionando soportes colgantes que limiten el movimiento vertical ascendente de acuerdo con la sección 2.2.1.8.1 o conteniendo el movimiento con una manguera flexible para rociador homologada por FM) o si el rociador está protegido contra golpes. Deje más espacio libre (de 100 a 150 mm [4 a 6 in]) para los rociadores cuando sea posible.

2.2.1.6 Sujeción de elementos que pueden golpear a los rociadores

2.2.1.6.1 En el caso de estanterías de almacenamiento con rociadores intermedios, obtenga documentación acreditativa de que el anclaje y el diseño de las estanterías cumplen las normas de diseño de nueva construcción especificadas en la ficha técnica 1-2 o los requisitos de código de diseño sísmico equivalentes de la zona sísmica implicada. En ausencia de dicha acreditación, solicite un análisis sísmico realizado por personal cualificado y lleve a cabo las eventuales mejoras recomendadas. Atornille las estanterías al suelo, instale arriostros transversales entre las estanterías o utilice otras técnicas según sea necesario.

2.2.1.6.2 Ancle o arriestre los falsos techos que tengan rociadores por encima o debajo. En los techos de placas acústicas, se pueden utilizar conjuntos de arriostros con cable de retención de acero diagonal/tirante de compresión vertical y otros elementos, como se describe en la norma 7 de la American Society of Civil Engineers (ASCE), *Minimum Design Loads and Other Criteria for Buildings and Other Structures*, y en las normas de ASTM International a las que hace referencia. Se pueden utilizar otros métodos que proporcionen una sujeción equivalente. Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.11.

2.2.1.6.3 Ancle o arriestre todos los elementos restantes del equipo que pudiesen golpear la red de rociadores. Dichos equipos incluyen, entre otros, los sistemas de climatización (conductos, difusores, calefactores, etc.), las cintas transportadoras y las bandejas de cables.

2.2.1.7 Métodos de unión de tuberías

2.2.1.7.1 Utilice conexiones de tuberías rígidas o soldadas, excepto cuando se recomienden específicamente acoplamientos flexibles de acuerdo con la sección 2.2.1.4. Esto incluye todos los ramales y carretes conectados a los colectores de distribución, conexiones entre ramales y carretes, así como las dos conexiones de cualquier tramo de extracción instalado en ramales en malla para facilitar las inspecciones de limpieza. A menos que se recomiende específicamente en la sección 2.2.1.4, el uso de acoplamientos flexibles adicionales requerirá un arriostramiento lateral adicional de acuerdo con las secciones 2.2.1.1.2.3, 2.2.1.1.4.3 y 2.2.1.1.5.1.E.

2.2.1.7.2 No utilice en las redes de rociadores acoplamiento mediante abrazadera tipo isofónico (dos mitades semicirculares que encajan para conectar los extremos de los tubos y que no tienen dispositivos de indicación de par para garantizar una instalación correcta). Los accesorios de extremo plano homologados por FM (dispositivos de una pieza en los que se insertan los extremos de la tubería y que se sujetan mediante tornillos de ajuste que tienen un medio de indicación de par para garantizar que se ha aplicado el par correcto) están aprobadas para su utilización en áreas en las que se necesita protección contra terremotos, excepto cuando en otras fichas técnicas no se permita su uso (por ejemplo, en edificios de fabricación de semiconductores según la ficha técnica 7-7, *Semiconductor Fabrication Facilities*, y sobre salas blancas según la ficha técnica 1-56, *Cleanrooms*). Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.12.

2.2.1.8 Tipo, fijación y ubicaciones de los soportes colgantes

2.2.1.8.1 Siga las directrices sobre soportes colgantes de la ficha técnica 2-0, *Directrices para la instalación de rociadores automáticos*, con las siguientes excepciones.

2.2.1.8.1.1 No utilice pistolas de fijación para fijar los soportes colgantes a la estructura del edificio.

2.2.1.8.1.2 Cuando se utilicen anclajes de hormigón post-instalados e insertos de hormigón moldeados in situ, estos deben ser de un tipo apto para su uso en aplicaciones sísmicas (consulte la sección 2.2.1.3.6.5.B para obtener información sobre los anclajes de hormigón post-instalados).

2.2.1.8.1.3 Proporcione soportes colgantes de un tipo que resista el movimiento vertical ascendente en las siguientes ubicaciones (tenga en cuenta que, en las garrotas muy largas, se necesitarán más soportes colgantes que los recomendados a continuación cuando sean aplicables las reglas normales de espaciado de soportes colgantes):

A. En todas las garrotas hasta las bajantes de tuberías verticales que alimenten a más de un rociador, independientemente de la longitud de la garrota, situado a no más de 0,6 m (2 ft) de la bajante.

B. En todas las garrotas con una longitud superior a 0,6 m (2 ft) que alimenten a un solo rociador situado como máximo a 0,6 m (2 ft) de la bajante (consulte la figura 2.2.1.4.6).

2.2.1.8.1.4 Proporcione correas de sujeción en todos los soportes colgantes con anclajes tipo C para minimizar el riesgo de que la abrazadera en C se deslice fuera del elemento estructural.

2.2.1.8.1.5 Proporcione soportes colgantes en los ramales de forma que eviten que la tubería rebote hacia arriba en las siguientes ubicaciones.

A. En soportes colgantes alternos de los ramales en malla.

B. En el último soporte colgante de los ramales de extremo cerrado, incluidas las tuberías estabilizadoras de los sistemas en malla.

2.2.1.8.1.6 Proporcione un soporte de un tipo que resista el movimiento vertical ascendente en el soporte colgante más cercano a cualquier rociador montante que esté situado a no más de 50 mm (2 in), tanto horizontal como verticalmente, de un elemento estructural o no estructural.

2.2.1.8.1.7 Proporcione soportes colgantes para tuberías de rociadores intermedios de un tipo que resista el movimiento vertical ascendente de la tubería y que tenga una distancia no superior a 13 mm (0,5 in) entre la parte superior de la tubería y el punto de resistencia vertical del soporte colgante. Proporcione una fijación mecánica positiva a la estructura de la estantería que resista el movimiento vertical y no permita que el soporte colgante se deslice lateralmente fuera del punto de conexión. Instale correas de sujeción en todas las abrazaderas en C.

2.2.1.9 Material de tubería distinto del acero

2.2.1.9.1 Cuando se necesiten tuberías para rociadores de cobre, utilice una tubería rígida (es decir, de temple duro) de tipo K, L o M con juntas soldadas (excepto cuando se requiera flexibilidad de acuerdo con la sección 2.2.1.4). En general, trate los sistemas de rociadores con tuberías de cobre de la misma forma que los que utilizan tuberías de acero en lo que respecta al arriostramiento, la flexibilidad, el espacio libre y los soportes colgantes. Sin embargo, instale los arriostramientos laterales en la tubería horizontal y los arriostramientos en cuatro direcciones en la tubería vertical a intervalos de no más de 7,6 m (25 ft). Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.13.

2.2.1.9.2 No utilice tuberías no metálicas en instalaciones sobre el nivel del suelo. Consulte también los comentarios adicionales de la sección 3.1.14.

2.2.2 Columnas secas

2.2.2.1 Consideraciones sísmicas en columnas secas

2.2.2.1.1 Trate las columnas secas del mismo modo que los montantes con puesto de control de rociadores en lo que respecta al arriostramiento, la flexibilidad y el espacio libre.

2.2.2.1.2 Si las salidas de manguera se alimentan de tuberías que pasan a través de paredes o suelos, proporcione flexibilidad, espacio libre alrededor de las tuberías y espacio entre las tuberías y las paredes del mismo modo que para las tuberías de los rociadores.

2.2.3 Sistemas de agua pulverizada

2.2.3.1 Consideraciones sísmicas para los sistemas de agua pulverizada

2.2.3.1.1 En general, trate los sistemas de agua pulverizada del mismo modo que los sistemas de rociadores en lo que respecta al arriostramiento, la flexibilidad y el espacio libre.

2.2.3.1.2 Utilice estrategias especiales para el diseño y la fijación del arriostramiento al equipo o la estructura cuando sea necesario, en función de la naturaleza del sistema en particular y del equipo que esté protegido por el sistema de agua pulverizada.

2.2.4 Sistemas de rociadores de agua-espuma

2.2.4.1 Consideraciones sísmicas para los sistemas de rociadores de agua-espuma

2.2.4.1.1 Trate las tuberías del sistema de rociadores de agua-espuma del mismo modo que una red de rociadores normal en lo que respecta al arriostramiento, la flexibilidad y el espacio libre.

2.2.4.1.2 Proporcione equipos de fabricación de espuma, como depósitos, bombas, etc. con la flexibilidad, el espacio libre y el anclaje/la sujeción adecuados para protegerlos contra daños debidos al movimiento diferencial entre diferentes partes del sistema o los elementos estructurales y no estructurales.

2.2.5 Instalaciones de bombas contra incendios

2.2.5.1 Arriostramiento

2.2.5.1.1 Proporcione un arriostramiento en cuatro direcciones que sea igual que el de los montantes con puesto de control de rociadores en cualquier tipo de tubería ascendente que se extienda desde la bomba a través del techo hasta las plantas superiores.

2.2.5.1.2 Instale en las tuberías a nivel de techo y otras tuberías soportadas arriostramiento lateral y longitudinal en dos direcciones. Diseñe el arriostramiento de la misma manera que para las tuberías del sistema de rociadores. Realice sujeciones para el arriostramiento en elementos estructurales capaces de soportar las cargas sísmicas.

2.2.5.2 Flexibilidad necesaria para permitir un movimiento diferencial

2.2.5.2.1 En las tuberías de aspiración y descarga, aplique las siguientes directrices.

A. Si la caseta de bombas descansa directamente sobre el suelo y la tubería de aspiración o descarga entra o sale por el suelo y no hay espacio libre alrededor de las tuberías, los acoplamientos flexibles no son necesarios porque no se prevé que la solera de la caseta de bombas se mueva diferencialmente con respecto al suelo.

B. Si la bomba contra incendios y el motor, incluidas las tuberías de aspiración y descarga, están situados sobre el nivel del suelo en un edificio, dote de flexibilidad a las tuberías de aspiración y descarga de igual modo que a las tuberías del sistema de rociadores.

C. Los acoplamientos flexibles no son necesarios en los pasos de tuberías que suministran a colectores de manguera o salidas de válvulas de seguridad en una pared exterior.

2.2.5.2.2 Dote de flexibilidad a las conexiones de la tubería de combustible tanto en los motores de la bomba contra incendios como en los depósitos de combustible que suministran a estos motores.

2.2.5.3 Espacio libre

2.2.5.3.1 Deje un espacio libre de acuerdo con la sección 2.2.1.5.1 alrededor de los pasos de tuberías a través de paredes, plataformas, entreplantas, cubiertas y suelos.

2.2.5.4 Anclaje

2.2.5.4.1 Ancle la bancada del grupo de bombeo contra incendios al suelo de la caseta de bombas.

2.2.5.4.2 Ancle el cuadro de mando al suelo o a la pared para evitar daños en el propio cuadro y la rotura de tuberías (por ejemplo, de un presostato) o las conexiones eléctricas entre el cuadro y otro equipo debido al movimiento diferencial.

2.2.5.4.3 Ancle los depósitos de combustible de los motores de combustión interna a los marcos de soporte, si los hay, o directamente al suelo o a la pared de soporte. Arriostre los marcos de soporte para evitar que se doblen las patas y ancle los marcos.

2.2.5.4.4 En los motores de combustión interna, sujete los conjuntos de baterías del motor de arranque, arriostre las estanterías de baterías para evitar que se doblen las patas y ancle estas estanterías para evitar que se deslicen o se vuelquen, lo que podría dañar las conexiones entre las baterías o entre el juego de baterías y el motor.

2.2.5.4.5 Ancle cualquier otro equipo sin fijar en la caseta de bombas si alguno de los elementos de la bomba contra incendios está expuesto a daños por golpe debido a un movimiento diferencial no controlado, como puede ser el deslizamiento, el vuelco o el balanceo.

2.2.5.5 Conexión de la fuente de alimentación eléctrica de emergencia

2.2.5.5.1 Si hay fuentes de alimentación eléctrica de emergencia disponibles, conecte bombas de mantenimiento de presión.

2.2.5.5.2 Si la fuente de alimentación de emergencia está configurada para suministrar energía eléctrica de emergencia al motor eléctrico del grupo de bombeo contra incendios, proporcione a la fuente de alimentación de emergencia una protección sísmica completa. Si la fuente de alimentación de emergencia es un grupo generador con motor diésel, proporcione protección sísmica para todos los equipos de la misma manera que se describe en la sección 2.2.5.4 para los motores de combustión interna de los grupos de bombeo contra incendios.

2.2.6 Depósitos de almacenamiento de agua

2.2.6.1 Depósitos de acero de fondo plano apoyados sobre el suelo

2.2.6.1.1 En todos los depósitos a nivel del suelo, utilice depósitos homologados por FM para su instalación en una zona sísmica que sea al menos tan severa como la zona sísmica en la que está situada la instalación, como se establece en la ficha técnica 1-2. Ancle el depósito de acuerdo con el informe de homologación de FM Approvals. Consulte la ficha técnica 3-2, *Water Tanks for Fire Protection*, para obtener información más detallada.

2.2.6.1.2 Coordine el diseño de la cimentación (que no suele formar parte del informe de homologación de FM Approvals) con el diseño del depósito de forma que se proporcionen unos cimientos con el tamaño y la masa suficientes para evitar que el depósito se balancee. Consulte la ficha técnica 3-2 para obtener información sobre el diseño.

2.2.6.1.3 En los depósitos anclados, proporcione acoplamientos flexibles como se describe a continuación:

A. Si la tubería de descarga del depósito se extiende horizontalmente hacia una bomba, proporcione dos acoplamientos flexibles en la tubería entre el depósito y la bomba. Sitúe uno lo más cerca posible de la pared del depósito y el otro a no más de 0,6 m (2 ft) de la bomba.

B. Si la tubería de descarga del depósito se introduce en una red enterrada, proporcione dos acoplamientos flexibles entre el depósito y la entrada del suelo. Ubique uno lo más cerca posible de la pared del depósito. Sitúe el otro a no más de 0,6 m (2 ft) de la entrada del suelo.

2.2.6.1.4 En el caso de los depósitos que no estén anclados porque el análisis muestre que el anclaje no es necesario, proporcione flexibilidad en las conexiones de tuberías para absorber un desplazamiento horizontal de 50 mm (2 in) en cualquier dirección y un movimiento vertical ascendente de 100 mm (4 in) en la base del depósito, a menos que un ingeniero profesional competente en esta área de especialización calcule valores diferentes.

2.2.6.1.5 Deje un espacio libre de acuerdo con la sección 2.2.1.5.1 alrededor de los pasos de tuberías a través de paredes, plataformas, entreplantas, cubiertas y suelos.

2.2.6.2 Depósitos elevados

2.2.6.2.1 En el caso de los depósitos elevados, con el cuerpo montado sobre patas o un pedestal, consulte la ficha técnica 3-2 para obtener más información.

2.2.6.3 Depósitos flexibles con apoyo en un terraplén y balsas enterradas

2.2.6.3.1 Consulte la ficha técnica 3-4, *Embankment-Supported Fabric Tanks*, y la ficha técnica 3-6, *Lined Earth Reservoirs for Fire Protection*, para obtener más información sobre estos tipos de depósito.

2.2.6.4 Otros tipos de depósitos de aspiración

2.2.6.4.1 Consulte la ficha técnica 3-2 para obtener información adicional sobre otros tipos de depósitos de aspiración.

2.2.7 Planos y cálculos del sistema de protección contra incendios

2.2.7.1 Material que debe presentarse a FM Global para su revisión

2.2.7.1.1 Además de los planos o los cálculos que normalmente se envían en relación con los sistemas de protección contra incendios, proporcione planos, cálculos e información sobre el equipo relativos a todas las características de protección contra terremotos de los sistemas de protección contra incendios, incluidos los siguientes elementos:

A. Información detallada sobre el arriostramiento, entre otros:

1. las ubicaciones de arriostramiento, indicando el tipo de arriostramiento proporcionado;
2. los cálculos del arriostramiento que muestran las cargas de diseño sísmico horizontal, con indicación de la zona de influencia de control en cada tipo de arriostramiento;
3. una relación del tipo y tamaño de arriostramiento, los criterios de diseño (longitud, ángulo respecto a la vertical y capacidades de carga); además de:
4. datos detallados sobre la fijación a la estructura y a las tuberías, que incluyan la verificación de la capacidad estructural para soportar la carga sísmica, datos sobre el tamaño y las capacidades de carga de los medios de fijación y la verificación de las capacidades de carga de los anclajes no incluidos en esta ficha técnica.

B. Ubicación de los acoplamientos flexibles y los conjuntos de separación sísmica o los anillos de tubería flexible.

C. Ubicación de los espacios libres alrededor de las tuberías para fines sísmicos.

D. Información detallada sobre el diseño sísmico o de anclaje de las estanterías de almacenamiento que cuentan con rociadores intermedios.

E. Información detallada sobre el diseño sísmico o de anclaje de los falsos techos bajo los que se instalan rociadores.

F. De las instalaciones de bombas contra incendios, todos los datos acerca del diseño sísmico como se describe en la sección 2.2.5.

G. De los depósitos de almacenamiento de agua, todos los datos acerca del diseño sísmico como se describe en la sección 2.2.6.

2.3 Uso de otros códigos y normas

Otros códigos y normas que se enumeran a continuación, cuando se utilizan con las limitaciones, excepciones y adiciones mencionadas, proporcionan protección contra terremotos a sistemas de protección contra incendios de forma similar a la recomendada en esta ficha técnica.

2.3.1 Normas de la National Fire Protection Association (NFPA)

2.3.1.1 NFPA 13, edición de 2016

La norma NFPA 13 de la National Fire Protection Association (NFPA), *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, 2016 Edition, Section 9.3, Protection of Piping Against Damage Where Subject to Earthquakes (y su anexo asociado) es similar en la mayoría de los aspectos a las recomendaciones de esta ficha técnica en cuanto al propio sistema de rociadores. Sin embargo, la NFPA 13 no aborda algunos aspectos (como la protección contra terremotos de los suministros de agua y las bombas, o el anclaje de equipos) que pueden afectar a los sistemas de rociadores.

La sección 9.3 de la NFPA 13 (2016) puede utilizarse con los cambios que se indican a continuación para ofrecer una protección contra terremotos similar a la recomendada en esta ficha técnica.

2.3.1.1.1 Arriostramiento de tuberías: Además de los requisitos de la NFPA 13 (2016), siga las recomendaciones de la sección 2.2 de esta ficha técnica con respecto a los siguientes aspectos relacionados con el arriostramiento de las tuberías.

A. En los edificios de varias plantas, instale arriostramientos intermedios en cuatro direcciones en los montantes con puesto de control de modo que se proporcione un arriostramiento en cada piso que tenga una tubería principal de alimentación.

B. Arriestre los colectores horizontales en la base de los montantes con puesto de control de acuerdo con la sección 2.2.1.1.2.4 de esta ficha técnica.

C. Proporcione un arriostramiento en cuatro direcciones tanto en la parte superior como en la inferior de las tuberías de alimentación y los colectores de distribución verticales con una longitud de 1,8 m (6 ft) o superior de acuerdo con la sección 2.2.1.1.3.1 de esta ficha técnica.

D. No omita el arriostramiento lateral en las tuberías de alimentación y los colectores de distribución (independientemente de su diámetro) ni en los ramales de DN100 (4 in) y superior en los que la tubería se sujete mediante soportes colgantes de varilla corta (es decir, no aplique las recomendaciones de la sección 9.3.5.5.10 de la NFPA 13 a estas tuberías).

E. No utilice soportes colgantes en U envolventes ni soportes colgantes en U que sujeten el tubo firmemente a la parte inferior de un elemento estructural como arriostramientos laterales en las tuberías de alimentación y los colectores de distribución, independientemente del diámetro (es decir, no aplique las directrices de la sección 9.3.5.5.11 de la NFPA 13 para las tuberías de alimentación y los colectores de distribución). No obstante, los pernos en U pueden utilizarse como arriostramientos laterales de acuerdo con la sección 2.2.1.3.2 de esta ficha técnica.

F. Proporcione arriostramientos laterales y longitudinales en los cambios de dirección de las tuberías de alimentación y los colectores de distribución horizontales de acuerdo con la sección 2.2.1.1.4.1 de esta ficha técnica.

G. Proporcione un arriostramiento longitudinal en los ramales de DN65 (2,5 in) o superior de acuerdo con la sección 2.2.1.1.5.2 de esta ficha técnica. No se debe utilizar arriostramiento longitudinal de los ramales para arriostrar el colector de distribución.

H. Limite la relación l/r de los arriostramientos que se utilizan para la compresión a un máximo de 200 (modificación de la sección 9.3.5.11.3 de la NFPA 13). Limite la relación l/r de los arriostramientos que se utilizan para la tensión a un máximo de 300. No utilice arriostramientos por cable (es decir, no aplique las directrices de la sección 9.3.5.4.2 de la NFPA 13).

I. No utilice pistolas de fijación para fijar los arriostramientos a la estructura del edificio (es decir, no aplique la sección 9.3.5.11.11 de la NFPA 13).

J. No conecte arriostramientos a elementos de madera que tengan menos de 90 mm (3,5 in) a menos que un ingeniero profesional competente en esta área de especialización haya confirmado que este componente es adecuado.

K. Determine la fuerza ascendente vertical neta resultante de la carga horizontal en las ubicaciones de arriostramiento y el método de resistencia de la fuerza ascendente vertical neta utilizando las recomendaciones de la sección 2.2.1.3.5 de esta ficha técnica (es decir, no aplique las recomendaciones de la sección 9.3.5.10 de la NFPA 13).

L. Cuando la NFPA 13 no proporcione datos para determinar el C_p (el coeficiente sísmico utilizado en la NFPA 13), utilice un valor mínimo de C_p de 0,9 en zonas sísmicas de 50 años de FM Global, 0,65 en zonas sísmicas de 100 años de FM Global, y 0,4 en zonas sísmicas de 250 y 500 años de FM Global (es decir, no utilice $C_p = 0,5$ como se especifica en la sección 9.3.5.9.5 de la NFPA 13, al menos en zonas sísmicas de 50 y 100 años de FM Global).

2.3.1.1.2 Otras directrices sobre la protección contra terremotos: Además de los requisitos de la NFPA 13 (2016), siga las recomendaciones de la sección 2.2 de esta ficha técnica en relación con los siguientes puntos.

A. Aplique las recomendaciones de acoplamiento flexible proporcionadas en las secciones 2.2.1.4.3 y 2.2.1.4.4 de esta ficha técnica para montantes con puesto de control y tuberías principales verticales independientemente del diámetro de la tubería (es decir, no aplique la restricción de DN65 [2,5 in] de la sección 9.3.2.1 de la NFPA 13).

B. Confirme que la flexibilidad de las bajantes a los rociadores intermedios y las entreplantas independientes es la adecuada de acuerdo con las secciones 2.2.1.4.5.4 y 2.2.1.4.6.5, respectivamente, de esta ficha técnica.

C. No utilice pistolas de fijación para fijar soportes colgantes a la estructura del edificio (es decir, no aplique la sección 9.3.7.7 de la NFPA 13).

D. No utilice acoplamientos de extremo plano.

E. No utilice tuberías no metálicas en instalaciones no enterradas.

F. Proporcione espacio libre para los rociadores de acuerdo con la sección 2.2.1.5.3 de esta ficha técnica.

G. En el caso de los soportes colgantes, siga las recomendaciones de la sección 2.2.1.8 de esta ficha técnica.

H. Proporcione un anclaje para las estanterías de almacenamiento con rociadores, los falsos techos con rociadores por debajo y otros equipos que puedan golpear a los rociadores de acuerdo con las recomendaciones de la sección 2.2.1.6 de esta ficha técnica.

I. Proporcione protección sísmica para los sistemas de rociadores de agua-espuma de acuerdo con las recomendaciones de la sección 2.2.4 de esta ficha técnica.

J. Proporcione protección sísmica para los grupos de bombeo contra incendios de acuerdo con las recomendaciones de la sección 2.2.5 de esta ficha técnica.

K. Proporcione protección sísmica para los depósitos de almacenamiento de agua de acuerdo con la sección 2.2.6 de esta ficha técnica.

3.0 FUNDAMENTO DE LAS RECOMENDACIONES

3.1 Comentarios a la sección 2.0, Recomendaciones para la prevención de siniestros

Esta sección contiene material explicativo adicional relacionado con algunas recomendaciones para la prevención de siniestros de la sección 2.0. Se identifica el número de sección o de recomendación específica a la que se aplican los comentarios (por ejemplo, "Comentarios a la sección 2.2.1.1.2") antes del comentario en sí.

3.1.1 Comentarios a la sección 2.1

Las tensiones y deformaciones relacionadas con terremotos se transmiten a un sistema de protección contra incendios a través del edificio o del suelo al que está conectado, debido al movimiento inercial dentro del propio sistema o a un impacto con elementos estructurales o no estructurales. Un movimiento diferencial incontrolado puede provocar daños si los sistemas de protección contra incendios no cuentan de forma sistemática con las características necesarias que incorporan arriostramiento transversal, flexibilidad, espacio libre y anclaje donde sea necesario. Debido a que un incendio no controlado después de un terremoto puede provocar un siniestro devastador, la principal preocupación relacionada con las deficiencias en la protección contra terremotos es que los sistemas de protección contra incendios queden fuera de servicio debido a las fuertes sacudidas del terreno. Sin embargo, en términos de frecuencia, el tipo de daño más común, según experiencias anteriores, se debe a fugas de agua de rociadores o tuberías de rociadores a nivel de techo que se han roto debido principalmente a la falta de arriostramientos donde es necesario.

Son causas comunes de daños por agua la rotura o la separación de tuberías de rociadores a nivel de techo, la rotura de rociadores debido a impactos con elementos estructurales u otros equipos cercanos, la rotura de rociadores o bajantes de tuberías debido a un movimiento diferencial excesivo entre falsos techos no arriostrados y las bajantes, y la rotura de tuberías o rociadores del sistema de rociadores intermedios debido a un movimiento excesivo de las estanterías. Además de los daños causados por las fugas de agua, los sistemas de protección contra incendios a menudo se ven afectados por los daños directos causados en los sistemas o por los daños ocasionados en la red pública de agua o en los sistemas de suministro necesarios para la protección contra incendios. Una puesta fuera de servicio significativa de los sistemas de protección contra incendios puede exponer una instalación a pérdidas severas por incendio tras un terremoto.

Al evaluar numerosos incidentes con daños, se hacen evidentes dos conclusiones:

A. Solo con proporcionar de forma sistemática las características necesarias (que incluyen el de arriostramiento, la flexibilidad, el espacio libre y el anclaje donde sea necesario) se puede proteger adecuadamente un sistema de protección contra incendios frente a daños por terremotos.

B. La omisión de tan solo algunos de los componentes críticos necesarios para una protección adecuada contra terremotos puede provocar la puesta fuera de servicio del sistema o daños considerables por agua. La necesaria puesta fuera de servicio del sistema para evitar más daños causados por el agua también provoca una prolongada puesta fuera de servicio del sistema de protección contra incendios.

En la figura 3.1.1-A se muestran algunos ejemplos de arriostramiento. Dos de los métodos más comunes de arriostramiento que se pueden utilizar en cualquier tubería son:

A. un componente conectado a una tubería homologado por FM (figura 3.1.1-B) y un componente fijado a la estructura homologado por FM que tenga un anclaje adecuado a la estructura (figura 3.1.1-C), con un elemento de arriostramiento diagonal capaz de resistir la tensión y la compresión (es decir, un arriostramiento de tensión-compresión) en medio, que se puede utilizar para arriostrar la tubería horizontal en dirección lateral o longitudinal o se puede configurar en parejas para que actúe como arriostramiento en cuatro direcciones en tuberías verticales; y

B. un perno en U de acero normal conectado y diseñado adecuadamente que fije directamente la tubería firmemente a una estructura, que puede arriostrar la tubería horizontal en la dirección lateral, pero no en la longitudinal, o que puede servir de arriostramiento en cuatro direcciones en una tubería vertical (vea la tubería vertical de puesto de control de la figura 3.1.1-A).

Es posible que algunos métodos de arriostramiento no sean aceptables en algunas tuberías (p. ej., las tuberías principales del sistema de rociadores), aunque puedan ser aceptables en otras (p. ej., ramales pequeños) si están correctamente configurados y fijados a la estructura. Un ejemplo de esto son los soportes colgantes en U envolventes, que no pueden arriostrar tuberías de alimentación ni colectores de distribución, pero se pueden utilizar para arriostrar ramales lateralmente.

Además del arriostramiento, en las recomendaciones se especifican otras características importantes necesarias para una adecuada protección contra terremotos de los sistemas de protección contra incendios. Dos ejemplos, que se muestran en la figura 3.1.1-D, son proporcionar correas de sujeción en abrazaderas en C que conectan soportes colgantes a elementos de acero (lo que evita que se "salgan" del apoyo de acero durante las fuertes sacudidas del suelo) y soportes colgantes que impiden el movimiento ascendente de los ramales donde sea necesario para evitar que los rociadores impacten con elementos estructurales o no estructurales.

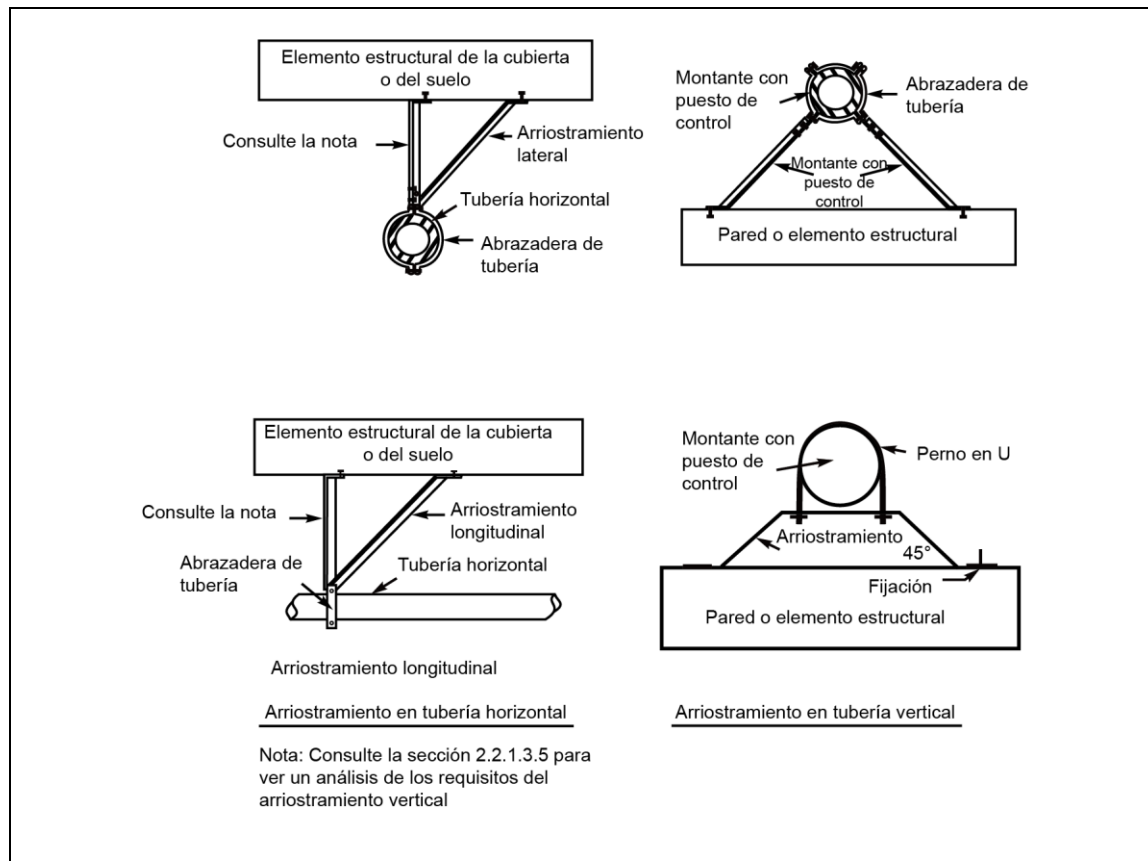


Figura 3.1.1-A. Ejemplos de arriostramiento en tuberías horizontales y verticales



Figura 3.1.1-B. Ejemplos de componentes fijados a tuberías (deben estar homologados por FM)

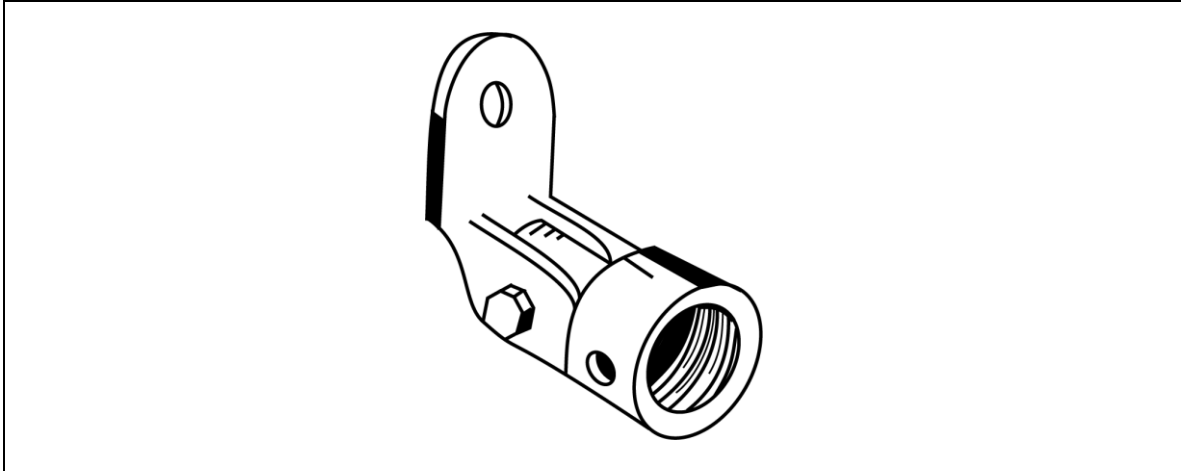


Figura 3.1.1-C. Ejemplo de componente fijado a la estructura (debe estar homologado por FM) con orificio de anclaje a la estructura



Conexión del soporte con abrazadera en C y correa de sujeción



Soporte en U con correa de sujeción en U para evitar el movimiento ascendente

Figura 3.1.1-D. Ejemplos de otras características necesarias de protección contra terremotos

3.1.2 Comentarios a la sección 2.2.1.1.1

La separación máxima de los arriostramientos puede dar lugar a fuerzas de diseño en las ubicaciones de los arriostramientos demasiado grandes con respecto a la capacidad del elemento de arriostramiento, o a la capacidad de las conexiones del arriostramiento a la tubería o a la estructura, o a la capacidad del propio elemento estructural. En estos casos, puede que sea necesaria una separación menor entre los arriostramientos.

Los arriostramientos en los sistemas de techo suelen estar dispuestos de forma que coincidan con elementos estructurales rígidos y robustos (por ejemplo, elementos de madera que tienen un grosor nominal de 100 mm [4 in] en lugar de 50 mm [2 in]); esto puede requerir que el espaciado de arriostramiento sea inferior al máximo permitido. Del mismo modo, puede que los arriostramientos de tuberías de gran diámetro en el interior de las estanterías de almacenamiento (por ejemplo, ramales iguales o superiores a DN65 (2,5 in) tengan que tener una separación inferior al máximo permitido para que coincidan con los marcos de las estanterías de almacenamiento o para limitar las fuerzas en las conexiones a los marcos de las estanterías de almacenamiento.

3.1.3 Comentarios a la sección 2.2.1.1.2

En la figura 3.1.3 se muestran ejemplos de arriostramientos en cuatro direcciones en la parte superior de los montantes con puesto de control. En los montantes con puesto de control situados en el exterior del edificio, se puede utilizar tanto el detalle A como el B de la figura 3.1.3, con el arriostramiento fijado a un elemento estructural. Los detalles B y C son los recomendados porque permiten una desviación angular sin restricciones del acoplamiento flexible en la parte superior del montante con puesto de control, lo que mejora la adaptación del desplazamiento horizontal de la cubierta.

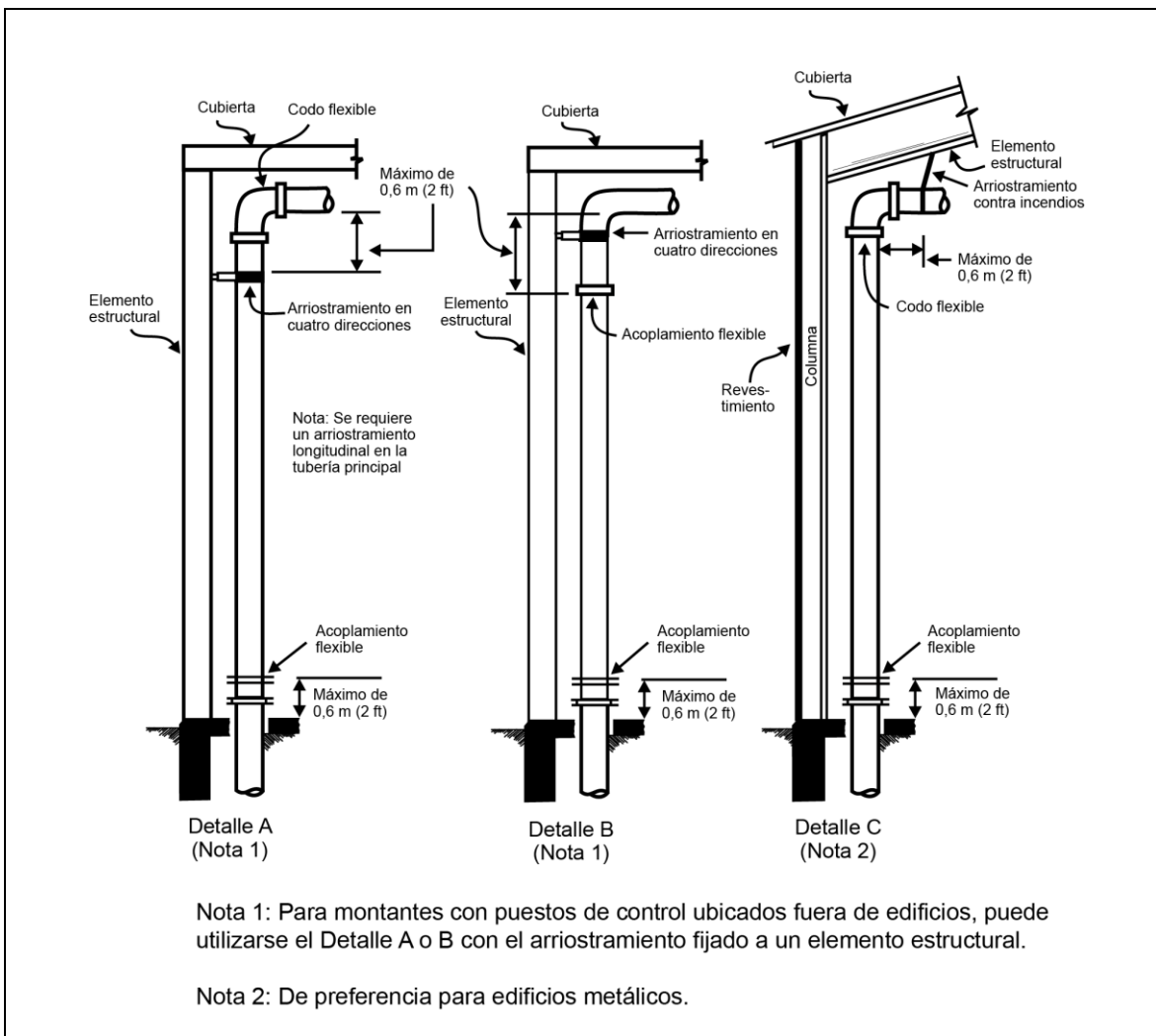


Figura 3.1.3. Detalle de acoplamiento flexible y arriostramiento en cuatro direcciones para montantes con puesto de control

3.1.4 Comentarios a la sección 2.2.1.1.4

Cuando las ubicaciones de los elementos estructurales son tales que no se puede fijar un arriostramiento lateral a menos de 1,8 m (6 ft) del extremo de la tubería de alimentación o el colector de distribución, se necesitarán elementos estructurales adicionales o una extensión de la tubería de alimentación o del colector de distribución para una ubicación correcta del arriostramiento lateral.

3.1.5 Comentarios a la sección 2.2.1.2.1

No es necesario que cada arriostramiento esté diseñado para la fuerza exacta determinada utilizando el peso de la tubería llena de agua en su zona de influencia (W_p) multiplicado por el factor "G". Para facilitar los cálculos, se puede utilizar el mismo W_p para el diseño de varios arriostramientos siempre que se base en el peso de la tubería llena de agua en la zona de influencia de control. En la tabla 3.1.5 se muestran los pesos de la tubería de acero llena de agua que se van a utilizar con el factor "G" adecuado para calcular las cargas de diseño.

Tabla 3.1.5. Peso de la tubería de acero llena de agua

Diámetro nominal de la tubería, mm (in)	Peso, N/m (lb/ft)
Schedule 40	
25 (1)	31 (2,1)
32 (1-¼)	43 (2,9)
40 (1-½)	53 (3,6)
50 (2)	75 (5,1)
65 (2-½)	116 (7,9)
80 (3)	159 (10,8)
90 (3-½)	198 (13,5)
100 (4)	241 (16,4)
125 (5)	345 (23,5)
150 (6)	465 (31,7)
200* (8)	700 (47,7)
Schedule 10 y Lightwall	
25 (1)	26 (1,8)
32 (1-¼)	37 (2,5)
40 (1-½)	44 (3,0)
50 (2)	62 (4,2)
65 (2-½)	87 (5,9)
80 (3)	116 (7,9)
90 (3-½)	144 (9,8)
100 (4)	173 (11,8)
125 (5)	254 (17,3)
150 (6)	338 (23,0)
200 (8)	589 (40,1)

^a Los pesos de las tuberías Schedule 40/Schedule 30 también se pueden utilizar para tuberías DIN EN 10255. Para una tubería DIN EN 10255-M (que sustituye a DIN 2440), los pesos de la tabla son conservadores (aproximadamente un 5 % más altos para una tubería de hasta DN50 [2 in] de diámetro y de un 15 a un 25 % más altos para los diámetros mayores). Para una tubería DIN EN 10255-H, los pesos de la tabla no son conservadores (de un 5 a un 10 % más bajos) para una tubería de hasta DN50 (2 in) de diámetro, pero sí son conservadores para tubería de mayor diámetro (aproximadamente de un 5 a un 15 % más altos).

^b Los pesos de Schedule 10/Lightwall también se pueden utilizar para tuberías DIN EN 10220 (DIN EN 10220 sin soldadura sustituye a DIN 2448; DIN EN 10220 con soldadura sustituye a DIN 2458). Los pesos de la tabla suelen variar alrededor de un 5 % (más altos o bajos) en relación con los pesos de DIN EN 10220.

3.1.6 Comentarios a la sección 2.2.1.2.2

En el anexo C de la ficha técnica 1-2, *Earthquakes*, se puede encontrar un análisis en profundidad del método para determinar las fuerzas de diseño del equipo (incluyendo las tuberías de radiadores) que se utilizan en la norma de la American Society of Civil Engineers, *Minimum Design Loads and Other Criteria for Buildings and Other Structures* (ASCE 7). Debido a que las fuerzas de diseño del código varían en función de la ubicación del elemento en el edificio, así como de la aceleración del diseño (S_D) específica de las instalaciones, el factor "G" basado en los requisitos de código del edificio variará tanto dentro del edificio como de un emplazamiento a otro dentro de la misma zona sísmica de FM Global. El uso de las fuerzas de diseño de un análisis más detallado es aceptable, siempre que todos los valores (p. ej., S_D) sean precisos y se puedan justificar.

La fuerza de diseño sísmico horizontal del Diseño por factores de carga y resistencia (Load and Resistance Factor Design, LRFD), que se aplica independientemente en dos direcciones ortogonales (es decir, la dirección lateral y longitudinal de las tuberías), se determina mediante la ecuación general:

$$F_p = \frac{0,4 \cdot a_p}{R_p} (1 + 2 \cdot z/h) S_{DS} \cdot I_p \cdot W_p \quad (\text{para LRFD})$$

Con

$$0,3 \leq \frac{0,4 \cdot a_p}{R_p} (1 + 2 \cdot z/h) \leq 1,6$$

donde:

F_p = fuerza de diseño sísmico horizontal (LRFD)

a_p = factor de amplificación del componente que varía de 1,00 a 2,50 (de las tablas de ASCE 7)

R_p = factor de modificación de la respuesta del componente que varía de 1,00 a 12 (de las tablas de ASCE 7)

z = altura en la estructura con respecto a la base en el punto de conexión del componente. Para los elementos situados en la base o por debajo de ella, z equivale a cero. El valor de z/h no debe ser superior a 1,0 (p. ej., incluso en áticos a una altura superior a la altura media de la cubierta [h]).

h = altura media de la cubierta de la estructura con respecto a la base

S_{DS} = parámetro de aceleración de respuesta espectral de diseño en un periodo corto (0,2 segundos) (con un 5 % de amortiguación y ajustado a los efectos de la clase de sitio [terreno]), expresado como una porción de la aceleración gravitacional (g); consulte la ficha técnica 1-2 para obtener más información y los valores genéricos de S_{DS} por zona sísmica de FM Global.

I_p (o I_E) = factor de seguridad sísmica del componente; el valor que requiere el código varía de 1,0 (equipo "normal") a 1,5 (equipo esencial, de seguridad o que contiene material peligroso)

W_p = peso operativo del componente

Tenga en cuenta que esta ficha técnica utiliza fuerzas del Diseño por tensiones permitidas (ASD), que se determinan multiplicando las fuerzas de LRFD por 0,7. Es decir (según 2.2.1.2.1):

$$H = G \cdot W_p = 0,7 \cdot F_p$$

El factor "G" especificado en 2.2.1.2.2 se ha calculado utilizando ASCE 7-10 para el caso más común: tuberías sustentadas en la cubierta de un edificio o por estructuras flexibles a nivel del suelo (por ejemplo, soportes de tubería de gran altura). Para esta condición, "z" es 1,0 y el factor de amplificación resultante es 3,0, que también es el valor de amplificación máximo y, por lo tanto, se puede utilizar de forma conservadora en todo el edificio. Los otros factores de ASCE 7-10 que se utilizan para calcular el factor "G" son los siguientes: el factor de amplificación del componente (a_p), que equivale a 2,5; el factor de modificación de la respuesta del componente (R_p), que equivale a 4,5; y el factor de seguridad del componente (I_p), que equivale a 1,5. La sustitución de estos valores en la ecuación anterior para F_p daría como resultado:

$$F_p = \frac{0,4 \cdot 2,5}{4,5} (3) S_{DS} \cdot 1,5 \cdot W_p = 1,0 \cdot S_{DS} \cdot W_p$$

Por lo tanto:

$$H = G \cdot W_p = 0,7 \cdot F_p = 0,7 \cdot S_{DS} \cdot W_p$$

Y, por lo tanto:

$$G = 0,7 \cdot S_{DS}$$

El uso de un único factor "G" en todo el edificio en cada zona sísmica (según los valores genéricos de S_{DS} que se muestran en la sección 2.2.1.2.2) puede dar lugar a fuerzas de diseño sísmico horizontal para el arriostramiento de tuberías de rociadores más o menos conservadoras que el factor "G" que se calcularía basándose en una aplicación estricta de los criterios de ASCE 7. Sin embargo, al igual que cada arriostramiento no se diseña normalmente para el peso exacto de la tubería que es su tributaria, el uso de un único factor "G" es una simplificación razonable que permite el uso de arriostramientos estandarizados en todo el sistema.

3.1.7 Comentarios a la sección 2.2.1.2.3

El peso (W_p) que se va a utilizar para cada diseño de arriostramiento (o cada diseño de arriostramiento de control) se determina incluyendo el peso lleno de agua de todas las tuberías dentro de la zona de influencia. La zona de influencia se define a continuación. Cuando se utiliza un arriostramiento para arriostar más de una tubería (es decir, con arreglo a lo dispuesto en las secciones 2.2.1.1.2, 2.2.1.1.4 y 2.2.1.1.5), base el W_p de cada dirección horizontal en el peso tributario de todas las tuberías que se van a arriostar.

A. Arriostramientos en cuatro direcciones en montantes con puesto de control, tuberías de alimentación verticales y colectores de distribución y bajantes:

1. Cuando el arriostramiento en cuatro direcciones solo sujeta la tubería vertical (por ejemplo, un arriostramiento de montante con puesto de control intermedio que no tiene ninguna tubería de alimentación ni colector de distribución conectado), la zona de influencia incluye la longitud del montante por encima y por debajo del arriostramiento que es tributario de ese arriostramiento (es decir, la mitad de la longitud de la tubería hasta el siguiente arriostramiento en cuatro direcciones por encima más la mitad de la longitud de la tubería hasta el siguiente arriostramiento en cuatro direcciones por debajo). Utilice el peso resultante de la tubería para determinar la carga que se debe aplicar en cada dirección horizontal ortogonal.
2. En los casos en los que el arriostramiento en cuatro direcciones de la tubería vertical también actúe como arriostramiento lateral y longitudinal de una tubería horizontal conectada (p. ej., una tubería de alimentación o un colector de distribución), la zona de influencia del arriostramiento en cuatro direcciones se determina como se indica a continuación.
 - a. En la dirección lateral de la tubería horizontal, añada la longitud tributaria de la tubería vertical por encima y por debajo del arriostramiento, además de las longitudes tributarias de la tubería de alimentación, el colector de distribución y la tubería del ramal, como se describe a continuación en el punto B del arriostramiento lateral en dos direcciones, situado entre el arriostramiento en cuatro direcciones y el primer arriostramiento lateral de la tubería horizontal.
 - b. En la dirección longitudinal de la tubería horizontal, añada la longitud tributaria de la tubería vertical por encima y por debajo del arriostramiento, además de las longitudes tributarias de la tubería de alimentación, el colector de distribución y la tubería del ramal, como se describe a continuación en el punto C del arriostramiento longitudinal en dos direcciones, situado entre el arriostramiento en cuatro direcciones y el primer arriostramiento longitudinal de la tubería horizontal.
3. El peso de la tubería llena de agua del diseño de arriostramiento con colector incluye la carga total de los dos montantes con puesto de control que se van a arriostar.

B. Arriostramiento lateral en dos direcciones:

1. En las tuberías de alimentación, la zona de influencia incluye la longitud de la tubería de alimentación a la izquierda y a la derecha del arriostramiento que es tributario de dicho arriostramiento (es decir, la mitad de la longitud de la tubería hasta el siguiente arriostramiento situado a la izquierda más la mitad de la longitud de la tubería hasta el siguiente arriostramiento situado a la derecha).
2. En el caso de los colectores de distribución, la zona de influencia incluye la longitud tributaria del colector de distribución arriostado más la longitud de todos los ramales conectados a esa sección del colector de distribución que no estén distribuidos a ningún arriostramiento longitudinal del ramal.
3. En los ramales que requieren arriostramiento, la zona de influencia normalmente incluye la longitud del ramal a la izquierda y a la derecha del arriostramiento que es tributario de dicho arriostramiento. La longitud tributaria de la tubería entre la primera ubicación del arriostramiento lateral y la conexión del colector de distribución puede basarse en una distribución igual en el arriostramiento longitudinal del colector de distribución y la primera ubicación del arriostramiento lateral (consulte el punto C.2 para obtener información sobre el arriostramiento longitudinal en dos direcciones a continuación), o bien, puede estar totalmente distribuida en la ubicación del primer arriostramiento lateral.

C. Arriostramiento longitudinal en dos direcciones:

1. En las tuberías de alimentación, la zona de influencia incluye la longitud de la tubería de alimentación a la izquierda y a la derecha del arriostramiento que es tributario de dicho arriostramiento (es decir, la mitad de la longitud de la tubería hasta el siguiente arriostramiento situado a la izquierda más la mitad de la longitud de la tubería hasta el siguiente arriostramiento situado a la derecha).
2. En los colectores de distribución, la zona de influencia incluye la longitud tributaria del colector de distribución arriostado; no incluya las cargas de los ramales, excepto cuando se incluya una parte del arriostramiento lateral del ramal, como se describe anteriormente en el punto B.3 sobre el arriostramiento lateral en dos direcciones.
3. En los ramales que requieren arriostramiento, la zona de influencia normalmente incluye la longitud del ramal a la izquierda y a la derecha del arriostramiento que es tributario de dicho arriostramiento. La longitud tributaria de la tubería entre el colector de distribución y la ubicación del primer arriostramiento debe basarse en una distribución igual entre esa ubicación de arriostramiento y el arriostramiento lateral del colector de distribución, como se describe anteriormente en el punto B.2 sobre el arriostramiento lateral en dos direcciones.

D. En el caso del arriostramiento en los cambios de dirección horizontales que se encuentra a no más de 0,6 m (2 ft) del extremo de una conexión de una tubería de alimentación o un colector de distribución con una tubería principal perpendicular del mismo diámetro o menor, y que se utilizará como arriostramiento lateral de una tubería y como arriostramiento longitudinal de la tubería perpendicular, la zona de influencia incluye los pesos tributarios totales laterales y longitudinales de las tuberías principales y los ramales, como se ha descrito anteriormente.

3.1.8 Comentarios a la sección 2.2.1.3.5

Puesto que los arriostramientos son menos eficaces a medida que aumenta su inclinación en relación con la dirección de la carga aplicada, al sujetar una tubería horizontal, cuanto más cerca esté un elemento del arriostramiento diagonal de la dirección de la carga de diseño sísmico horizontal aplicada (H), mejor. La orientación óptima de los arriostramientos de montante con puesto de control en cuatro direcciones es de 90° entre sí y 45° respecto a los ejes principales de las tuberías, ya que deben resistir fuerzas en todas las direcciones horizontales.

La fuerza axial de un arriostramiento diagonal aumenta a medida que la inclinación del arriostramiento se hace más pronunciada en relación con la dirección de H , lo que posiblemente requiere un elemento más grande y conexiones más fuertes. Por ejemplo, en una tubería horizontal con un arriostramiento diagonal orientado en un ángulo (θ) desde la vertical, la fuerza axial del arriostramiento es ($H/\sin \theta$), que equivale aproximadamente a $2H$ si θ es 30° ; $1,4H$ si θ es 45° ; $1,16H$ si θ es 60° ; y $1,0H$ si θ es 90° .

La fuerza axial del arriostramiento diagonal también genera un componente vertical igual a ($H/\tan \theta$), que aumenta a medida que θ disminuye. En el mismo arriostramiento diagonal individual que sujeta una tubería horizontal como se ha indicado anteriormente, el componente vertical sería $1,73H$ si θ es 30° ; $1,0H$ si θ es 45° ; y $0,58H$ si θ es 60° ; no existiría ningún componente vertical si el arriostramiento estuviera orientado a $\theta = 90^\circ$. En el caso de una tubería horizontal, es más probable que el componente ascendente supere el peso estático efectivo de la tubería si el arriostramiento está inclinado (es decir, θ es pequeño), por lo que se necesita un elemento vertical para resistir la fuerza ascendente neta. Tenga en cuenta que la fuerza ascendente neta es el componente vertical de la fuerza axial en el arriostramiento diagonal resultante de la resistencia H , no el resultado de las aceleraciones sísmicas verticales.

Se supone que el peso estático efectivo de la tubería es la mitad del peso de la tubería llena de agua en la zona de influencia (W_p), dado que la tubería que contribuye a la carga de diseño sísmica horizontal (H) no ayuda necesariamente a resistir la fuerza ascendente vertical. Por ejemplo, los ramales pueden contribuir a H en los arriostramientos de colector de distribución laterales, dado que los ramales son rígidos axialmente; sin embargo, los ramales son flexibles al doblarse y, por lo tanto, no aportarían mucho peso estático para contrarrestar la fuerza ascendente vertical del colector de distribución.

Un último inconveniente del uso de arriostramientos más inclinados es que las desviaciones horizontales en las ubicaciones de arriostramiento pueden aumentar a medida que disminuye el ángulo del arriostramiento (θ).

Si se utilizan dos arriostramientos diagonales de tensión-compresión, es conveniente situarlos lo más simétricamente posible, de modo que las fuerzas de los arriostramientos sean casi iguales. Si no se ubican de forma simétrica, el arriostramiento más cercano a la dirección de H resistirá más de la mitad de la fuerza. La proporción de la carga que va al arriostramiento más inclinado según la geometría será inferior a la mitad de H , pero el arriostramiento debe tener un tamaño, como mínimo, para resistir $H/2$ (en la práctica, se utilizan para ambos arriostramientos el mismo elemento y las mismas conexiones, que se determinan en función de la carga de control para evitar errores de instalación). En un caso extremo (por ejemplo, una tubería horizontal con un arriostramiento de $\theta = 30^\circ$ y el otro de $\theta = 90^\circ$), el arriostramiento del ángulo más grande puede resistir toda o casi toda la fuerza.

De la tabla 3.1.8-A a la 3.1.8-F se indican las longitudes máximas permitidas (medidas a lo largo de la diagonal) para diferentes formas y tamaños de arriostramiento, y la carga máxima de diseño horizontal (ya sea H o una fracción de H no inferior a $H/2$, dependiendo de la configuración del arriostramiento) de cada arriostramiento para tres rangos de ángulos diferentes (θ) del arriostramiento. En una tubería horizontal, θ se mide desde la vertical (vea las figuras 2.2.1.3.5-A y 2.2.1.3.5-B). En cuanto a los arriostramientos en cuatro direcciones en una tubería vertical, consulte en la figura 2.2.1.3.5-C la orientación de θ con relación a la dirección de la carga.

Las cargas máximas de diseño horizontal permitidas de las tablas se determinan multiplicando la capacidad de compresión axial del Diseño por tensiones permitidas (ASD) a lo largo del arriostramiento por ($\sin \theta$) para el ángulo más pequeño (θ) dentro del rango indicado. La capacidad de compresión axial de ASD se calcula multiplicando la tensión de compresión permitida de ASD de control (F_a) de AISC 360 por la superficie en sección (A) del elemento.

En Estados Unidos, el acero de uso común tiene un módulo de elasticidad (E) de 29.000.000 psi y un límite elástico (F_y) de 36.000 psi; en Europa, valores comunes son $E = 200.000$ MPa y $F_y = 235$ MPa. El valor de F_a para los arriostramientos depende de estos valores, pero principalmente de la relación l/r . Por ejemplo, el valor de F_a de AISC 360 con los valores E y F_y anteriores sería de aproximadamente 12.730 psi (85,5 MPa) para $l/r = 100$; 3.760 psi (25,9 MPa) para $l/r = 200$; y 1.670 psi (11,5 MPa) para $l/r = 300$.

Por ejemplo, en la tabla 3.1.8-A, para una tubería de Schedule 40 ($A = 0,494 \text{ in}^2$) con 1 in de diámetro y $l/r = 100$, la capacidad de compresión axial de ASD es de aproximadamente $0,494 \cdot 12.730 = 6.300 \text{ lb}$ y los valores de la tabla son, por tanto: $6.300 \cdot \sin 30 = 3.150 \text{ lb}$ para θ entre 30 y 44° , $6.300 \cdot \sin 45 = 4.455 \text{ lb}$ para θ entre 45 y 59° , y $6.300 \cdot \sin 60 = 5.456 \text{ lb}$ para θ entre 60° y 90° . Se incluyen tablas para $l/r = 100$, $l/r = 200$ y $l/r = 300$ (aunque los valores de H se basan en tensiones de compresión de control, los arriostramientos con l/r superior a 200 solo se pueden utilizar en la tensión). Son aplicables las siguientes directrices:

A. En la figura 2.2.1.3.5-A, en la que se utiliza un arriostramiento vertical y uno diagonal:

1. El ángulo desde la vertical del arriostramiento A debe ser de al menos 30° (y preferiblemente de al menos 45°).
2. Ajuste el tamaño y la disposición del arriostramiento A para que soporte tanto en la tensión como en la compresión ($l/r = 200$ o menos) la carga de diseño sísmico horizontal completa (H), determinada en la sección 2.2.1.2.
3. Calcule la fuerza ascendente vertical neta (V_F) derivada de la carga de diseño sísmico horizontal (H) según la ecuación de 2.2.1.3.5.6. Si V_F es menor o igual que 0 (cero), el arriostramiento B no es necesario.
4. El arriostramiento B, cuando sea necesario, debe conectarse a la tubería a no más de 150 mm (6 in) del arriostramiento A y puede tener la misma forma y tamaño que el arriostramiento A, sin necesidad de realizar ningún cálculo adicional, o se puede seleccionar basándose en la fuerza ascendente vertical neta calculada real. Si bien no es lo recomendable, el arriostramiento B puede ser un soporte colgante situado a no más de 150 mm (6 in) del punto de conexión de la tubería para el arriostramiento A que cumpla los siguientes criterios:
 - a. El soporte colgante debe tener un diseño robusto, como puede ser una abrazadera o un soporte colgante de anclaje de tubería, o bien ser un soporte que se haya probado y comprobado que es adecuado para resistir las fuerzas ascendentes (es decir, no se aceptan soportes colgantes de carga ligera, como los anillos giratorios).
 - b. La fijación del arriostramiento a la tubería del sistema de protección contra incendios es capaz de transferir la fuerza vertical ascendente neta V_F desde la tubería a la varilla del soporte colgante, está bien ajustada y es concéntrica, y no hay más de 6 mm ($\frac{1}{4} \text{ in}$) entre la parte superior de la tubería y el soporte colgante para que no pueda producirse un movimiento excesivo (la extensión de la varilla del soporte colgante hasta la parte superior de la tubería no es un método aceptable para transferir la carga ascendente).
 - c. La relación l/r de la varilla del soporte colgante no es superior a 200 y la varilla es adecuada para resistir la fuerza vertical ascendente neta V_F como arriostramiento (esto puede requerir el uso de un refuerzo de varilla u otros medios; por ejemplo, que l/r no sea superior a 200 y se proporcione la capacidad adecuada).
 - d. La conexión del soporte colgante a la estructura es capaz de transferir la fuerza vertical ascendente neta V_F y se fija a la estructura mediante un medio positivo de fijación mecánica, como pernos pasantes, tirafondos o anclajes de hormigón con el tamaño adecuado para la carga y que cumplan todos los requisitos especificados para las conexiones de arriostramientos.

B. El arriostramiento solo de tensión ($l/r = 300$ o menos), que puede utilizarse cuando sea necesario contar con elementos de arriostramiento más largos debido a limitaciones físicas o dimensionales, debe tratarse como una condición especial de la figura 2.2.1.3.5-A proporcionando arriostramientos diagonales opuestos (p. ej., dos arriostramientos A) como en el punto 1 anterior:

1. El ángulo desde la vertical de los arriostramientos A debe ser de al menos 30° (y preferiblemente de al menos 45°).
2. Ajuste el tamaño y la disposición de los arriostramientos A de la figura 2.2.1.3.5-A para soportar, en tensión, la carga de diseño sísmico horizontal completa (H) determinada en la sección 2.2.1.2, ya que no se considera a ninguno de los arriostramientos capaz de resistir la compresión.
3. El arriostramiento B, cuando sea necesario, puede variar de forma y tamaño con respecto a los arriostramientos A. Evalúe el arriostramiento B basándose en la fuerza ascendente vertical neta (V_F) de acuerdo con el punto 1 anterior.

C. En la figura 2.2.1.3.5-B, en la que se utilizan dos arriostramientos diagonales opuestos, cada uno de ellos es capaz de resistir la tensión y la compresión ($l/r = 200$ o menos):

1. El ángulo desde la vertical de los arriostramientos A_L y A_R debe ser de al menos 30° (y preferiblemente de al menos 45°).
2. Ajuste el tamaño y la disposición de ambos arriostramientos A_L y A_R en la figura 2.2.1.3.5-B para que soporten la mitad más grande de la carga de diseño sísmico horizontal (H) determinada en la sección 2.2.1.2 o la carga determinada por la distribución proporcional de la carga de diseño (H) en los dos arriostramientos. Cuando θ_L es igual a θ_R , cada arriostramiento resiste $H/2$.

Teniendo en cuenta la figura 2.2.1.3.5-B, donde θ_L difiere de θ_R , si la parte distribuida de la carga sísmica horizontal compensada por el arriostramiento izquierdo (arriostramiento A_L) es H_L y la carga distribuida compensada por el arriostramiento derecho (arriostramiento A_R) es H_R , la distribución de la carga se puede expresar del siguiente modo:

$$H_L = (H)((\tan \theta_L)/(\tan \theta_L + \tan \theta_R))$$

$$H_R = (H)((\tan \theta_R)/(\tan \theta_L + \tan \theta_R))$$

Solo es necesario calcular la fuerza del arriostramiento con el ángulo mayor desde la vertical (θ_i) de las ecuaciones anteriores. La proporción de H del arriostramiento con el ángulo más pequeño con respecto a la vertical será inferior a la mitad de H y, por tanto, debe diseñarse, como mínimo, para una fuerza de H/2 (preferiblemente, se utilizará el mismo arriostramiento con el tamaño adecuado para la condición de carga de control tanto para el arriostramiento A_L como para el arriostramiento A_R para evitar errores de instalación).

3. Esta disposición de arriostramiento proporcionará una resistencia adecuada a la fuerza vertical, por lo que no será necesario realizar procedimientos adicionales en ese sentido.

D. En el arriostramiento en cuatro direcciones de una tubería vertical que utiliza dos arriostramientos diagonales opuestos de la figura 2.2.1.3.5-C, cada uno de ellos es capaz de resistir la tensión y la compresión ($l/r = 200$ o menos):

1. El ángulo con respecto a los ejes principales de los arriostramientos C_L y C_R debe ser de al menos 30°, pero no superior a 60° (preferiblemente, los arriostramientos C_L y C_R estarán orientados a 90° entre sí y a 45° de los ejes principales).
2. Los arriostramientos C_L y C_R de la figura 2.2.1.3.5-C deben tener un tamaño que resista adecuadamente la carga de diseño sísmico horizontal (H) en ambas direcciones ortogonales (designadas en el siguiente análisis como las direcciones norte-sur [N-S] y este-oeste [E-O]). En función de los ángulos relativos y las configuraciones de conexión, la mayor de las cargas de diseño sísmico horizontal N-S o E-O no controlará necesariamente el diseño de ambos arriostramientos. Ajuste el tamaño y la disposición de ambos arriostramientos C_L y C_R en cada dirección (N-S y E-O) para soportar la mitad más grande de la carga de diseño sísmico horizontal (H) determinada en la sección 2.2.1.2 o la carga determinada por la distribución proporcional de la carga de diseño (H) en los dos arriostramientos. Cuando θ_L es igual a θ_R , cada arriostramiento resiste H/2 en cada dirección (N-S y E-O).

Teniendo en cuenta la figura 2.2.1.3.5-C, donde θ_L difiere de θ_R , si la parte distribuida de la carga sísmica horizontal compensada por el arriostramiento izquierdo (arriostramiento C_L) es H_L y la carga distribuida compensada por el arriostramiento derecho (arriostramiento C_R) es H_R , la distribución de la carga se puede expresar del siguiente modo:

$$H_L = (H)((\tan \theta_L)/(\tan \theta_L + \tan \theta_R))$$

$$H_R = (H)((\tan \theta_R)/(\tan \theta_L + \tan \theta_R))$$

Tenga en cuenta, no obstante, que los ángulos θ_L y θ_R se definen de forma diferente en la figura 2.2.1.3.5-C dependiendo de la dirección de la carga de diseño sísmico horizontal (H). En cada dirección (N-S y E-O), solo es necesario calcular la fuerza del arriostramiento con el mayor de los ángulos (θ_i) de las ecuaciones anteriores. En una dirección en particular (N-S o E-O), la proporción de H del arriostramiento con el menor de los ángulos será inferior a la mitad de H, por lo que debe diseñarse, como mínimo, para una fuerza de H/2. Preferiblemente, se utilizará el mismo arriostramiento, con el tamaño adecuado para la condición de carga de control, tanto para el arriostramiento C_L como para el arriostramiento C_R para evitar errores de instalación.

NOTAS PARA LAS TABLAS DE LA 3.1.8-A HASTA LA 3.1.8-F:

Nota 1: A continuación, se indican los valores de tangente de varios ángulos:

Ángulo	Tangente	Ángulo	Tangente
30	0,58	60	1,73
35	0,70	65	2,14
40	0,84	70	2,74
45	1,00	75	3,73
50	1,19	80	5,67
55	1,43	85	11,43

Nota 2: La relación de esbeltez, Kl/r , se define como el factor de longitud efectiva (K) multiplicado por la longitud del arriostramiento (l) y dividido por el radio mínimo de giro (r). La longitud y el radio de giro deben tener las mismas unidades (por ejemplo, mm o in). En los arriostramientos, se considera que cada extremo está fijado de manera que el factor de longitud efectiva (K) pueda considerarse 1,0 y la relación de esbeltez se convierta en (l/r) . El radio mínimo de giro, r, de

las formas complejas de arriostramiento (como los ángulos) deben basarse en valores tabulados (por ejemplo, de los fabricantes de acero), pero se puede determinar para las formas simples de arriostramiento como se indica a continuación:

Forma de arriostramiento	Fórmula para el radio mínimo de giro (r_{min}), mm o in	Variables, mm o in
Tubería	$0,25 \cdot \sqrt{d_e^2 + d_i^2}$	d_e = diámetro exterior de la tubería d_i = diámetro interior de la tubería
Varillas	0,25d	d = diámetro de la varilla (para las varillas totalmente roscadas, utilice el diámetro de fondo de las roscas)
Perfiles planos	0,2887t	t = grosor del perfil plano

Nota 3: Para generar las tablas, se utiliza un límite elástico del acero (F_y) de 250 MPa (36.000 psi) y un módulo de elasticidad (E) de 200.000 MPa (29.000.000 psi), adecuados para el acero de uso común. Las propiedades de la sección transversal se utilizan para todas las formas, excepto para las varillas roscadas en toda su longitud, para las que la superficie en sección y el radio de giro se basan en el diámetro de la varilla en el fondo de las roscas.

Tabla 3.1.8-A. Cargas horizontales de ASD máximas (lb) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades de EE.UU.) ($l/r = 100$)

Tamaño de forma, in	Radio mínimo de giro, in	Longitud máxima, ft, in	Carga horizontal máxima, lb		
			Ángulo de arriostramiento desde la vertical		
			30° — 44°	45° — 59°	60° — 90°
l/r = 100 F _y = 36 ksi					
Tubería (Schedule 40, el tamaño es el diámetro nominal)					
1	0,421	3 ft 6 in	3150	4455	5456
1¼	0,54	4 ft 6 in	4266	6033	7389
1½	0,623	5 ft 2 in	5095	7206	8825
2	0,787	6 ft 6 in	6823	9650	11818
Tubería (Schedule 10, el tamaño es el diámetro nominal)					
1	0,428	3 ft 6 in	2634	3725	4562
1¼	0,55	4 ft 7 in	3386	4789	5865
1½	0,634	5 ft 3 in	3909	5528	6771
2	0,802	6 ft 8 in	4949	6998	8571
Ángulos					
1½×1½×¼	0,292	2 ft 5 in	4387	6205	7599
2×2×¼	0,391	3 ft 3 in	5982	8459	10360
2½×2×¼	0,424	3 ft 6 in	6760	9560	11708
2½×2½×¼	0,491	4 ft 1 in	7589	10732	13144
3×2½×¼	0,528	4 ft 4 in	8354	11814	14469
3×3×¼	0,592	4 ft 11 in	9183	12987	15905
Varillas (roscadas en toda su longitud)					
¾	0,075	0 ft 7 in	446	631	773
½	0,101	0 ft 10 in	823	1163	1425
⅝	0,128	1 ft 0 in	1320	1867	2286
¾	0,157	1 ft 3 in	1970	2787	3413
⅞	0,185	1 ft 6 in	2736	3869	4738
Varillas (roscadas solo en los extremos)					
¾	0,094	0 ft 9 in	701	992	1215
½	0,125	1 ft 0 in	1250	1768	2165
⅝	0,156	1 ft 3 in	1958	2769	3391
¾	0,188	1 ft 6 in	2819	3986	4882
⅞	0,219	1 ft 9 in	3833	5420	6638
Perfiles planos					
1½□¼	0,0722	0 ft 7 in	2391	3382	4142
2□¼	0,0722	0 ft 7 in	3189	4509	5523
2□¾	0,1082	0 ft 10 in	4783	6764	8284

Tabla 3.1.8-B. Cargas horizontales de ASD máximas (N) de los elementos de arriostramiento de acero en compresión (unidades SI) ($l/r = 100$)

Tamaño de forma, mm	Radio mínimo de giro, mm	Longitud máxima, m	Carga horizontal máxima, N		
			Ángulo de arriostramiento desde la vertical		
			30° — 44°	45° — 59°	60° — 90°
l/r = 100, F _y = 235 MPa					
Tubería (Schedule 40, el tamaño es el diámetro nominal)					
25	10,69	1,07	13645	19297	23634
32	13,72	1,37	18479	26133	32006
40	15,82	1,58	22069	31211	38225
50	19,99	2.0	29555	41797	51190
Tubería (Schedule 10, el tamaño es el diámetro nominal)					
25	10,87	1,09	11408	16133	19759
32	13,97	1,40	14667	20742	25404
40	16,10	1,61	16932	23945	29327
50	20,37	2,04	21434	30312	37125
Ángulos					
30×30×3	5,81	0,58	7449	10535	12903
40×40×4	7,77	0,78	13186	18648	22840
50×50×5	9,73	0,97	20550	29063	35594
60×60×6	11,70	1,17	29584	41838	51241
70×70×7	13,60	1,36	40244	56914	69705
80×80×8	15,60	1,56	52660	74473	91210
Varillas (roscadas en toda su longitud)					
10	2,04	0,20	2239	3166	3878
12	2,46	0,25	3264	4617	5654
16	3,39	0,34	6170	8726	10687
20	4,23	0,42	9641	13635	16699
22	4,73	0,47	12053	17046	20877
Varillas (roscadas solo en los extremos)					
10	2,50	0,25	3363	4755	5824
12	3,00	0,30	4842	6848	8387
16	4,00	0,40	8608	12174	14910
20	5,00	0,50	13450	19021	23296
22	5,50	0,55	16275	23016	28188
Perfiles planos					
40×4	1,15	0,12	6850	9688	11865
50×5	1,44	0,14	10703	15137	18539
60×6	1,73	0,17	15413	21797	26696

Tabla 3.1.8-C. Cargas horizontales de ASD máximas (lb) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades de EE.UU.) ($l/r = 200$)

Tamaño de forma, in	Radio mínimo de giro, in	Longitud máxima, ft, in	Carga horizontal máxima, lb		
			Ángulo de arriostramiento desde la vertical		
			30° — 44°	45° — 59°	60° — 90°
l/r = 200, F _y = 36 ksi					
Tubería (Schedule 40, el tamaño es el diámetro nominal)					
1	0,421	7 ft 0 in	926	1310	1604
1¼	0,54	9 ft 0 in	1254	1774	2173
1½	0,623	10 ft 4 in	1498	2119	2595
2	0,787	13 ft 1 in	2006	2837	3475
Tubería (Schedule 10, el tamaño es el diámetro nominal)					
1	0,428	7 ft 1 in	774	1095	1341
1¼	0,55	9 ft 2 in	996	1408	1724
1½	0,634	10 ft 6 in	1149	1625	1991
2	0,802	13 ft 4 in	1455	2058	2520
Ángulos					
1½×1½×¼	0,292	4 ft 10 in	1290	1824	2234
2×2×¼	0,391	6 ft 6 in	1759	2487	3046
2½×2×¼	0,424	7 ft 0 in	1988	2811	3442
2½×2½×¼	0,491	8 ft 2 in	2231	3155	3865
3×2½×¼	0,528	8 ft 9 in	2456	3474	4254
3×3×¼	0,592	9 ft 10 in	2.700	3818	4677
Varillas (roscadas en toda su longitud)					
¾	0,075	1 ft 2 in	131	186	227
½	0,101	1 ft 8 in	242	342	419
⅝	0,128	2 ft 1 in	388	549	672
¾	0,157	2 ft 7 in	579	819	1004
⅞	0,185	3 ft 0 in	804	1138	1393
Varillas (roscadas solo en los extremos)					
¾	0,094	1 ft 6 in	206	292	357
½	0,125	2 ft 0 in	368	520	637
⅝	0,156	2 ft 7 in	576	814	997
¾	0,188	3 ft 1 in	829	1172	1435
⅞	0,219	3 ft 7 in	1127	1594	1952
Perfiles planos					
1½×¼	0,0722	1 ft 2 in	703	994	1218
2×¼	0,0722	1 ft 2 in	938	1326	1624
2×¾	0,1082	1 ft 9 in	1406	1989	2436

Tabla 3.1.8-D. Cargas horizontales de ASD máximas (N) de los elementos de arriostramiento de acero en compresión (unidades SI) ($l/r = 200$)

Tamaño de forma, mm	Radio mínimo de giro, mm	Longitud máxima, m	Carga horizontal máxima, N		
			Ángulo de arriostramiento desde la vertical		
			30° — 44°	45° — 59°	60° — 90°
l/r = 200, F _y = 235 MPa					
Tubería (Schedule 40, el tamaño es el diámetro nominal)					
25	10,69	2,14	4120	5827	7137
32	13,72	2,74	5580	7891	9665
40	15,82	3,16	6664	9425	11543
50	19,99	4,00	8925	12621	15458
Tubería (Schedule 10, el tamaño es el diámetro nominal)					
25	10,87	2,17	3445	4872	5966
32	13,97	2,79	4429	6263	7671
40	16,10	3,22	5113	7231	8856
50	20,37	4,07	6472	9153	11211
Ángulos					
30×30×3	5,81	1,16	2.250	3181	3896
40×40×4	7,77	1,55	3982	5631	6897
50×50×5	9,73	1,95	6206	8776	10748
60×60×6	11,70	2,34	8933	12634	15473
70×70×7	13,60	2,72	12152	17186	21049
80×80×8	15,60	3,12	15902	22488	27543
Varillas (roscadas en toda su longitud)					
10	2,04	0,41	676	956	1171
12	2,46	0,49	986	1394	1707
16	3,39	0,68	1863	2635	3227
20	4,23	0,85	2911	4117	5043
22	4,73	0,95	3640	5147	6304
Varillas (roscadas solo en los extremos)					
10	2,50	0,50	1015	1436	1759
12	3,00	0,60	1462	2068	2533
16	4,00	0,80	2599	3676	4502
20	5,00	1,00	4062	5744	7035
22	5,50	1,10	4914	6950	8512
Perfiles planos					
40×4	1,15	0,23	2069	2925	3583
50×5	1,44	0,29	3232	4571	5598
60×6	1,73	0,35	4654	6582	8061

Tabla 3.1.8-E. Cargas horizontales de ASD máximas (lb) de los elementos de arriostramiento de acero a compresión (unidades de EE.UU.) ($l/r = 300$)

Tamaño de forma, in	Radio mínimo de giro, in	Longitud máxima, ft, in	Carga horizontal máxima, lb		
			Ángulo de arriostramiento desde la vertical		
			30° — 44°	45° — 59°	60° — 90°
l/r = 300, F _y = 36 ksi					
Tubería (Schedule 40, el tamaño es el diámetro nominal)					
1	0,421	10 ft 6 in	412	582	713
1¼	0,54	13 ft 6 in	558	788	966
1½	0,623	15 ft 6 in	666	942	1153
2	0,787	19 ft 8 in	892	1261	1544
Tubería (Schedule 10, el tamaño es el diámetro nominal)					
1	0,428	10 ft 8 in	344	487	2.660
1¼	0,55	13 ft 9 in	443	626	766
1½	0,634	15 ft 10 in	511	722	885
2	0,802	20 ft 0 in	647	915	1120
Ángulos					
1½×1½×¼	0,292	7 ft 3 in	573	811	993
2×2×¼	0,391	9 ft 9 in	782	1105	1354
2½×2×¼	0,424	10 ft 7 in	883	1249	1530
2½×2½×¼	0,491	12 ft 3 in	992	1402	1718
3×2½×¼	0,528	13 ft 2 in	1092	1544	1891
3×3×¼	0,592	14 ft 9 in	1.200	1697	2078
Varillas (roscadas en toda su longitud)					
¾	0,075	1 ft 10 in	58	82	101
½	0,101	2 ft 6 in	493	152	186
⅝	0,128	3 ft 2 in	173	244	299
¾	0,157	3 ft 11 in	258	364	446
⅞	0,185	4 ft 7 in	358	506	619
Varillas (roscadas solo en los extremos)					
¾	0,094	2 ft 4 in	92	130	159
½	0,125	3 ft 1 in	163	231	283
⅝	0,156	3 ft 10 in	256	362	443
¾	0,188	4 ft 8 in	368	521	638
⅞	0,219	5 ft 5 in	501	708	867
Perfiles planos					
1½×¼	0,0722	1 ft 9 in	313	442	541
2×¼	0,0722	1 ft 9 in	417	589	722
2×¾	0,1082	2 ft 8 in	625	884	1083

Tabla 3.1.8-F. Cargas horizontales de ASD máximas (N) de los elementos de arriostramiento de acero en compresión (unidades SI) ($l/r = 300$)

Tamaño de forma, mm	Radio mínimo de giro, mm	Longitud máxima, m	Carga horizontal máxima, N		
			Ángulo de arriostramiento desde la vertical		
			30° — 44°	45° — 59°	60° — 90°
l/r = 300, F _y = 235 MPa					
Tubería (Schedule 40, el tamaño es el diámetro nominal)					
25	10,69	3,21	1831	2590	3172
32	13,72	4,11	2480	3507	4295
40	15,82	4,75	2962	4189	5130
50	19,99	6,00	3966	5609	6870
Tubería (Schedule 10, el tamaño es el diámetro nominal)					
25	10,87	3,26	1531	2165	2652
32	13,97	4,19	1968	2784	3409
40	16,10	4,83	2272	3214	3936
50	20,37	6,11	2877	4068	4982
Ángulos					
30×30×3	5,81	1,74	1.000	1414	1732
40×40×4	7,77	2,33	1770	2503	3065
50×50×5	9,73	2,92	2758	3900	4777
60×60×6	11,70	3,51	3970	5615	6877
70×70×7	13,60	4,08	5401	7638	9355
80×80×8	15,60	4,68	7067	9995	12241
Varillas (roscadas en toda su longitud)					
10	2,04	0,61	300	425	520
12	2,46	0,74	438	620	759
16	3,39	1,02	828	1171	1434
20	4,23	1,27	1294	1830	2241
22	4,73	1,42	1618	2288	2802
Varillas (roscadas solo en los extremos)					
10	2,50	0,75	451	638	782
12	3,00	0,90	650	919	1126
16	4,00	1,20	1155	1634	2001
20	5,00	1,50	1805	2553	3127
22	5,50	1,65	2184	3089	3783
Perfiles planos					
40×4	1,15	0,35	919	1300	1592
50×5	1,44	0,43	1436	2031	2488
60×6	1,73	0,52	2069	2925	3583

3.1.9 Comentarios a la sección 2.2.1.3.6

Las capacidades del Diseño por tensiones permitidas (ASD) de la fijación se pueden calcular en función de un análisis de ingeniería aplicando las normas identificadas en la sección 2.2.1.3.6 (es decir, ASCE 7, así como ANSI/AWC NDS para pernos o tirafondos en madera, ACI 318 para anclajes de hormigón post-instalados, o AISC 360 para pernos en acero). Sin embargo, en la mayoría de las situaciones, la carga sísmica horizontal máxima de ASD por arriostramiento, basada en su fijación estructural, se puede determinar en las tablas de la 3.1.9-A a la 3.1.9-H al final de esta sección.

A continuación, se muestra información general relacionada con la determinación de las fuerzas en las fijaciones e información adicional sobre los anclajes de hormigón. Le siguen las tablas de la 3.1.9-A a la 3.1.9-H.

Determinación de las fuerzas en las fijaciones. La determinación de las fuerzas cortante y de tensión en las fijaciones que conectan los arriostramientos a la estructura depende de la configuración del arriostramiento y de cómo se conectan las fijaciones a la estructura. De la figura 3.1.9-A a la 3.1.9-G se ilustran varios ejemplos de configuraciones de arriostramiento en una tubería horizontal o vertical. Al utilizar estas figuras, tenga en cuenta lo siguiente:

- A. Las figuras de la 3.1.9-A a la 3.1.9-E para tuberías horizontales muestran ambas orientaciones posibles de la tubería, pero un único de arriostramiento solo es efectivo como arriostramiento lateral o longitudinal, dependiendo de la orientación de la tubería para ese arriostramiento en particular.

B. De la figura 3.1.9-B a la 3.1.9-D, se muestra la carga de diseño sísmico horizontal (H) que se produce en una dirección a la izquierda de la página con el fin de ilustrar la derivación del esfuerzo cortante y la carga a tracción como resultado de la carga sísmica (H) en esa dirección. En un terremoto real, la carga sísmica horizontal puede producirse en cualquiera de las dos direcciones (como se muestra en la figura 3.1.9-A). Las derivaciones del esfuerzo cortante y la carga a tracción de la figura 3.1.9-B a la 3.1.9-D no cambiarán, pero cambiarán de dirección si se produce un cambio en la dirección de la carga sísmica (H).

C. En la figura 3.1.9-A se muestra la disposición y la distribución de la carga sísmica en el arriostramiento diagonal de una tubería horizontal que cuenta con un arriostramiento diagonal y otro vertical. Para esta misma disposición, de la figura 3.1.9-B a la 3.1.9-D se muestra la derivación de las fuerzas cortantes y de tensión en las fijaciones a la estructura, que depende de la configuración de dichas fijaciones (es decir, en la parte inferior, en el lateral o en el frontal del elemento estructural; consulte también la figura 3.1.9-G). Cuando se utilizan dos arriostramientos diagonales de tensión-compresión, la disposición y la distribución de la carga sísmica en los arriostramientos se muestran en las figuras 3.1.9-E (tubería horizontal) y 3.1.9-F (tubería vertical). En las figuras 3.1.9-E y 3.1.9-F no se muestran las derivaciones de las fuerzas cortante y de tensión de las fijaciones del arriostramiento diagonal a la estructura, pero son similares a las que se muestran en las figuras 3.1.9-B a 3.1.9-D, excepto que la carga sísmica horizontal total (H) se dividirá entre los dos arriostramientos.

D. Si se utilizan dos arriostramientos de tensión-compresión (consulte las figuras 3.1.9-E y 3.1.9-F), se utilizará normalmente la misma configuración de fijación para ambos arriostramientos (por ejemplo, ambos se fijarían a un bloque de hormigón del suelo si la tubería es horizontal, o a una pared de hormigón si la tubería es vertical). Este será siempre el caso. Si los dos arriostramientos tienen configuraciones de fijación diferentes, determine las capacidades de carga de cada fijación para la configuración correspondiente.

E. En una configuración simétrica (θ_L es igual a θ_R en las figuras 3.1.9-E y 3.1.9-F), en la que ambos arriostramientos resisten la tensión y la compresión, las fuerzas en ambos arriostramientos serán de la misma magnitud necesaria para resistir una carga sísmica horizontal de $H/2$ en la dirección correspondiente, y las fuerzas cortante y de tensión de las fijaciones a la estructura serán iguales para ambos arriostramientos (si tienen la misma configuración).

F. En una configuración asimétrica (θ_L difiere de θ_R en las figuras 3.1.9-E y 3.1.9-F), en la que ambos arriostramientos resisten la tensión y la compresión, el arriostramiento con el ángulo mayor (θ) tal y como se define en estas figuras siempre resiste más de la mitad de la carga sísmica horizontal (H); el arriostramiento y las fijaciones deben diseñarse para esta fuerza. El arriostramiento con el ángulo más pequeño (θ) (p. ej., el arriostramiento más inclinado de la tubería horizontal) resistirá menos de la mitad de H utilizando una distribución proporcional basada en la geometría, pero el arriostramiento y sus conexiones siempre deben diseñarse para resistir, como mínimo, $H/2$. En la práctica, los arriostramientos que se utilizan en un sistema de dos arriostramientos normalmente deben ser iguales para evitar errores de instalación y deben tener el tamaño adecuado para las condiciones del peor caso.

G. En un arriostramiento en cuatro direcciones de una tubería vertical donde ambos arriostramientos resisten la tensión y la compresión (consulte la figura 3.1.9-F), la configuración del anclaje a la estructura (consulte la figura 3.1.9-G) será casi siempre diferente en las dos direcciones horizontales. Dado que la capacidad de fijación a la estructura depende de la configuración, es necesario confirmar las fijaciones del arriostramiento en cuatro direcciones en ambas direcciones independientemente de las magnitudes relativas de la carga de diseño sísmico horizontal (H) en cada dirección.

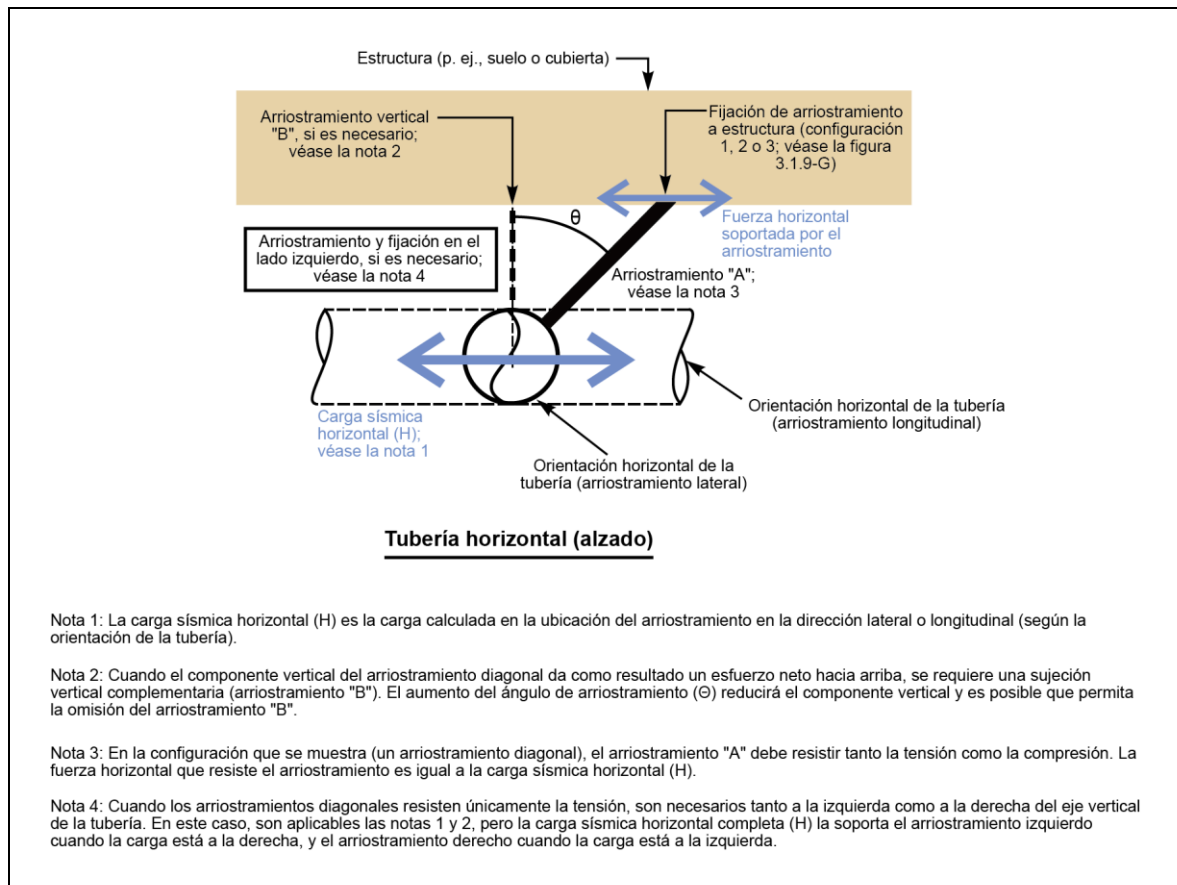


Figura 3.1.9-A. Disposición y distribución de la carga sísmica de un arriostamiento diagonal y uno vertical para la sujeción de una tubería horizontal

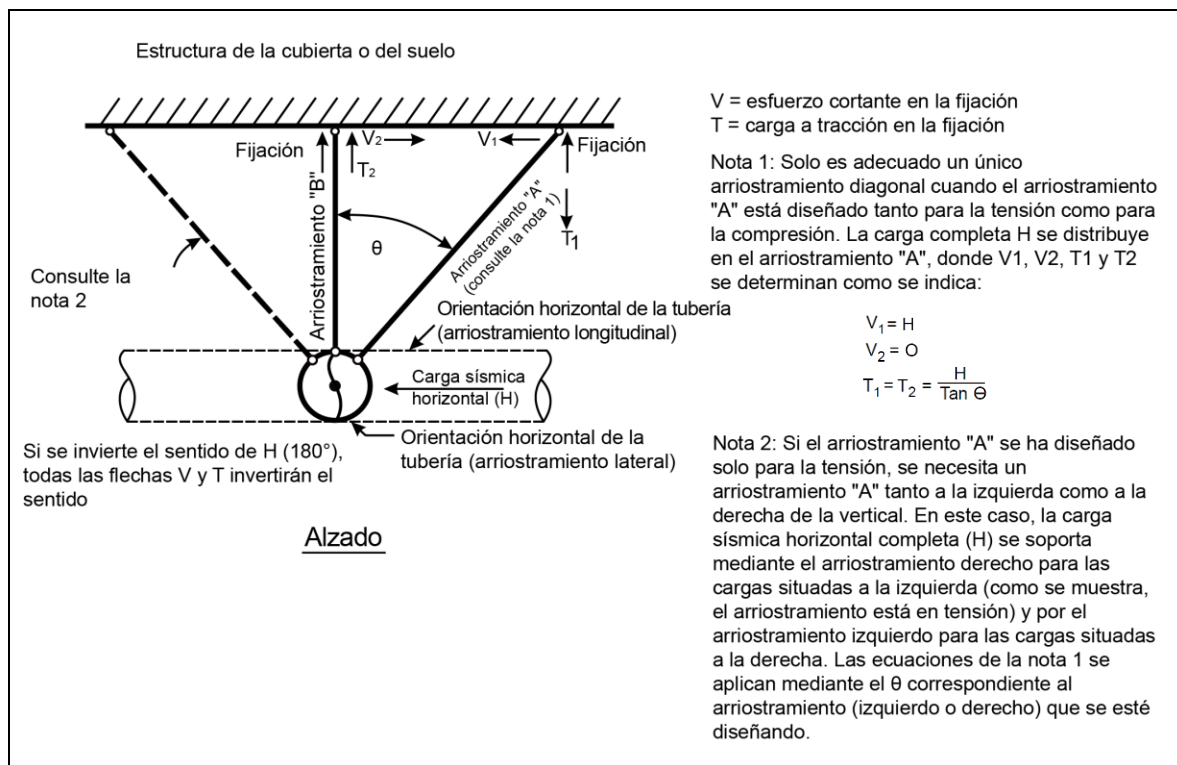


Figura 3.1.9-B. Configuración 1: fijaciones con un arriostamiento diagonal y otro vertical en una tubería horizontal; fijaciones en la parte inferior del elemento estructural (consulte también la figura 3.1.9-A)

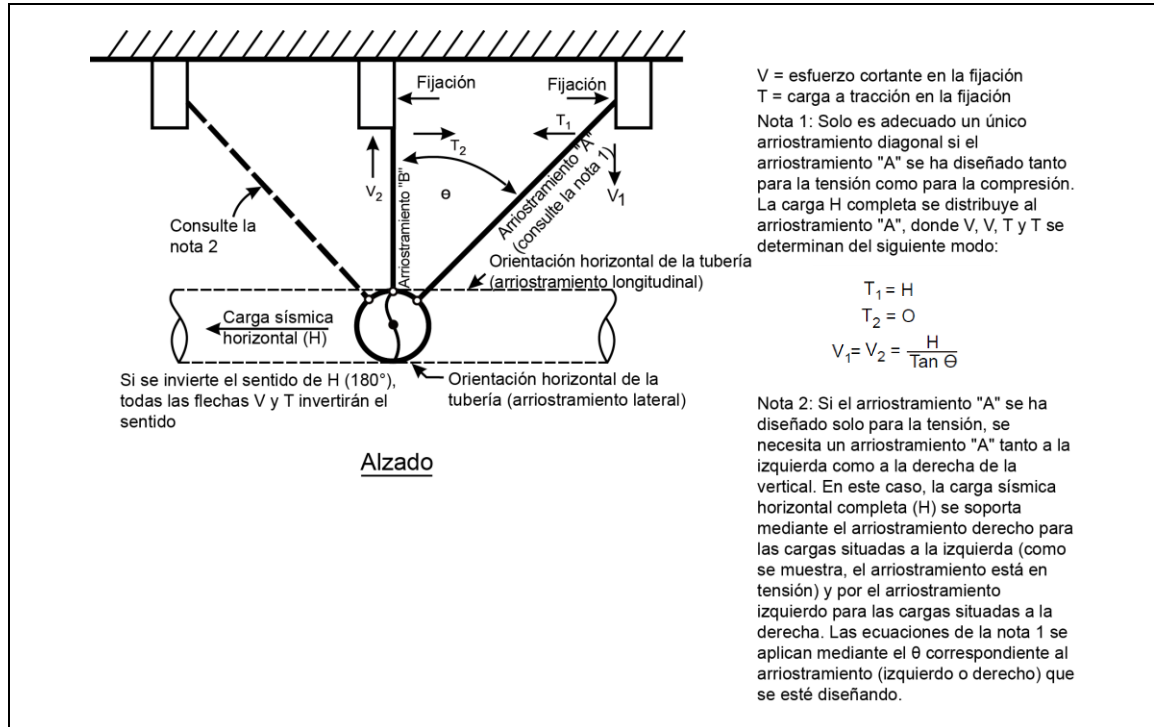


Figura 3.1.9-C. Configuración 2: fijaciones con un arriostamiento diagonal y otro vertical en una tubería horizontal; fijaciones en el lateral del elemento estructural (consulte también la figura 3.1.9-A)

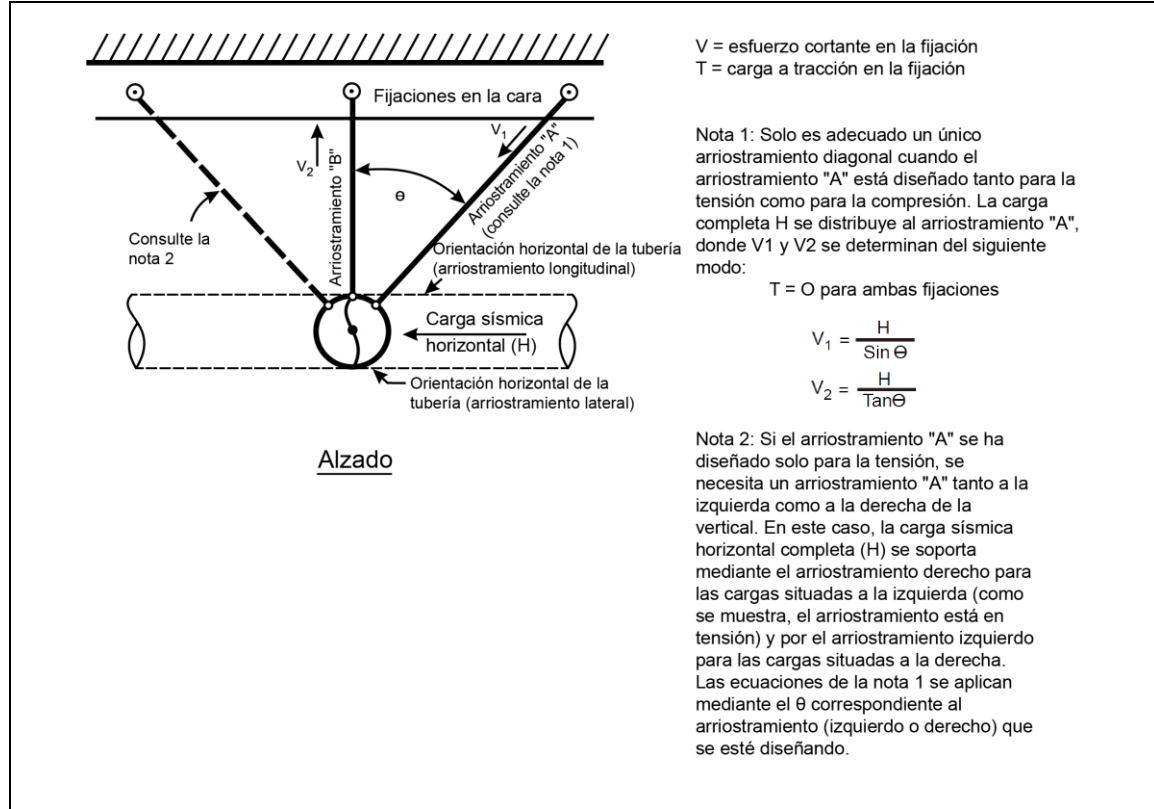


Figura 3.1.9-D. Configuración 3: fijaciones con un arriostamiento diagonal y otro vertical en una tubería horizontal; fijaciones en el frontal del elemento estructural (consulte también la figura 3.1.9-A)

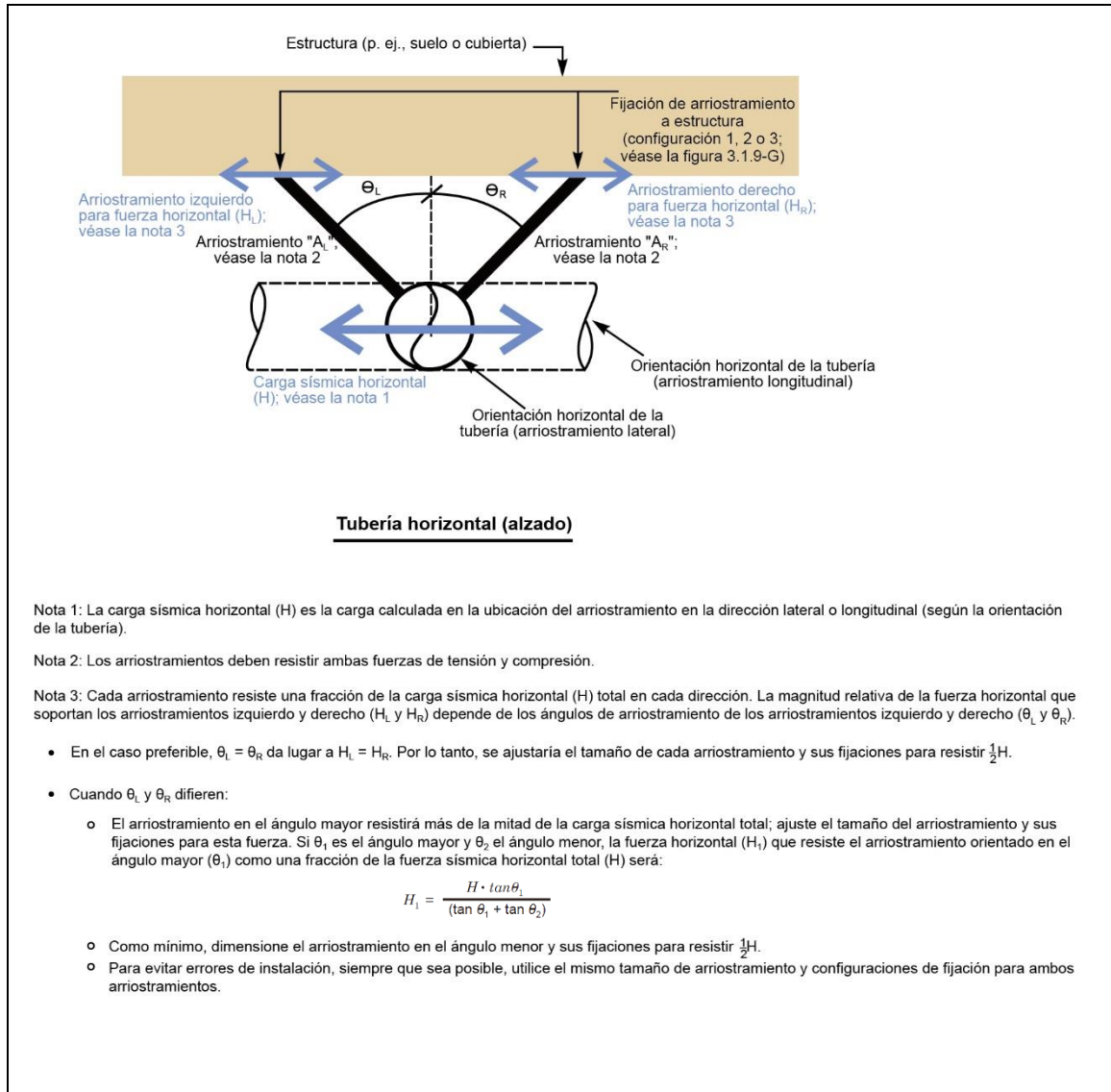


Figura 3.1.9-E. Disposición y distribución de la carga sísmica de dos arriostramientos diagonales de tensión-compresión para la sujeción de una tubería horizontal

Anclaje para hormigón. Los anclajes para hormigón se pueden hormigonar in situ (se instalan antes de colocar el hormigón), como los pernos empotrados o los insertos de hormigón, o se pueden instalar posteriormente (en hormigón endurecido), como los anclajes de expansión y los anclajes adhesivos. Las capacidades del Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD) de muchos anclajes para hormigón se pueden determinar mediante ACI 318 y los datos del fabricante. Los anclajes para hormigón post-instalados deben declararse aptos para su uso en zonas sísmicas mediante los protocolos de pruebas de las normas del American Concrete Institute (ACI), ACI 355.2, *Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete*, y ACI 355.4, *Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete*, u otras normas internacionales equivalentes. Estas normas cuentan con pruebas para evaluar, por ejemplo, en qué medida se ven afectadas las capacidades de anclaje por el agrietamiento del hormigón, que suele producirse durante los terremotos. Las capacidades de ASD se pueden determinar a partir de las capacidades de LRFD, como se describe a continuación.

En el LRFD, se debe cumplir la siguiente condición:

$$\text{Resistencia de diseño} \geq \text{Resistencia necesaria}$$

Que corresponde a:

$$\Phi \cdot (\text{Resistencia nominal}) \geq \Sigma \text{ Cargas ponderadas}$$

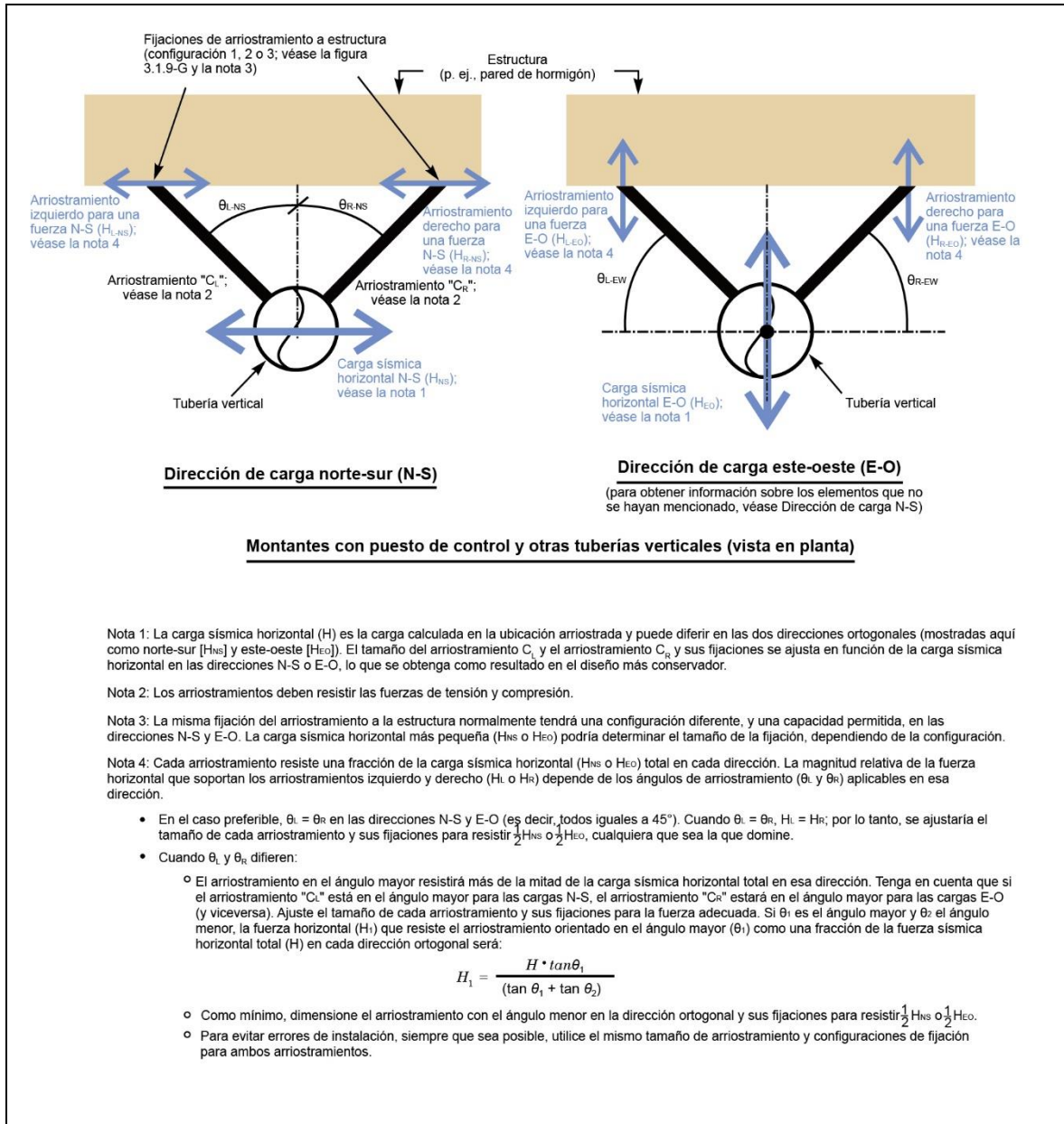


Figura 3.1.9-F. Disposición y distribución de la carga sísmica de dos arriostramientos diagonales de tensión-compresión para la sujeción de una tubería vertical

Las resistencias al corte y la tracción nominal de LRFD de los anclajes para hormigón post-instalados se determinan para diversas condiciones de fallo potenciales, que incluyen:

A. Tensión (N)

- Resistencia del acero del anclaje (N_{sa}), suponiendo un fallo del propio acero
- Resistencia del hormigón a la ruptura (N_{cb}), suponiendo que se fractura un cono (o una pirámide truncada) y se extrae de la superficie de hormigón
- Resistencia del hormigón a la extracción (N_{pn}), suponiendo que el anclaje se extrae del orificio sin fracturar el hormigón

- Rotura del lateral o la cara del hormigón (N_{sb}), cuando el anclaje se encuentra cerca de un borde de hormigón y se fractura una cuña de hormigón de ese borde

B. Cizallamiento (V)

- Resistencia del acero del anclaje (V_{sa}), suponiendo un fallo del propio acero
- Resistencia del hormigón a la ruptura (V_{cb}), cuando el anclaje se encuentra cerca y cargado hacia un borde de hormigón y un cono o una cuña de hormigón se fractura de ese borde
- Resistencia del hormigón a levantarse mediante palanca (V_{cp}), cuando el anclaje está lejos de un borde de hormigón y mediante palanca se levanta una cuña de la superficie de hormigón en la que está instalado el anclaje

Cada una de estas capacidades nominales se multiplica por su correspondiente factor de reducción de resistencia (Φ) para obtener la resistencia de diseño LRFD. Φ varía de 0,45 a 0,75 en función de la ductilidad del acero (en los modos de fallo del acero), o según los detalles de refuerzo del acero y la fiabilidad y la sensibilidad de instalación del anclaje post-instalado (en los modos de fallo del hormigón). Las resistencias del diseño LRFD al corte y la tensión son los valores más bajos Φ -(resistencia nominal).

A continuación, se comparan las resistencias de diseño LRFD de control con las resistencias necesarias de LRFD de las combinaciones de carga de control. Una combinación de cargas es una suma de las cargas básicas que requiere el código (p. ej., permanente, variable, terremoto), cada una multiplicada por su factor de carga de LRFD (los factores de carga varían en función del tipo de carga; por ejemplo, permanente, variable o terremoto). Cuando una combinación de cargas da como resultado el esfuerzo cortante y la carga a tracción en un anclaje, se deben cumplir las tres condiciones de 2.2.1.3.6.5.C.2, que muestran que el anclaje es adecuado bajo tensión, corte y una combinación de tensión y corte.

Para proporcionar un margen mayor frente a roturas quebradizas repentinas, es necesario multiplicar las cargas sísmicas horizontales en combinaciones de carga, conforme a ASCE 7, por un factor de sobrerresistencia de LRFD adicional (Ω_0) cuando existe la posibilidad de que los anclajes al hormigón o la mampostería puedan ser no dúctiles (normalmente debido a que el fallo se producirá en el hormigón o en la mampostería, y no en el acero). La mayoría de los anclajes para hormigón post-instalados y muchos insertos de hormigón se consideran no dúctiles y se aplica $\Omega_0 = 2,0$ (es decir, la resistencia necesaria de LRFD para los anclajes de hormigón se determina utilizando el doble de la carga sísmica horizontal).

Debido a que los arriostramientos solo resisten fuerzas sísmicas (es decir, no cargas permanentes ni variables), en lugar de multiplicar la carga sísmica horizontal de LRFD por dos, un método equivalente consiste en comparar la resistencia habitual necesaria de LRFD con la mitad de la resistencia de diseño habitual de LRFD. Es decir, las capacidades de corte y tensión nominal determinadas a partir de ACI 318 quedarían reducidas tanto por el factor de reducción de resistencia (Φ) como por un factor de 0,5.

Esta norma utiliza cargas de ASD, en lugar de cargas de LRFD. Las resistencias de diseño de ASD para anclajes de hormigón se pueden determinar a partir de las resistencias de diseño de LRFD aplicando dos factores. En primer lugar, las combinaciones de carga de ASD habituales incluyen un factor de carga de 0,7 en las cargas sísmicas, por lo tanto, las resistencias de diseño de LRFD deben multiplicarse por 0,7 cuando se dan las cargas en ASD. En segundo lugar, el factor de sobrerresistencia (Ω_0) también se aplica a las cargas de ASD, pero se reduce a $2,0/1,2 = 1,67$. Utilizando la misma lógica que en el caso anterior para LRFD, en lugar de multiplicar las cargas sísmicas horizontales por 1,67, podemos reducir la capacidad de anclaje por un factor de $1/1,67 = 0,6$. Por lo tanto, para la comparación con "H" determinada en la sección 2.2.1.2 (que se basa en ASD), las capacidades de corte y tensión del anclaje de hormigón se pueden considerar $(0,7) \cdot (0,6) = 0,42$ veces la resistencia de diseño de LRFD determinada en ACI 318. En el caso de los anclajes para hormigón post-instalados, este factor de 0,42 ya se ha incorporado en las tablas 3.1.9-E y 3.1.9-F (es decir, los valores de la tabla representan 0,42 veces las resistencias de diseño de LRFD de ACI 318 para que se puedan comparar directamente con las cargas de anclaje resultantes del valor de "H" calculado en la sección 2.2.1.2).

Es razonable usar las capacidades de ASD de corte y tensión para el anclaje de expansión que se utilizan para desarrollar las tablas 3.1.9-E y 3.1.9-F (consulte las notas de las tablas) con anclajes de hormigón comunes post-instalados, pero un anclaje determinado puede tener capacidades de ASD superiores. En lugar de utilizar las tablas, es aceptable calcular las capacidades de corte y tensión de ASD de un anclaje de hormigón post-instalado como 0,42 veces las resistencias de diseño de LRFD de ACI 318 para compararlas con el esfuerzo cortante y la carga a tracción del anclaje resultantes de la carga sísmica "H" de ASD determinada en la sección 2.2.1.2. Las capacidades de corte y tensión de ASD de un inserto de hormigón se pueden determinar de forma similar.

Cargas horizontales máximas mediante tablas de anclaje. En lugar de cálculos, la carga sísmica horizontal máxima de ASD por arriostramiento, basada en su fijación estructural, se puede determinar en las tablas de la 3.1.9-A a la 3.1.9-H. Al utilizar estas tablas, seleccione el tamaño de fijación para el material adecuado (p. ej., madera, hormigón o acero) en el que se va a instalar la fijación según la configuración de la fijación con respecto al elemento estructural y al ángulo del arriostramiento (θ), como se define en la figura 3.1.9-G. El ángulo del arriostramiento (θ) se mide desde la vertical para una tubería horizontal; consulte en la

figura 3.1.9-F la definición de θ para los arriostramientos en una tubería vertical. Los valores de carga indicados en las tablas corresponden a la carga sísmica horizontal aplicada (H o una fracción de H no inferior a $H/2$, dependiendo de la configuración del arriostramiento) al ángulo de arriostramiento del peor de los casos (θ) para el rango de ángulos dado. Es decir, la carga de diseño sísmico horizontal del arriostramiento debe ser menor que los valores de la tabla para el tamaño y la configuración de arriostramiento seleccionados. En las tablas se incluyen los siguientes elementos:

- A. Los pernos pasantes y los tirafondos en madera se incluyen en las tablas 3.1.9-A y 3.1.9-C (unidades de EE.UU.) o las tablas 3.1.9-B y 3.1.9-D (unidades SI).
- B. El anclaje a hormigón de peso normal se incluye en la tabla 3.1.9-E (unidades de EE.UU.) o en la tabla 3.1.9-F (unidades SI). En el caso del hormigón ligero, utilice el 50 % de los valores de las tablas (consulte las notas de las tablas). La resistencia del hormigón empleada para desarrollar las tablas se encuentra en el extremo inferior de las resistencias de hormigón especificadas habitualmente, por lo que los valores de la tabla se pueden utilizar incluso si se desconoce la resistencia del hormigón. Tenga en cuenta que se deben cumplir las condiciones definidas en la sección 2.2.1.3.6.5.B. En Estados Unidos, un ejemplo de autoridad jurisdiccional local sería la guía de servicios de evaluación del International Conference of Building Officials (ICBO), y ejemplos de protocolos de pruebas aceptables serían las normas ACI 355.2 y ACI 355.4.
- C. El anclaje al acero se incluye en la tabla 3.1.9-G (unidades de EE.UU.) o en la tabla 3.1.9-H (unidades SI).

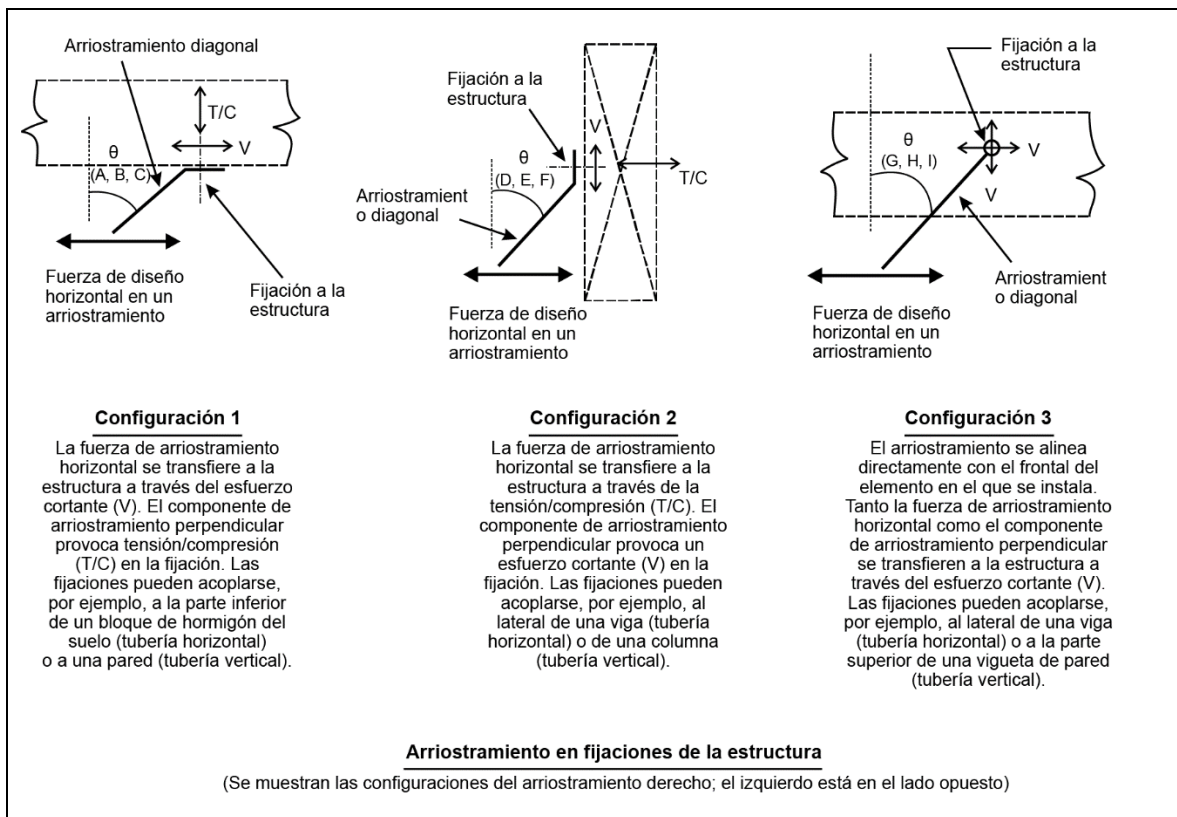


Figura 3.1.9-G. Definición de configuraciones de fijación a estructuras de la tabla 3.1.9-A a la 3.1.9-H

Tabla 3.1.9-A. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante pernos pasantes en madera, lb (unidades de EE.UU.)

Diámetro del perno pasante, in	Longitud del perno en la madera, in	Configuración 1			Configuración 2			Configuración 3		
		Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°
1/2	1-1/2	368	368	368	212	368	637	210	344	503
	2-1/2	448	448	448	259	448	776	260	436	659
	3-1/2	560	560	560	323	560	970	321	530	783
5/8	1-1/2	432	432	432	249	432	748	248	412	612
	2-1/2	512	512	512	296	512	887	300	512	789
	3-1/2	640	640	640	370	640	1109	377	650	1019
	5-1/2	896	896	896	517	896	1552	506	821	1180
3/4	1-1/2	496	496	496	286	496	859	287	482	726
	2-1/2	576	576	576	333	576	998	340	587	923
	3-1/2	704	704	704	406	704	1219	419	732	1171
	5-1/2	992	992	992	573	992	1718	577	977	1488
7/8	1-1/2	560	560	560	323	560	970	325	549	833
	2-1/2	640	640	640	370	640	1109	380	660	1050
	3-1/2	752	752	752	434	752	1303	452	800	1312
	5-1/2	1056	1056	1056	610	1056	1829	631	1107	1787
1	1-1/2	624	624	624	360	624	1081	363	616	940
	2-1/2	704	704	704	406	704	1219	420	735	1181
	3-1/2	848	848	848	490	848	1469	510	905	1487
	5-1/2	1184	1184	1184	684	1184	2051	716	1282	2139

Notas:

1. No están permitidas las fijaciones a elementos con menos de 90 mm (3 1/2 in) de la dimensión más pequeña. Los valores de perno de los elementos más delgados se proporcionan como referencia.
2. La tabla se genera de acuerdo con la norma del American Wood Council ANSI/AWC NDS-2005 para la madera con una densidad relativa (SG) de 0,35, que incluye un factor de duración de carga de 1,6.
3. Utilice valores tabulados para una SG = 0,35 a 0,39. Los valores tabulados pueden aumentar debido a los siguientes factores para otros valores de densidad relativa:
 - 1,2 para una SG = 0,40 a 0,46 (p. ej., Hem Fir)
 - 1,4 para una SG = 0,47 a 0,52 (p. ej., Douglas Fir)
 - 1,6 para una SG > 0,52 (p. ej., Southern Pine)

Tabla 3.1.9-B. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante pernos pasantes en madera, *N* (unidades SI)

Diámetro del perno pasante, mm	Longitud del perno en la madera, mm	Configuración 1			Configuración 2			Configuración 3		
		Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°
12	40	1637	1637	1637	943	1637	2834	934	1530	2237
	65	1993	1993	1993	1152	1993	3452	1157	1939	2931
	90	2491	2491	2491	1437	2491	4315	1428	2358	3483
16	40	1922	1922	1922	1108	1922	3327	1103	1833	2722
	65	2277	2277	2277	1317	2277	3946	1334	2277	3510
	90	2847	2847	2847	1646	2847	4933	1677	2891	4533
	140	3986	3986	3986	2300	3986	6904	2251	3652	5249
20	40	2206	2206	2206	1272	2206	3821	1277	2144	3229
	65	2562	2562	2562	1481	2562	4439	1512	2611	4106
	90	3132	3132	3132	1806	3132	5422	1864	3256	5209
	140	4413	4413	4413	2549	4413	7642	2567	4346	6619
22	40	2491	2491	2491	1437	2491	4315	1446	2442	3705
	65	2847	2847	2847	1646	2847	4933	1690	2936	4671
	90	3345	3345	3345	1931	3345	5796	2011	3559	5836
	140	4697	4697	4697	2713	4697	8136	2807	4924	7949
25	40	2776	2776	2776	1601	2776	4809	1615	2740	4181
	65	3132	3132	3132	1806	3132	5422	1868	3269	5253
	90	3772	3772	3772	2180	3772	6534	2269	4026	6614
	140	5267	5267	5267	3043	5267	9123	3185	5703	9515

Notas:

1. Las notas de la tabla 3.1.9-A también son aplicables a la tabla 3.1.9-B.

Tabla 3.1.9-C. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante tirafondos en madera, *lb* (unidades de EE.UU.)

Diámetro del tirafondo, in	Longitud del perno bajo la cabeza, in	Configuración 1			Configuración 2			Configuración 3		
		Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°
3/8	2	118	123	120	69	123	205	63	101	140
	3	179	195	194	112	195	310	105	166	232
	4	221	236	232	134	236	382	124	197	275
1/2	3	224	252	257	148	252	387	141	225	317
	4	301	346	358	207	346	521	199	318	447
	5	361	410	419	242	410	625	232	370	520
5/8	3	241	266	268	155	266	417	148	240	344
	4	328	371	379	219	371	568	211	342	491
	5	415	475	489	282	475	719	274	445	638
	6	488	553	565	326	553	845	316	512	735
3/4	4	358	404	412	238	404	621	231	378	550
	5	457	522	536	309	522	791	302	495	719
	6	555	639	659	381	639	961	374	611	888

Notas:

1. Realice fijaciones a elementos con una dimensión mínima de 90 mm (3½ in). Se aconseja una longitud del tirafondo bajo la cabeza de 8 veces el diámetro del perno; en ningún caso, la longitud bajo la cabeza debe ser inferior a 4 veces el diámetro del perno.
2. La tabla se genera de acuerdo con la norma del American Wood Council ANSI/AWC NDS-2005 para la madera con una densidad relativa (SG) de 0,35, que incluye un factor de duración de carga de 1,6.
3. Utilice valores tabulados para una SG = 0,35 a 0,39. Los valores tabulados pueden aumentar debido a los siguientes factores para otros valores de densidad relativa:
 - 1,2 para una SG = 0,40 a 0,46 (p. ej., Hem Fir)
 - 1,4 para una SG = 0,47 a 0,52 (p. ej., Douglas Fir)
 - 1,6 para una SG > 0,52 (p. ej., Southern Pine)

Tabla 3.1.9-D. Carga horizontal de ASD máxima por arriostamiento fijado mediante tirafondos en madera, N (unidades SI)

Diámetro del tirafondo, mm	Longitud del perno debajo de la cabeza, mm	Configuración 1			Configuración 2			Configuración 3		
		Ángulo de arriostamiento (θ)			Ángulo de arriostamiento (θ)			Ángulo de arriostamiento (θ)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°
10	50	525	547	534	307	547	912	280	449	623
	75	796	867	863	498	867	1379	467	738	1032
	100	983	1050	1032	596	1050	1699	552	876	1223
12	75	996	1121	1143	658	1121	1721	627	1001	1410
	100	1339	1539	1592	921	1539	2318	885	1415	1988
	125	1606	1824	1864	1076	1824	2780	1032	1646	2313
16	75	1072	1183	1192	689	1183	1855	658	1068	1530
	100	1459	1650	1686	974	1650	2527	939	1521	2184
	125	1846	2113	2175	1254	2113	3198	1219	1979	2838
	150	2171	2460	2513	1450	2460	3759	1406	2277	3269
20	100	1592	1797	1833	1059	1797	2762	1028	1681	2447
	125	2033	2322	2384	1374	2322	3519	1343	2202	3198
	150	2469	2842	2931	1695	2842	4275	1664	2718	3950

Notas:

1. Las notas de la tabla 3.1.9-C también son aplicables a la tabla 3.1.9-D.

Tabla 3.1.9-E. Carga horizontal de ASD máxima por arriostamiento fijado mediante anclajes de cuña o de expansión para hormigón post-instalados en hormigón^{1,2,3} con un peso normal de 3.000 psi, lb (unidades estándar de EE. UU.)

Diámetro nominal del perno, in	Empotramiento nominal mínimo, in	Configuración 1			Configuración 2			Configuración 3		
		Ángulo de arriostamiento (θ)			Ángulo de arriostamiento (θ)			Ángulo de arriostamiento (θ)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°
3/8	2-1/4	200	280	360	210	280	350	250	350	430
1/2	3-1/2	310	460	640	370	460	540	550	770	950
5/8	3-3/4	460	670	910	520	670	800	750	1060	1290
3/4	4-1/2	670	980	1330	770	980	1160	1100	1550	1900

Notas:

1. Se ha confeccionado esta tabla utilizando las siguientes capacidades de expansión de pernos del Diseño por tensiones permitidas (ASD) en hormigón agrietado con un peso normal de 20,7 MPa (3.000 psi):

- 10 mm (3/8 in): tensión de 2,0 kN (450 lb); cizallamiento de 2,22 kN (500 lb)
- 12 mm (1/2 in): tensión de 2,67 kN (600 lb); cizallamiento de 4,89 kN (1100 lb)
- 16 mm (5/8 in): tensión de 4,0 kN (900 lb); cizallamiento de 6,67 kN (1500 lb)
- DN20 (3/4 in): tensión de 5,78 kN (1300 lb); cizallamiento de 9,79 kN (2200 lb)

factor de carga de 0,7 ASD y un ajuste del factor de sobrerresistencia (ϕ) de 0,6 (consulte el texto).

Los fabricantes suelen suministrar pernos de muchas longitudes; elija pernos con un empotramiento nominal (es decir, el empotramiento antes del montaje del anclaje) al menos igual al que se muestra en la tabla (los valores nominales de empotramiento deben ser normalmente 6 a 7 veces el diámetro del perno [de $6D_b$ a $7D_b$]).

2. Para los valores de la tabla se asume una distancia mínima del borde que equivale a 12 veces el diámetro del perno ($12D_b$).

3. Cuando se realizan fijaciones en hormigón ligero (por ejemplo, fijaciones de la configuración 1 para cubiertas de metal rellenas de hormigón ligero), utilice el 50 % de cada valor de la tabla.

Tabla 3.1.9-F. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante anclajes de cuña o de expansión para hormigón post-instalados en hormigón con un peso normal de 20,7 MPa,¹ N (unidades SI)

Diámetro nominal del perno, mm	Empotramiento nominal mínimo, mm	Configuración 1			Configuración 2			Configuración 3		
		Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°
10	60	910	1260	1620	930	1260	1570	1110	1560	1920
12	90	1.400	2070	2850	1640	2070	2430	2440	3450	4230
16	100	2050	3000	4070	2350	3000	3560	3330	4710	5770
20	120	2980	4360	5930	3420	4360	5170	4890	6920	8470

Notas:

1. Las notas de la tabla 3.1.9-E también son aplicables a la tabla 3.1.9-F.

Tabla 3.1.9-G. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante pernos pasantes en acero¹ (perno perpendicular a la superficie de montaje), lb (unidades estándar de EE. UU.)

Diámetro del perno pasante, in	Configuración 1			Configuración 2			Configuración 3		
	Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°
¼	400	500	600	300	500	650	325	458	565
⅜	900	1200	1400	800	1200	1550	735	1035	1278
½	1600	2050	2550	1450	2050	2850	1300	1830	2260
⅝	2500	3300	3950	2250	3300	4400	2045	2880	3557

1. Los valores de la tabla son aplicables a pernos pasantes instalados en acero que tiene un grosor mínimo (t) de 0,25 in. Si t tiene un valor de entre 2,7 mm (0,1046 in) y 0,06 mm (0,25 in), la carga horizontal máxima se puede calcular multiplicando los valores de la tabla por t/0,25. La tabla no es aplicable si el grosor del acero es inferior a 2,66 mm (p. ej., acero de calibre ligero del 13 al 30).

Tabla 3.1.9-H. Carga horizontal de ASD máxima por arriostramiento fijado mediante pernos pasantes en acero¹ (perno perpendicular a la superficie de montaje), N (unidades SI)

Diámetro del perno pasante, mm	Configuración 1			Configuración 2			Configuración 3		
	Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)			Ángulo de arriostramiento (θ)		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°	30-44°	45-59°	60-90°
6	1780	2224	2669	1334	2224	2891	1446	2037	2513
10	4003	5338	6227	3558	5338	6894	3269	4604	5685
12	7116	9118	11342	6450	9118	12677	5782	8140	10052
16	11120	14678	17570	10008	14678	19571	9096	12810	15821

1. Los valores de la tabla son aplicables a pernos pasantes instalados en acero que tienen un grosor mínimo (t) de 6,4 mm. Si t tiene un valor de entre 2,65 mm y 6,4 mm, la carga horizontal máxima se puede calcular multiplicando los valores de la tabla por t/6,4. La tabla no es aplicable si el grosor del acero es inferior a 2,64 mm (es decir, acero de calibre ligero).

3.1.10 Comentarios a la sección 2.2.1.4.8

Cuando una tubería horizontal se extiende a través de una junta antisísmica dentro de un edificio, o entre dos edificios o estructuras independientes, el movimiento horizontal que debe absorberse lo debe indicar el ingeniero a cargo del diseño del edificio. Si esta información no está disponible, puede que sea razonable suponer que el movimiento horizontal en cualquier dirección en cada sección del edificio es igual a la mitad de la separación sísmica entre las secciones del edificio (por ejemplo, para una separación sísmica de 200 mm [8 in], suponga que cada sección del edificio puede moverse 100 mm [4 in] en cualquier dirección horizontal). Sin embargo, si la separación es inusualmente grande o pequeña, este método puede calcular el movimiento horizontal de forma incorrecta. En este caso, el movimiento horizontal relativo total en el piso en el que se encuentra la tubería se puede calcular de forma aproximada como del 2 % al 3 % de la altura de ese piso sobre el nivel del suelo (es decir, el movimiento de cada edificio sería del 1 % al 1,5 % de la altura por encima del nivel del suelo hasta ese piso, y los edificios pueden moverse en direcciones opuestas). Por ejemplo, una tubería que pase entre secciones de edificios independientes en una cubierta situada a 9,1 m (30 ft) sobre el nivel del suelo tendría que absorber un movimiento horizontal relativo total de 180 a 275 mm (de 7,2 a 10,8 in), la mitad de cada estructura.

Suponiendo que no se produzcan fallos ni hundimientos en la tierra, debería producirse poco movimiento vertical relativo entre edificios o secciones de edificios independientes. Sin embargo, sería prudente disponer de cierto margen para el movimiento vertical (por ejemplo, de 25 a 75 mm [de 1 a 3 in] de movimiento relativo total entre las secciones independientes del edificio).

En la figura 3.1.10-A se ilustra un conjunto de separación sísmica (SSA) aceptable (es decir, una disposición de tuberías, acoplamientos flexibles y codos) para una tubería horizontal de DN100 (4 in) que cruza una separación de 200 mm (8 in). Si se utilizan otros tamaños de tubería o distancias de separación, los tamaños y las dimensiones del equipo pueden variar. Una alternativa aceptable consiste en proporcionar un anillo de tubería homologado por FM que incorpore tuberías flexibles similares a las que se muestran en la figura 3.1.10-B.

Dado que se producirá un movimiento horizontal del conjunto SSA o del anillo, no se debe fijar ningún arriostamiento al conjunto ni al propio anillo; sin embargo, se debe arriostar el extremo de la tubería a cada lado del conjunto o del anillo (por ejemplo, para la tubería horizontal, un arriostamiento lateral a un máximo de 1,8 m [6 ft] del extremo y un arriostamiento longitudinal a un máximo de 12,2 m [40 ft] del extremo). Todo soporte colgante que sujete el conjunto SSA o el propio anillo deberá absorber este movimiento horizontal (por ejemplo, mediante un soporte colgante de separación).

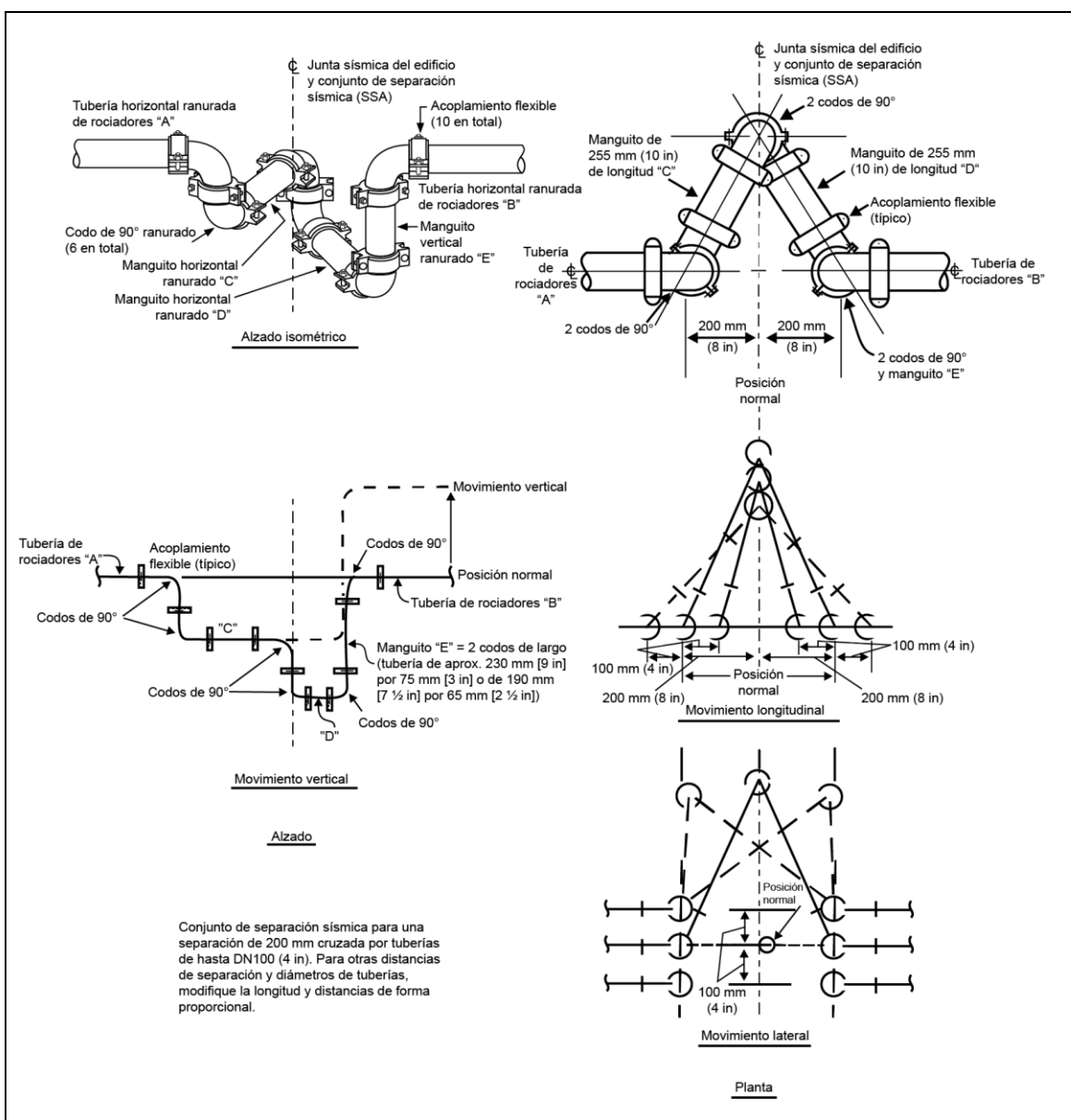
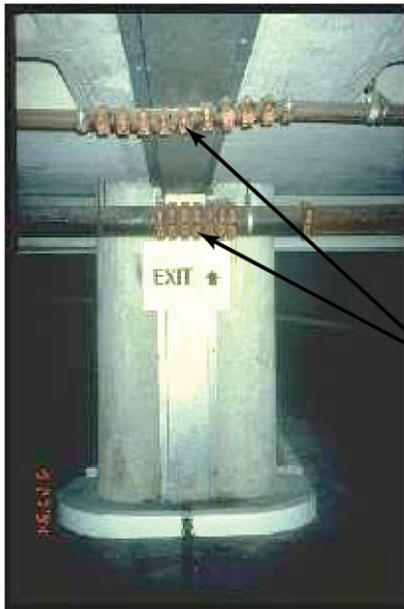


Figura 3.1.10-A. Conjunto de separación sísmica para tuberías horizontales del sistema de protección contra incendios que cruza una junta antisísmica del edificio por encima del nivel del suelo



Figura 3.1.10-B. Anillo de tubería flexible; posible alternativa a un conjunto de separación sísmica

Cualquier método de ingeniería alternativo debe permitir un movimiento adecuado en dos direcciones horizontales ortogonales además de verticalmente. No se admite ningún conjunto ni acoplamiento fabricado que no permita estos movimientos. Por ejemplo, en la figura 3.1.10-C se muestra un sistema que no permite un movimiento suficiente en la dirección paralela al eje de la tubería. Además, no se ha establecido la fiabilidad del uso de un conjunto de acoplamientos que permita un gran movimiento perpendicular de la tubería sin que se produzcan fugas.



Los acoplamientos flexibles seguidos en la junta sísmica no son aceptables para adaptarse al movimiento diferencial

Figura 3.1.10-C. Alternativa inaceptable a un conjunto de separación sísmica

Cuando un montante con puesto de control se extiende entre el nivel del suelo y la cubierta de un edificio, es posible absorber el movimiento diferencial entre estos dos emplazamientos empleando acoplamientos flexibles en la parte superior e inferior, lo que permite que la tubería entre estos emplazamientos permanezca recta. Por ejemplo, suponiendo que la cubierta del edificio se mueve un 1,5 % de la altura del edificio con respecto a sus cimientos, los acoplamientos flexibles tendrían que permitir una desviación angular (β) igual a $\tan^{-1}(0,015)$ o de alrededor de $0,9^\circ$. Los acoplamientos flexibles permiten del orden de 1° (tubería de diámetro más grande) a 3° (diámetro más pequeño) de desviación angular, por lo que la mayoría de los acoplamientos flexibles podrían adaptarse a los $0,9^\circ$ necesarios.

Sin embargo, cuando una tubería bajante de un sistema a nivel de techo suministra agua a una estructura independiente (por ejemplo, a una entreplanta interior independiente o a los rociadores intermedios de una estantería de almacenamiento independiente), aumentan los requisitos de desviación angular para los acoplamientos flexibles. En este caso, es necesario absorber un movimiento diferencial lateral mayor (es decir, la desviación lateral del edificio en el emplazamiento de la tubería del sistema a nivel de techo más la desviación lateral de la estructura independiente en el punto de conexión más alto de la bajante, dado que las estructuras se podrían mover en direcciones opuestas). Además, la longitud sobre la que debe producirse este movimiento diferencial (es decir, la longitud de la bajante entre los acoplamientos flexibles) es menor. Suponiendo que cada estructura pueda desviarse un 1,5 % de su altura (en el punto de fijación de la tubería), la desviación angular a la que debe adaptarse es:

$$\beta = \tan^{-1} \left[\frac{0,015 (H_o + H_i)}{(H_o - H_i)} \right]$$

Donde:

β = desviación angular necesaria

H_o = altura desde la base del edificio hasta la tubería a nivel de techo

H_i = altura desde la base del edificio hasta el emplazamiento de la fijación más alta de la bajante hasta la estructura independiente

Si la longitud de la bajante de tubería es igual a un tercio de la altura del edificio (es decir, H_i equivale a $2/3$ de H_o) y cada estructura se desvía horizontalmente un 1,5 %, la desviación angular necesaria de los acoplamientos flexibles sería de $4,3^\circ$, lo cual es probable que supere la capacidad de desviación angular de la mayoría de los acoplamientos flexibles. Si la longitud de la bajante de tubería es igual a la mitad de la altura del edificio, la desviación angular necesaria sería de $2,6^\circ$, lo cual podría ajustarse con algunos acoplamientos flexibles. Si la desviación relativa es considerable al asumir las desviaciones laterales del 1,5 % de la altura, existen cuatro opciones:

- A. Determinar si se producirá una menor desviación lateral (por ejemplo, una estructura de pared de cizallamiento de hormigón con bloques de hormigón del suelo puede sufrir una desviación lateral mucho menor al 1,5 % de la altura).
- B. Fijar la bajante en un punto inferior de la estructura independiente para maximizar la longitud de la bajante.
- C. Especificar acoplamientos flexibles homologados por FM que tengan la capacidad de desviación angular adecuada (puede haber pocas opciones) o utilizar una tubería flexible recta y corta (esto puede requerir que la tubería vertical se sujete de forma independiente para las cargas de gravedad); no se deben utilizar varios acoplamientos flexibles (es decir, acoplamientos flexibles seguidos).
- D. Proporcionar un anillo flexible homologado por FM que permita una capacidad de desviación adecuada en la parte superior o inferior de la bajante.

3.1.11 Comentarios a la sección 2.2.1.6.2

Los falsos techos pueden oscilar durante un terremoto y golpear los rociadores o las bajantes de tuberías de los rociadores que se encuentran dentro del techo o que lo atraviesan. El uso de conexiones de manguera flexible para los rociadores no evita la necesidad de arriostrar un falso techo; estas mangueras flexibles están diseñadas para su instalación en techos con arriostramiento. Los techos que no están suspendidos (por ejemplo, placas de yeso aplicadas bajo cerchas de madera que se extienden hasta paredes de madera) no requieren arriostramiento.

ASCE 7-10 proporciona orientación para la protección contra terremotos de falsos techos con placas acústicas. Hay varios requisitos que deben cumplirse, como se indica a continuación. Sin embargo, la sujeción lateral se logra principalmente proporcionando, cada 3,7 m (12 ft) y comenzando a 1,8 m (6 ft) de las paredes, un conjunto de arriostramiento compuesto por un tirante de compresión vertical y cuatro arriostramientos diagonales de cable de retención de acero del calibre 12 (2,7 mm [0,106 in] de diámetro) (consulte la figura 3.1.11). Cada arriostramiento diagonal con cable de retención se instala en un ángulo de 45° (o mayor) desde la vertical y los cuatro cables se sitúan a 90° de separación en el plano (es decir, para que resistan fuerzas en todas las direcciones horizontales).

La Categoría de diseño sísmico (SDC, *Seismic Design Category*, por sus siglas en inglés) se utiliza en ASCE 7 como indicación de la amplitud del diseño sísmico para edificios y equipos. La SDC se basa en los parámetros de aceleración de la respuesta espectral de diseño

en un periodo (corto) de vibración de 0,2 segundos (es decir, S_{DS}) y en un periodo de vibración de 1 segundo (es decir, S_{D1}). A continuación, se repiten los valores genéricos de S_{DS} y S_{D1} (expresados como parte de la aceleración gravitacional [g]) para las zonas sísmicas de FM Global de la ficha técnica 1-2:

- Zona sísmica de 50 años de FM Global $S_{DS} = 1,3$ (g) $S_{D1} = 0,8$ (g)
- Zona sísmica de 100 años de FM Global $S_{DS} = 0,9$ (g) $S_{D1} = 0,45$ (g)
- Zona sísmica de 250 años de FM Global $S_{DS} = 0,55$ (g) $S_{D1} = 0,25$ (g)
- Zona sísmica de 500 años de FM Global $S_{DS} = 0,55$ (g) $S_{D1} = 0,25$ (g)

SDC A y SDC B suelen tener pocos requisitos de diseño sísmico para los edificios o los equipos. SDC C tiene muchos requisitos sísmicos para los edificios y requiere el arriostramiento o el anclaje de los equipos importantes, como los sistemas de protección contra incendios. SDC D, SDC E y SDC F requieren un diseño sísmico completo para los edificios y la mayoría de los equipos. De acuerdo con los criterios de ASCE 7, unas instalaciones estarán al menos en SDC D si $S_D \geq 0,5$ (g) o $S_{D1} \geq 0,2$ (g). Por lo tanto, se debe suponer que todas las instalaciones situadas en las zonas sísmicas de 50 a 500 años de FM Global son al menos SDC D y que la protección contra terremotos de los falsos techos según las directrices de SDC D de ASCE 7 serían las adecuadas.

La carga horizontal de ASD para falsos techos se puede determinar de forma similar al método descrito para tuberías de rociadores en la sección 3.1.6. Los valores de los coeficientes para los techos difieren de los que son aplicables a las tuberías de los rociadores. Para los falsos techos, los coeficientes son: $a_p = 1,0$, $R_p = 2,5$ y $I_p = 1,0$. La sustitución de estos valores en la ecuación de la sección 3.1.6 para F_p resultaría (para LRFD) en:

$$F_p = \frac{0,4 \cdot 1,0}{2,5} (3) S_{DS} \cdot 1,0 \cdot W_p = 0,48 \cdot S_{DS} \cdot W_p \quad (\text{LRFD})$$

Las cargas de ASD son 0,7 veces las cargas de LRFD, por lo que:

$$F_p = (0,7) \cdot (0,48) \cdot S_{DS} \cdot W_p = (0,336) \cdot S_{DS} \cdot W_p \quad (\text{ASD})$$

Básicamente, las cargas horizontales de ASD para techos se pueden determinar utilizando la mitad de los factores "G" adecuados para tuberías de rociadores que se indican en la sección 2.2.1.2.2. Es decir, multiplique el peso del techo por:

- 0,45 en zonas de 50 años de FM Global
- 0,32 en zonas de 100 años de FM Global
- 0,2 en zonas de 250 y 500 años de FM Global

Un cable de calibre 12 orientado a 45° puede resistir una carga horizontal de ASD de 0,67 kN (150 lb) basada en su sección (5,481 mm² [0,0088 in²]) multiplicada por la tensión permitida (0,4 F_u , donde la resistencia a la tracción [F_u] es de 414 MPa [60.000 psi]) multiplicada por seno 45°. Por lo tanto, los cables de retención del calibre 12 con conjuntos de tirantes de compresión con una separación de 3,7 m (12 ft) entre centros pueden arriostrar techos con pesos de hasta:

- 110 N/m² (2,3 psf) en zonas de 50 años de FM Global
- 160 N/m² (3,3 psf) en zonas de 100 años de FM Global
- 250 N/m² (5,2 psf) en zonas de 250 y 500 años de FM Global

Los techos más pesados requerirán que los conjuntos de arriostramiento estén próximos entre sí o el uso de cables más largos. Por ejemplo, un cable del calibre 10 (3,4 mm [0,135 in] de diámetro) puede resistir una carga horizontal de ASD de 1,07 kN (240 lb) o un 60 % más que un cable del SWG 12.

Según ASCE 7 y las normas de ASTM International (ASTM) a las que hace referencia: ASTM C635 (*Standard Specification for the Manufacture, Performance, and Testing of Metal Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panel Ceilings*), ASTM C636 (*Standard Practice for Installation of Metal Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels*) y la sección 5 (que cubre SDC D, E Y F) de ASTM E580 (*Standard Practice for Installation of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Subject to Earthquake Ground Motions*), los requisitos clave para la protección sísmica de falsos techos con placas acústicas son los siguientes:

A. Techos de hasta 13,4 m² (144 ft²)

1. No existe ningún requisito si están rodeados de paredes o plafones arriostrados lateralmente a la estructura. De lo contrario, podría ser necesario el arriostramiento.

B. Techos de más de 13,4 m² (144 ft²) y hasta 92,9 m² (1.000 ft²)

1. La rejilla debe ser robusta, según se define en la norma ASTM C635.
 2. La resistencia de las tes y las cruces debe ser de al menos 0,8 kN (180 lb).
 3. Los cables de soporte verticales deben ser como mínimo del calibre 12 (2,7 mm [0,106 in] de diámetro) y tener una separación máxima de 1,2 m (4 ft) entre centros. El cable del soporte colgante se fija a la estructura mediante una conexión capaz de resistir al menos 0,44 kN (100 lb) y el extremo libre del cable se envuelve alrededor del cable vertical con tres vueltas en 75 mm (3 in) o menos para fijarlo.
 4. Las molduras de los cierres perimetrales deben tener al menos 50 mm (2 in) de ancho a menos que se apruebe una anchura menor. Dos lados adyacentes de la rejilla del techo se deben fijar a la pared o al cierre perimetral. Los otros dos lados adyacentes deben permitir un movimiento de al menos 19 mm ($\frac{3}{4}$ in) hacia o desde la pared. A no más de 203 mm (8 in) de la pared, las tes del perímetro deben estar sujetas por cables verticales de soporte colgante y enlazadas para evitar que se extiendan.
 5. Los dispositivos mecánicos y de iluminación deben estar fijados positivamente a la rejilla. Se debe proporcionar un cable de seguridad no tensado (del calibre 12 [2,7 mm (0,106 in) de diámetro]) hasta la estructura en luminarias que pesen hasta 4,5 kg (10 lb). Se necesitan dos cables de seguridad no tensados en luminarias de mayor tamaño que pesen hasta 25,4 kg (56 lb) y en dispositivos mecánicos que pesen de 9,1 a 25,4 kg (20 a 56 lb). Los dispositivos más pesados deben sujetarse de forma independiente mediante soportes colgantes de la estructura.
 6. Los pasos de los rociadores deben permitir un movimiento de 25 mm (1 in) en cualquier dirección a menos que se haya diseñado un sistema de rociadores integrado en el techo (por ejemplo, mediante la incorporación de tuberías flexibles para los rociadores).
 7. No se deben arriostrar los tabiques al falso techo.
 8. El arriostramiento lateral (por ejemplo, cables de retención y tirantes de compresión) no es necesario si se cumplen todos los demás requisitos anteriores.
- C. Techos de más de 92,9 m² (1.000 ft²) y hasta 232 m² (2.500 ft²)
1. Además de lo anterior, se requieren arriostramientos laterales (por ejemplo, cables de retención y tirantes de compresión) con una resistencia de conexión de arriostramiento mínima de 1,1 kN (250 lb) a no más de 50 mm (2 in) de las principales intersecciones en T cruzadas, con una separación de 3,7 m (12 ft) entre centros, empezando a una distancia de 1,8 m (6 ft) de las paredes. Los cables de retención de acero deben ser del calibre 12 (2,7 mm [0,106 in] de diámetro) como mínimo. Aparte de los requisitos de resistencia de 1,1 kN (250 lb), no se especifican conexiones finales del cable de retención; sin embargo, los detalles comunes (consulte la figura 3.1.11) sugieren que cuatro vueltas apretadas del extremo del cable alrededor del cable de arriostramiento a no más de 40 mm (1 $\frac{1}{2}$ in) podrán desarrollar esta fuerza (tenga en cuenta que se ha especificado anteriormente que los cables verticales de los soportes colgantes deben enrollarse con tres vueltas para desarrollar al menos 0,44 kN [100 lb], y que la figura 3.1.11 también muestra tres vueltas para estos cables verticales de soportes colgantes).
- D. Techos de más de 232 m² (2.500 ft²)
1. Se requieren juntas de separación sísmica que permitan un movimiento axial de 19 mm ($\frac{3}{4}$ in) como mínimo o tabiques de altura completa que dividan el techo en áreas que no superen los 232 m² (2.500 ft²), cada una con una relación de dimensión larga a corta de hasta 4.

3.1.12 Comentarios a la sección 2.2.1.7.2

Cuando no sea posible evitar el uso de una fijación de extremo plano en áreas muy susceptibles a daños ocasionados por agua (por ejemplo, las salas blancas), se debe considerar un método para evitar la separación de la tubería en la fijación. Una opción sería proporcionar una abrazadera de tubería a cada lado de la fijación conectada mediante varillas (consulte la figura 3.1.12).

3.1.13 Comentarios a la sección 2.2.1.9.1

Habitualmente las tuberías de rociadores se fabrican en acero; por lo tanto, este es el material para el que están disponibles la mayoría de los datos de rendimiento de las tuberías de rociadores durante un terremoto. El rendimiento durante un terremoto de las tuberías de acero arriostradas de acuerdo con los requisitos tradicionales (por ejemplo, arriostramientos laterales y en cuatro direcciones espaciados a 12,2 m [40 ft]) ha demostrado ser bueno en términos generales. Por lo tanto, se considera que es probable que el rendimiento durante un terremoto de otras tuberías metálicas sea satisfactorio si se diseñan de manera que: (1) las desviaciones de la tubería bajo fuerzas laterales sean razonablemente similares a las de una tubería de acero; y (2) la relación de la tensión longitudinal real de la tubería (debido a la presión interna del agua más la flexión bajo fuerzas de gravedad más la flexión bajo fuerzas laterales) con la tensión longitudinal permitida sea similar a la relación del acero y razonable para el material que se utiliza.

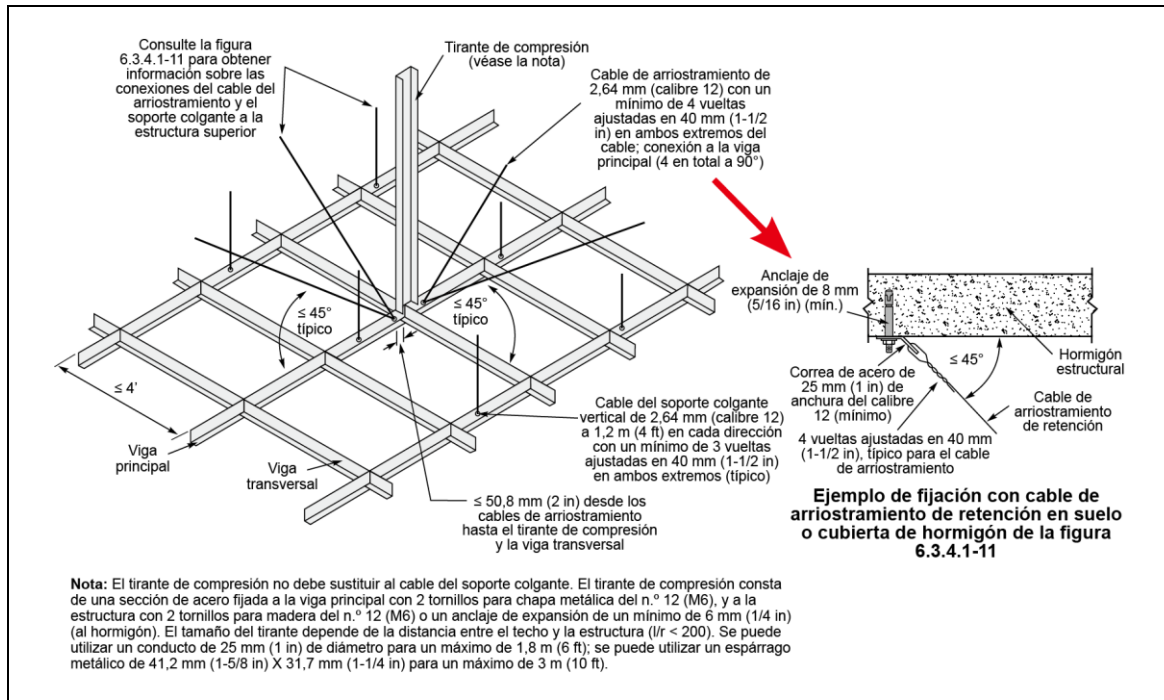


Figura 3.1.11. Ejemplo de conjunto de arriostramiento con cable de retención lateral en un falso techo de paneles acústicos (fuente: FEMA E-74, diciembre de 2012, figuras 6.3.4.1-9 y 6.3.4.1-11)



Figura 3.1.12. Ejemplo de refuerzo de conexiones de tuberías débiles (por ejemplo, accesorios de extremo plano) para evitar la separación

Otros materiales comunes de las tuberías de metal (por ejemplo, el cobre) tienen propiedades que varían con respecto a las tuberías de acero. Por ejemplo, el peso lleno de agua por unidad de longitud (w_p) de una tubería de cobre de tipo M es aproximadamente el 40-65 % del w_p de una tubería de acero de Schedule 40, en función del diámetro de la tubería. El módulo de elasticidad (E), del que depende la desviación, del cobre (117.200 MPa [17.000.000 psi]) es aproximadamente el 60 % del módulo del acero (200.000 MPa [29.000.000 psi]). La resistencia a la tracción (F_u) de la tubería de cobre es aproximadamente el 60 % de la F_u de la tubería de acero (los valores comunes de F_u son 250 MPa [36.000 psi] para el cobre frente a 400 MPa [58.000 psi] para el acero). La relación de F_u también implica que la tensión longitudinal permitida para la tubería de cobre es aproximadamente el 60 % de la tensión longitudinal permitida para el acero. Esta comparación se basa en la consideración de que la tensión permitida es igual a $0,25 \cdot F_u$, lo que da como resultado una tensión longitudinal permitida de 62 MPa (9.000 psi) para el cobre y de 103 MPa (15.000 psi) para el acero. Tenga en cuenta que para el diseño estructural de acero (por ejemplo, los elementos del edificio), la tensión longitudinal permitida se basa normalmente en el límite elástico (F_y) y tradicionalmente se ha considerado de alrededor de $0,60 \cdot F_y$ (cargas a tracción) a $0,66 \cdot F_y$ (flexión), o de 124 MPa (18.000 psi) a 165 MPa (24.000 psi) para F_y en el rango de 210 a 250 MPa (de 30.000 a 36.000 psi). Sin embargo, a efectos de coherencia a la hora de comparar los diferentes materiales de tubería, adoptaremos tensiones longitudinales permitidas iguales a $0,25 \cdot F_u$.

Suponiendo que la fuerza sísmica horizontal se aplica como una carga distribuida uniformemente a lo largo de la tubería entre los arriostramientos laterales, la desviación lateral de la tubería (Δ) es proporcional ($\propto$) al w_p , el E , el momento de inercia transversal (I) y la distancia entre los arriostramientos (L), como se muestra a continuación:

$$\Delta \propto \frac{w_p L^4}{EI}$$

Para obtener desviaciones similares de una tubería de cobre y una tubería de acero del mismo diámetro, se puede calcular la longitud entre los arriostramientos laterales de la tubería de cobre (L_{Cobre}) con respecto a la longitud entre los arriostramientos laterales de la tubería de acero (L_{Acero}) mediante:

$$L_{\text{Cobre}} = L_{\text{Acero}} \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{w_{p\text{Acero}}}{w_{p\text{Cobre}}}\right) \left(\frac{E_{\text{Cobre}}}{E_{\text{Acero}}}\right) \left(\frac{I_{\text{Cobre}}}{I_{\text{Acero}}}\right)}$$

Al comparar la tubería de cobre de tipo M con la tubería de acero de Schedule 40 del mismo diámetro, suponga que el peso por unidad de longitud (w_p) del acero es dos veces el w_p del cobre, que el E del acero es 1,7 veces el E del cobre y que el I del acero es 3,5 veces el I del cobre. Para esta condición, la distancia entre los arriostramientos laterales de la tubería de cobre debe ser aproximadamente el 75 % de la distancia entre los arriostramientos laterales de la tubería de acero para obtener la misma desviación (es decir, 9,1 m [30 ft] en lugar de 12,2 m [40 ft]).

La separación máxima de los arriostramientos laterales también se puede controlar mediante las tensiones de flexión en la tubería que se derivan de las fuerzas sísmicas horizontales. En una tubería en la que el contenido está bajo presión, solo la mitad de la tensión longitudinal total permitida está disponible para resistir la flexión, dado que las tensiones longitudinales causadas por la presión interna ya estarán presentes. Las tensiones longitudinales debidas a la presión interna constituyen la mitad de las tensiones periféricas causadas por esta presión; por lo tanto, en una tubería cuyo tamaño sea tal que las tensiones periféricas alcancen el máximo permitido, ya se utiliza la mitad de la tensión longitudinal total permitida. A efectos de comparación, las tensiones de flexión deben limitarse a la mitad de 103 MPa (15.000 psi) para la tubería de acero y a la mitad de 62 MPa (9000 psi) para la tubería de cobre. Dado que los momentos de flexión por gravedad causan tensión en fibras diferentes que los momentos de flexión lateral, se considera que estas dos cargas son independientes entre sí.

Utilizando el factor "G" descrito en la sección 2.2.1.2, los arriostramientos laterales separados en "L" y suponiendo que la fuerza lateral se aplica como una carga distribuida uniformemente, el momento de flexión (M) de la tubería por las fuerzas sísmicas horizontales sería el resultado de $M = 0,1 \cdot G \cdot w_p \cdot L^2$, y la tensión de flexión sería este momento dividido por el módulo de sección (S) de la tubería.

Cuando las fuerzas laterales se calculan como la mitad del peso del tubo lleno de agua, la tensión de flexión de la tubería de acero de DN65 (2,5 in) se aproxima al valor supuesto permitido (es decir, 52 MPa [7.500 psi]). Para limitar las tensiones de flexión de una tubería de cobre de DN65 (2,5 in) a 31 MPa (4.500 psi), la limitación de la separación de los arriostramientos laterales debe ser de unos 7,6 m (25 ft). Por lo tanto, esta es la separación máxima del arriostramiento lateral y para montantes con puesto de control adoptada para las tuberías de cobre en la sección 2.2.1.9.1.

3.1.14 Comentarios a la sección 2.2.1.9.2

Las tuberías de CPVC tienen propiedades que difieren sustancialmente de las tuberías de acero (y otras metálicas). El peso lleno de agua (w_p) de la tubería de CPVC de Schedule 40 es aproximadamente del 35-50 % del w_p para la tubería de acero de Schedule 40, que es razonablemente similar a la diferencia de peso entre la tubería de cobre y la tubería de acero, como se describe en la sección 3.1.13. Sin embargo, la F_u y, por lo tanto, la tensión longitudinal permitida para la tubería de CPVC se encuentra en el rango de 55 MPa (8.000 psi), que es

aproximadamente solo un 15 % de la F_u de la tubería de acero. Lo que es más importante, la tubería de acero es unas 70 veces más rígida que la tubería de CPVC basándose en el módulo de elasticidad (E), que es de aproximadamente 2.860 MPa (415.000 psi) para la tubería de CPVC frente a 200.000 MPa (29.000.000 psi) para la tubería de acero.

Las relativamente escasas estadísticas que existen en lo referente al comportamiento durante un terremoto de las tuberías de CPVC y las grandes diferencias en las propiedades de los materiales (especialmente en el módulo de elasticidad, que provoca que las desviaciones de las tuberías de CPVC sean mucho mayores que las de las tuberías de acero) hacen que no se pueda determinar con precisión el comportamiento de las tuberías de CPVC durante los terremotos. Por este motivo, en este momento no se permite el uso de tuberías de CPVC sobre el nivel del suelo en zonas sísmicas.

3.2 Historial de siniestros

Aunque el objetivo principal de la orientación que se proporciona en esta ficha técnica es minimizar la probabilidad de que los sistemas de protección contra incendios queden fuera de servicio y no estén disponibles para controlar incendios posteriores a un terremoto, las estadísticas sobre siniestros relacionados con sistemas de protección contra incendios dañados por terremotos muestran que las deficiencias en la protección contra terremotos ocasionan principalmente pérdidas debidas a daños por el agua. Por este motivo, la información que se incluye a continuación está relacionada con los daños por agua. Las estadísticas sobre siniestros relacionados con incendios posteriores a un terremoto están disponibles en la ficha técnica 1-11, *Fire Following Earthquake*. En el presente documento no se abordan los daños en los componentes o los equipos ajenos al sistema de protección contra incendios, ni los daños causados por ellos.

De acuerdo con la experiencia de FM Global y con la confirmación de datos procedentes de fuentes externas (por ejemplo, *Analysis of Fire Sprinkler System Performance in the Northridge Earthquake*, NIST-GCR-98-736, enero de 1998), las causas principales de la mayoría de los siniestros relacionados con daños por agua son:

- A. Rotura de tuberías por encima del nivel del suelo del sistema de protección contra incendios debido a la falta de arriostramiento, flexibilidad y espacio libre en otras estructuras o equipos, o a fallos en fijaciones de soportes colgantes deficientes (por ejemplo, pistolas de fijación o abrazaderas en C sin correas de sujeción).
- B. Rotura de rociadores debajo de falsos techos debido a techos no arriostrados o garrotas con un número excesivo de voladizos sin sujeción, o a un impacto con elementos estructurales de la cubierta u otros elementos no estructurales sin sujeción.
- C. Rotura de tuberías sobre el nivel del suelo del sistema de protección contra incendios debido a un movimiento excesivo o a un vuelco de las estanterías de almacenamiento con sistemas de rociadores intermedios.

Los daños por agua relacionados con otros componentes del sistema de protección contra incendios, como bombas y depósitos, han sido relativamente pequeños. Sin embargo, cuando no existe una protección adecuada contra terremotos, estos componentes suelen sufrir daños graves (por ejemplo, pandeo o rotura de las paredes del depósito de aspiración apoyado en el suelo sin anclajes) que pueden causar puestas fuera de servicio significativas del sistema general de protección contra incendios.

Las principales conclusiones que pueden derivarse de experiencias pasadas son las siguientes:

- A. Proporcionar los arriostramientos, la flexibilidad y el espacio libre necesarios en los sistemas de rociadores, así como fijaciones para los soportes colgantes, reducirá en gran medida la posibilidad de que se produzcan daños por agua debido a la rotura o la separación de tuberías durante un terremoto, al tiempo que incrementa considerablemente la probabilidad de que el sistema se mantenga intacto y operativo tras un terremoto.
- B. El arriostramiento de falsos techos reducirá en gran medida la posibilidad de que se produzca la rotura de rociadores o conexiones donde las bajantes se conectan a las tuberías a nivel de techo. Se ha producido un gran número de siniestros en grandes almacenes y oficinas que contaban con falsos techos en la mayoría de su superficie.
- C. La sujeción de ramales (por ejemplo, mediante el uso de ganchos en U envolventes como soportes colgantes de tuberías cuando son necesarios soportes colgantes del tipo de gancho en U) en el extremo libre y donde se encuentren muy cerca de elementos estructurales o no estructurales reducirá en gran medida la posibilidad de que se produzcan daños en los rociadores debido a un movimiento diferencial entre las tuberías de los rociadores y los elementos estructurales o no estructurales.
- D. La sujeción de otros elementos para evitar daños por agua (por ejemplo, estanterías de almacenamiento con rociadores intermedios) o la puesta fuera de servicio del sistema de protección contra incendios (por ejemplo, depósitos de aspiración y cuadro de mando) es de gran importancia en los lugares donde existen estos elementos.

4.0 REFERENCIAS

4.1 FM Global

Ficha técnica 1-2, *Earthquakes*

Ficha técnica 1-11, *Fire Following Earthquake*

Ficha técnica 1-56, Cleanrooms
Ficha técnica 2-0, *Directrices sobre la instalación de rociadores automáticos*
Ficha técnica 3-2, *Water Tanks for Fire Protection*
Ficha técnica 3-4, *Embankment-Supported Fabric Tanks*
Ficha técnica 3-6, *Lined Earth Reservoirs for Fire Protection*
Ficha técnica 7-7, *Semiconductor Fabrication Facilities*
Protocolo de homologación de FM n.º 1637, *Approval Standard for Flexible Sprinkler Hose with Threaded End Fittings*
Protocolo de homologación de FM n.º 1950, *Approval Standard for Seismic Sway Braces for Pipe, Tubing and Conduit*
Protocolo de homologación de FM n.º 4020, *Approval Standard for Steel Tanks for Fire Protection Approval Guide*, un recurso en línea de FM Approvals

4.2 Otras referencias

American Concrete Institute (ACI). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Norma ACI 318.

American Concrete Institute (ACI). *Qualification of Post-Installed Adhesive Anchors in Concrete and Commentary*. Norma ACI 355,4.

American Concrete Institute (ACI). *Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete and Commentary*. Norma ACI 355,2.

American Institute of Steel Construction (AISC). *Specification for Structural Steel Buildings*. Norma AISC 360.

American Society of Civil Engineers (ASCE). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Norma ASCE 7.

American Society of Civil Engineers (ASCE). *Structural Applications of Steel Cables for Buildings*. Norma ASCE 19.

American Water Works Association (AWWA). *Factory Coated Bolted Steel Tanks for Water Storage*. Norma AWWA D103.

American Water Works Association (AWWA). *Welded Steel Tanks for Water Storage*. Norma AWWA D100.

American Welding Society (AWS). *Structural Welding Code - Steel*. Norma ANSI/AWS D1.1.

American Wood Council (AWC). *National Design Specification (NDS) for Wood Construction*. Norma ANSI/AWC NDS.

ASTM International (ASTM). *Standard Practice for Installation of Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panels in Areas Subject to Earthquake Ground Motions*. Norma ASTM E580.

ASTM International (ASTM). *Standard Practice for Installation of Metal Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-In Panels*. Norma ASTM C636.

ASTM International (ASTM). *Standard Specification for the Manufacture, Performance, and Testing of Metal Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-in Panel Ceilings*. Norma ASTM C635.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage - A Practical Guide*. FEMA E-74.

National Fire Protection Association (NFPA). *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*. NFPA 13.

National Institute of Standards and Technology (NIST), U.S. Department of Commerce. *Analysis of Fire Sprinkler System Performance in the Northridge Earthquake*. NIST-GCR-98-736.

ANEXO A: GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acero, calibre ligero: acero con menos de 2,65 mm (0,1046 in) de grosor (es decir, del SWG 13 al 30). Los números de calibre más elevados equivalen a un acero más delgado (p. ej., un acero no revestido del calibre 20 tiene 0,91 mm [0,0359 in] de grosor). Los elementos de calibre ligero (p. ej., las correas de cubierta o los espárragos de pared de acero en "C" o "Z") suelen estar moldeados en frío.

Arriostramiento en cuatro direcciones: de arriostramiento diseñado para resistir el movimiento diferencial del sistema de tuberías en todas las direcciones horizontales. Se utiliza principalmente en tuberías verticales. Cuando se aplica a tuberías horizontales, se trata básicamente de un arriostramiento lateral y otro longitudinal en el mismo emplazamiento.

Arriostramiento en dos direcciones: arriostramiento lateral o longitudinal destinado a resistir un movimiento *Homologado por FM:* productos o servicios que demostrado cumplir los criterios de homologación de FM Approvals. Consulte la Guía de productos homologados por FM, un recurso en línea de FM Approvals, para obtener una lista completa de productos y servicios homologados por FM.

Arriostramiento lateral: de arriostramiento diseñado para resistir un movimiento diferencial perpendicular al eje de una tubería horizontal. A veces se denomina arriostramiento transversal.

Arriostramiento longitudinal: de arriostramiento diseñado para resistir un movimiento diferencial paralelo al eje de una tubería horizontal.

Arriostramiento transversal: consulte Arriostramiento lateral.

Arriostramiento: conjunto que normalmente consta de un componente fijado a una tubería, un elemento de arriostramiento y un componente fijado a la estructura, que se utiliza para resistir las fuerzas sísmicas que se transmiten al sistema de rociadores y evitar un movimiento diferencial excesivo del sistema de tuberías.

Diseño elástico: consulte Diseño por tensiones permitidas.

Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD, Load and Resistance Factor Design, por sus siglas en inglés): método para diseñar elementos estructurales de forma que las tensiones calculadas producidas por las cargas de diseño de servicio multiplicadas por los factores de carga no superen la resistencia teórica nominal del elemento multiplicada por un factor de reducción de resistencia. También se denomina diseño de resistencia o diseño de resistencia límite.

Diseño por resistencia límite: consulte Diseño por factores de carga y resistencia.

Diseño por resistencia: consulte Diseño por factores de carga y resistencia.

Diseño por tensiones de trabajo: consulte Diseño por tensiones permitidas.

Diseño por tensiones permitidas (ASD, Allowable Stress Design, por sus siglas en inglés): método para diseñar elementos estructurales de forma que las tensiones calculadas producidas por cargas de diseño por gravedad normales (por ejemplo, el peso del edificio y las cargas dinámicas de actividad habituales) no superen las tensiones permitidas, que normalmente son inferiores al límite elástico del material (por ejemplo, en acero, suelen estar muy por debajo del límite elástico, F_y). Aunque actualmente no es habitual, en el pasado las tensiones permitidas normales solían incrementarse mediante un factor (se utilizaba a menudo un aumento de un tercio) cuando el diseño incluía cargas ambientales extremas, como terremotos. También se denomina diseño por tensiones de trabajo o diseño elástico.

Elástico: modo de comportamiento estructural por el cual una estructura desplazada por una fuerza volverá a su estado original al liberarse la fuerza.

Factor de seguridad: factor que se emplea en códigos de construcción para aumentar, por ejemplo, las fuerzas habituales de diseño por viento o terremoto para estructuras o equipos importantes o esenciales, para hacerlos más resistentes a estos fenómenos.

Homologado por FM: productos o servicios que demostrado cumplir los criterios de homologación de FM Approvals. Consulte la Guía de productos homologados por FM, un recurso en línea de FM Approvals, para obtener una lista completa de productos y servicios homologados por FM.

Límite elástico: tensión (normalmente indicada como F_y) a la que se ha producido un claro aumento de la deformación o el alargamiento sin un aumento correspondiente de la tensión. El alargamiento no es elástico, lo que produce una deformación permanente.

Pistola de fijación: fijación que se dispara (se impulsa) contra una base de hormigón o acero, normalmente por la explosión de productos químicos (por ejemplo, pólvora) en un cartucho pequeño, similar al proceso que dispara un arma de fuego. El extremo que se introduce en el hormigón o el acero tiene una forma similar a un clavo para madera y resiste las fuerzas gracias a la fricción entre el elemento de sujeción y el material de base.

ANEXO B: HISTORIAL DE REVISIÓN DEL DOCUMENTO

Octubre de 2017. Esta ficha técnica se ha revisado de principio a fin y se han hecho correcciones editoriales y aclaraciones, así como varios cambios técnicos. A continuación, se enumeran los cambios editoriales y técnicos más importantes.

A. Correcciones editoriales y aclaraciones

1. Se ha revisado la sección 1.0, Alcance.
2. Se ha añadido la sección 1.1, Riesgos.

3. Se han reubicado y actualizado cantidades importantes de texto, junto con las tablas y las figuras complementarias, desde la sección 2.0, Recomendaciones para la prevención de siniestros, hasta la sección 3.1 a modo de comentarios. Se han incluido comentarios para:

- a. Sección 2.1, Introducción
- b. Sección 2.2.1.1, Ubicaciones de arriostramiento para tuberías de acero (recomendaciones 2.2.1.1.1, 2.2.1.1.2 y 2.2.1.1.4)
- c. Sección 2.2.1.2, Cargas sísmicas horizontales para el diseño del arriostramiento (recomendaciones 2.2.1.2.1, 2.2.1.2.2 y 2.2.1.2.3)
- d. Sección 2.2.1.3, Configuración y diseño del arriostramiento (recomendaciones 2.2.1.3.5 y 2.2.1.3.6)
- e. Recomendación 2.2.1.4.8 (flexibilidad en las separaciones sísmicas y entre estructuras independientes)
- f. Recomendación 2.2.1.6.2 (sujeción de falsos techos)
- g. Recomendación 2.2.1.7.2 (accesorios de extremo plano)
- h. Sección 2.2.1.9, Material de tubería distinto del acero (recomendaciones 2.2.1.9.1 y 2.2.1.9.2)

4. Se han actualizado las secciones 2.1, Introducción; la sección 4.0, Referencias; el anexo A, Glosario de términos; y el anexo C, Información complementaria.

5. Se ha cambiado la numeración de todas las tablas y se han reubicado la mayoría de las tablas que se encontraban entre la sección 2.0 y la 3.1. Se han añadido aclaraciones a las tablas 3.1.5 (anteriormente tabla 1), 3.1.9-G y 3.1.9-H (anteriormente tablas 15 y 16).

B. Revisiones técnicas

1. Se han revisado los requisitos de espacio libre que permiten que un suelo estructural se considere un arriostramiento en cuatro direcciones de un montante con puesto de control u otro tipo de tubería vertical (recomendación 2.2.1.1.2.2).

2. Se ha añadido un requisito para la sujeción lateral en los extremos de los ramales que no requieren arriostramiento (recomendación 2.2.1.1.6).

3. Se han revisado los factores "G" mínimos utilizados para determinar las cargas de diseño horizontales de los arriostramientos (recomendación 2.2.1.2.2 y sus comentarios en la sección 3.1).

4. Se ha proporcionado una guía sobre el tamaño de los pernos en U de acero que se utilizan como arriostramientos (recomendación 2.2.1.3.2).

5. Se han añadido requisitos para ubicar arriostramientos en tuberías horizontales y verticales (sección 2.2.1.3.5 y sus comentarios en la sección 3.1).

6. Se han añadido referencias para calcular las capacidades de fijación a las estructuras y se han aclarado los tipos de elementos estructurales en los que no se deben realizar fijaciones (recomendación 2.2.1.3.6). Se han revisado las tablas 3.1.9-E y 3.1.9-F (anteriormente tablas 13 y 14), lo que reduce las cargas horizontales máximas permitidas para las fijaciones a la estructura mediante anclajes para hormigón post-instalados (para explicar las capacidades actualizadas del anclaje de expansión para hormigón y el factor de sobrerresistencia necesario [Ω_e] ahora incluidos en ASCE 7).

7. Se han proporcionado directrices adicionales en relación con la flexibilidad necesaria en las bajantes de tuberías hasta las estanterías y las entreplantas independientes (recomendaciones 2.2.1.4.5.4 y 2.2.1.4.6.5, y comentarios de la sección 3.1.10).

8. Se ha añadido la opción de usar un anillo de tubería flexible homologado por FM u otro método diseñado para adaptarse al movimiento diferencial en una separación sísmica del edificio o entre edificios (recomendación 2.2.1.4.8 y sus comentarios en la sección 3.1).

9. Se ha añadido una declaración que permite el uso de una manguera flexible para rociador homologada por FM en falsos techos (recomendación 2.2.1.5.3.1) y se han modificado los requisitos para la sujeción de falsos techos con placas acústicas que contienen rociadores (recomendación 2.2.1.6.2 y sus comentarios en la sección 3.1).

10. Se ha comentado que el uso de accesorios de extremo plano homologados por FM podría estar desaconsejado en otras fichas técnicas y se han proporcionado directrices en el caso de que su uso sea imprescindible (recomendación 2.2.1.7.2 y sus comentarios en la sección 3.1).

11. Se ha añadido el requisito de que los anclajes para hormigón que se utilizan para los soportes colgantes sean aprobados para su uso en aplicaciones sísmicas (recomendación 2.2.1.8.1.2).
12. Se han añadido directrices para la protección de las tuberías de cobre frente a terremotos (recomendación 2.2.1.9.1 y sus comentarios en la sección 3.1) e información explicativa sobre el rendimiento de las tuberías de CPVC durante un terremoto (comentarios en la sección 3.1 para la recomendación 2.2.1.9.2).
13. Se han añadido referencias a otras fichas técnicas que contienen requisitos de diseño sísmico adicionales para depósitos de almacenamiento de agua (sección 2.2.6).
14. Se han revisado los cambios necesarios en un sistema de protección contra incendios diseñados en conformidad con NFPA 13 (NFPA 13, 2016) para que la instalación se pueda considerar equivalente en lo esencial a las disposiciones de esta ficha técnica 2-8 (sección 2.3.1.1).
15. Se han resumido las recomendaciones de la ficha técnica en la tabla D.1, Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8 (material de apoyo en el anexo D).
16. Se ha cambiado la enumeración de todas las figuras y se han reubicado muchas de las figuras anteriores de la sección 2.0 a la sección 3.1. Se han revisado exhaustivamente las figuras 2.2.1.3.5-A (combina las figuras 3 y 5 anteriores), 2.2.1.3.5-B (combina las figuras 4 y 6 anteriores), 2.2.1.3.6-A (combina las antiguas figuras 14 y 15), 3.1.1-A (anteriormente figura 17), 3.1.9-B (anteriormente figura 9), 3.1.9-C (anteriormente figura 11), 3.1.9-D (anteriormente figura 13) y 3.1.9-G (anteriormente una figura sin numerar). Se han eliminado las antiguas figuras 8, 10 y 12. Se han añadido las figuras 2.2.1.3.5-C, 3.1.1-B, 3.1.1-D, 3.1.9-A, 3.1.9-E, 3.1.9-F, 3.1.10-B, 3.1.10-C, 3.1.11 y 3.1.12.

Mayo de 2010. Esta ficha técnica se ha revisado en su totalidad para ofrecer un formato coherente. Se han realizado correcciones editoriales (como la revisión de los valores métricos) en todo el documento. También se han realizado varias revisiones técnicas, siendo las más significativas las siguientes:

- Se ha aclarado que la base de diseño es el Diseño por tensiones permitidas (sección 1.0).
- Se ha cambiado el coeficiente de diseño "G" de las zonas de 50 años, 250 años y 500 años de FM Global (sección 2.2.1.2.2).
- Se ha modificado la información sobre las fijaciones en hormigón de la sección 2.2.1.3.6.
- Se han añadido directrices de flexibilidad de los depósitos de aspiración sin anclaje (sección 2.2.6.1.4).
- Se ha añadido la sección 2.3, relativa al uso de otras normas.
- Se han agregado referencias en la sección 4.0.
- Se han añadido términos del glosario en el anexo A.
- Se han reubicado los comentarios en el anexo C.
- Se han actualizado las figuras 2-6, 8, 10, 12, 14-16 y 18-29.
- Se han revisado las capacidades de arriostramiento (tablas 2-7), las capacidades de los pernos pasantes y los tirafondos en madera (tablas 9-12) y las capacidades de los anclajes en hormigón (tablas 13 y 14).
- Se han realizado revisiones menores en las tablas 1, 8 y 15-19.

Enero de 2001. Esta revisión del documento se ha reorganizado para proporcionar un formato coherente.

Mayo de 1999. Los siguientes cambios significativos se aplican a la edición de mayo de 1999:

1. En algunos casos, se acepta ahora un único arriostramiento diagonal sin la necesidad de abordar el componente de fuerza ascendente vertical neta resultante de la carga sísmica horizontal. Cuando el ángulo del único arriostramiento desde la vertical es tal que la mitad del peso de la tubería dentro de la zona de influencia de dicho arriostramiento iguala o supera el componente de fuerza ascendente vertical neta, bastará con un único arriostramiento diagonal. Para un factor "G" de 0,5, los ángulos de 45° o más desde la vertical del arriostramiento serán aptos para este enfoque. En el caso de factores "G" más altos, será necesario que los ángulos del arriostramiento para el balanceo desde la vertical sean más altos.
2. Ahora se acepta el arriostramiento solo de tensión que utiliza elementos de arriostramiento con un $l/r = 300$ o menor. En esos casos, se necesitan dos arriostramientos diagonales opuestos y, además, un arriostramiento vertical para resistir cualquier componente de fuerza ascendente vertical neta resultante de la carga sísmica horizontal.
3. Se han proporcionado directrices revisadas sobre el arriostramiento de ramales a partir de DN65 (2,5 in). Anteriormente, el arriostramiento solo se recomendaba para estos ramales en sistemas de rociadores en malla. En la actualidad, se precisa un de arriostramiento

para los ramales a partir de DN65 (2,5 in) en todos los tipos de sistema. Estas directrices revisadas se aplicarán a cualquier ramal o tramo de ramal que supere los 6,1 m (20 ft) de longitud en el arriostramiento lateral y los 7,6 m (25 ft) de longitud en el arriostramiento longitudinal.

4. Se ha añadido una referencia a las correas "C" y "Z" en el **paso 4** de la sección 2.2.1.1.2, para aclarar que estos elementos estructurales también deben evaluarse para que sean aceptables como puntos de fijación del arriostramiento.

5. En las secciones 2.2.1.2.2 y 2.2.1.2.3 se han incluido directrices adicionales para aclarar el uso de acoplamientos flexibles en edificios de varias plantas o donde las tuberías pasen a través de paredes en lo que respecta a si se proporcionan los espacios libres adecuados.

6. Se ha revisado la sección 2.2.1.4.8 para aclarar que las tuberías que pasan entre dos edificios que no están conectados necesitan también un conjunto de separación sísmica.

7. Se ha revisado la sección 2.2.1.4.1 para eliminar la recomendación para el anclaje de los montantes con puesto de control a codos subterráneos.

8. Se ha revisado el elemento 4 de la sección 2.2.1.6.1 para desaconsejar el uso de soportes colgantes con abrazaderas en C en correas con rebordes hacia arriba.

9. Se ha revisado la sección 2.2.1.7, donde se recomienda no utilizar tuberías que no sean metálicas en instalaciones elevadas.

10. Se ha añadido la sección 5.2.2, que proporciona directrices para determinar las pérdidas por agua previsible en edificios de varias plantas.

11. Se han simplificado las tablas C-5.2(a) a (d) para centrarse claramente en cada deficiencia para determinar los escenarios.

Diciembre de 1998. Esta ficha técnica se ha publicado para sustituir la información contenida en el FM Global Loss Prevention Handbook.

Septiembre de 1998. Esta ficha técnica se ha convertido a formato electrónico.

ANEXO C: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

El anexo C contiene comentarios y ejemplos adicionales relacionados con la sección 2.0, Recomendaciones para la prevención de siniestros.

C.1 Conceptos generales del diseño de arriostramientos para el balanceo sísmico

Existen cuatro pasos para diseñar correctamente los arriostramientos:

- Paso 1: disponga las ubicaciones de los arriostramientos con respecto a las tuberías del rociador y los elementos estructurales a los que se van a fijar los arriostramientos.
- Paso 2: calcule la carga de diseño sísmico de las ubicaciones de arriostramiento.
- Paso 3: seleccione la forma, el ángulo de fijación, el tamaño y la longitud máxima adecuados del arriostramiento en función de la carga de diseño horizontal.
- Paso 4: seleccione el método adecuado para fijar el arriostramiento a la estructura y la tubería.

Paso 1: disponga las ubicaciones de los arriostramientos (sección 2.2.1.1)

Se necesitan arriostramientos en todos los montantes con puesto de control, tuberías de alimentación y colectores de distribución (es decir, independientemente del diámetro), y en los ramales a partir de DN65 (2,5 in). Para los montantes con puesto de control y las tuberías de rociadores aéreas, existen dos diseños de arriostramiento: en dos direcciones y en cuatro direcciones.

Los arriostramientos en dos direcciones pueden ser laterales o longitudinales, dependiendo de su orientación con respecto al eje de la tubería horizontal (consulte las figuras 2.2.1.3.5-A y 2.2.1.3.5-B). Los arriostramientos laterales y longitudinales resisten el movimiento perpendicular y paralelo, respectivamente, al eje de la tubería horizontal. Cuando se instala lo suficientemente cerca de un cambio en la dirección de la tubería, el arriostramiento lateral también puede actuar como arriostramiento longitudinal (y viceversa) de una tubería perpendicular conectada del mismo o de menor diámetro.

El arriostramiento en cuatro direcciones resiste el movimiento en todas las direcciones horizontales y normalmente se instala en montantes con puesto de control y bajantes. Cuando se instala lo suficientemente cerca de un cambio en la dirección de la tubería, el arriostramiento en cuatro direcciones de una tubería vertical también puede actuar como arriostramiento longitudinal y lateral de una tubería horizontal conectada del mismo o de menor diámetro.

El arriostramiento en cuatro direcciones de una tubería horizontal es simplemente la coincidencia del arriostramiento lateral y longitudinal. Este arriostramiento en cuatro direcciones se puede utilizar para satisfacer los requisitos de diseño lateral y longitudinal de las tuberías horizontales en los cambios de dirección.

Un concepto clave es que, independientemente de la dirección en la que se produzca el movimiento de un terremoto, la combinación de un arriostramiento lateral y longitudinal que esté correctamente ubicado dará lugar a un **sistema de arriostramiento** que ofrece la mayor probabilidad de minimizar los eventuales daños en el sistema. Por ejemplo, si el arriostramiento lateral está alineado en el eje norte-sur, y el longitudinal en el eje este-oeste, un terremoto que cree un movimiento en el eje noroeste-sudeste requerirá la interacción adecuada de todo el **sistema de arriostramiento** para minimizar los eventuales daños. No se espera que ni el arriostramiento lateral ni el longitudinal por sí solos puedan gestionar cargas sísmicas no axiales.

Por lo general, las ubicaciones de los arriostramientos deberán coincidir con los elementos estructurales a los que estarán fijados.

Puede ser necesario reducir la separación máxima entre los arriostramientos indicada en la sección 2.2.1.1 en función de la carga de diseño sísmico real determinada para cada ubicación del arriostramiento en el paso 2.

Paso 2: calcule la carga de diseño sísmico de las ubicaciones de arriostramiento (sección 2.2.1.2)

La carga de diseño de cada ubicación de arriostramiento se calcula multiplicando el peso total acumulado de la tubería dentro de la zona de influencia de esa ubicación de arriostramiento por el factor de aceleración horizontal "G" apropiado. La zona de influencia de una ubicación de arriostramiento incluye todas las tuberías que se incluirán en el cálculo de distribución de carga de esa ubicación de arriostramiento en particular, según la disposición de todos los arriostramientos en el sistema. Normalmente es útil preparar una planificación de ubicaciones de arriostramiento con las cargas calculadas como ayuda para los pasos 3 y 4. En la práctica, el tamaño de los arriostramientos se suele basar en unas pocas zonas de influencia de control; no se utiliza un diseño de arriostramiento único para cada ubicación de arriostramiento.

Por ejemplo, suponga que el arriostramiento longitudinal "B" se encuentra en una tubería de alimentación de Schedule 10 de DN150 (6 in) entre arriostramientos longitudinales adyacentes "A" a 24,4 m (80 ft) de distancia en un lado y "C" a 8,3 m (60 ft) de distancia en el otro lado. La longitud tributaria del arriostramiento longitudinal "B" sería de $\frac{1}{2} \times 24,4 \text{ m (80 ft)}$ más $\frac{1}{2} \times 8,3 \text{ m (60 ft)}$ o un total de 21,3 m (70 ft). Estos 21,3 m (70 ft) de tubería tienen un peso total de 21,3 m (70 ft) $\times$ 338 N/m (23,0 lb/ft) = 7.200 N (1.610 lb). Para un factor "G" de 0,75, 7.200 N (1.610 lb) $\times$ 0,75 = 5.400 N (1.208 lb), que es la carga de diseño horizontal de esa ubicación de arriostramiento.

Los comentarios de la sección 3.1.7 proporcionan directrices sobre las tuberías que deben incluirse en la zona de influencia para diversas configuraciones de arriostramientos. Tenga en cuenta que cuando se utiliza un arriostramiento para sujetar tanto la tubería en la que se encuentra el arriostramiento como una tubería perpendicular (por ejemplo, un montante con puesto de control y la tubería principal que tiene conectada), la zona de influencia incluye los pesos tributarios de ambas.

Paso 3: seleccione la forma, el tamaño y la longitud máxima adecuados del arriostramiento (sección 2.2.1.3)

El diseño real del arriostramiento se basa en la carga sísmica horizontal determinada en el paso 2. El tipo de arriostramiento, la orientación y los métodos de fijación (tanto a la tubería del rociador como a la estructura) correctos deben proporcionar simultáneamente una resistencia adecuada tanto a la carga sísmica horizontal como al componente de fuerza ascendente vertical *net* resultante de la carga sísmica horizontal menos cualquier desplazamiento efectivo en ese componente de fuerza vertical debido al peso estático de las tuberías de rociadores.

En las configuraciones de arriostramiento que utilizan un arriostramiento de compresión diagonal, dicho arriostramiento y sus fijaciones deben resistir toda la carga de diseño sísmico horizontal (H). Del mismo modo, en dos arriostramientos diagonales opuestos solo de tensión, se distribuye la carga de diseño sísmico horizontal (H) completa entre cada arriostramiento y sus fijaciones porque no se considera a ninguno capaz de resistir la compresión. En las configuraciones de arriostramiento que utilizan dos arriostramientos diagonales opuestos de tensión y compresión, se distribuye el porcentaje de la carga sísmica (H) según la distribución proporcional, pero no inferior a un mínimo de la mitad de la carga sísmica horizontal (H/2), entre cada arriostramiento y sus fijaciones. Se desaconseja el uso de menos de la mitad de la carga sísmica horizontal (H) debido a la indeterminación de la carga en un momento dado y a la importancia del rendimiento correcto del arriostramiento y la fijación para un rendimiento óptimo del sistema.

Las tablas de la 3.1.8-A a la 3.1.8-F indican las longitudes máximas y las cargas de diseño horizontal permitidas para algunos tipos de arriostramiento comunes. Se pueden utilizar otras formas de arriostramiento, pero sería necesario calcular las longitudes máximas y las cargas de diseño horizontal permitidas para ellas.

Paso 4: seleccione el método adecuado para fijar el arriostramiento lateral a la estructura y la tubería (sección 2.2.1.3)

La fijación correcta del arriostramiento a la estructura y la tubería constituye un punto de rendimiento crítico para este sistema de arriostramiento. En general, se utiliza herraje de conexión de fabricación propia homologado por FM en la tubería (p. ej., consulte la figura 3.1.1-B) y en la estructura (p. ej., consulte la figura 3.1.1-C).

Las dos recomendaciones principales para garantizar la correcta fijación del arriostramiento (normalmente a través del conector homologado por FM) a la estructura son: 1) verificar que el elemento estructural al que está fijado el arriostramiento y la ubicación real de la fijación a ese elemento son considerados aptos por personal cualificado para soportar la carga sísmica prevista, y 2) verificar que las fijaciones que se utilizan pueden soportar la carga sísmica prevista y que están instaladas correctamente.

El tipo de fijación que se utilice dependerá de si el arriostramiento se fijará a elementos estructurales de madera, hormigón o acero y, en cierta medida, del tipo de arriostramiento que se utilice. Independientemente del tipo de elemento estructural que se utilice como punto de fijación, existen tres configuraciones posibles de fijación y todas ellas crean diferentes esfuerzos cortantes y cargas a tracción en la fijación. Estas configuraciones se muestran en la figura 3.1.9-G. Configuración 1: fijación conectada a la parte inferior o lateral del elemento estructural con la carga de diseño sísmico horizontal (H) aplicada en paralelo al elemento, lo que provoca tensión y cizallamiento en los anclajes. Configuración 2: fijación conectada al lateral del elemento estructural con la carga de diseño sísmico horizontal (H) aplicada en perpendicular al elemento, lo que provoca tensión y cizallamiento en los anclajes. Configuración 3: fijación conectada al frontal del elemento estructural con la carga de diseño sísmico horizontal (H) aplicada en paralelo al elemento, lo que provoca únicamente cizallamiento en los anclajes.

Estas tres configuraciones de fijación se utilizan con dos configuraciones posibles de arriostramiento (dos arriostramientos diagonales opuestos o un arriostramiento diagonal y otro vertical). En la figura 3.1.9-A se muestran las cargas sísmicas horizontales de un único arriostramiento diagonal con un arriostramiento vertical. De la figura 3.1.9-B a la figura 3.1.9-D se muestra la derivación correspondiente del esfuerzo cortante y la carga a tracción en las fijaciones a la estructura, que dependen de la carga de diseño sísmico horizontal (H) calculada y determinada en el paso 2, el ángulo de arriostramiento desde la vertical y la configuración de la fijación. De la figura 3.1.9-B a la figura 3.1.9-D, se muestra la carga de diseño sísmico (H) que se produce en una dirección a la izquierda de la página con el fin de ilustrar la derivación del esfuerzo cortante y la carga a tracción como resultado de la carga sísmica (H) en esa dirección. En un terremoto real, el movimiento también podría producirse en la dirección opuesta (como se muestra en la figura 3.1.9-A). Las derivaciones del esfuerzo cortante y la carga a tracción no cambiarán, pero cambiarán de dirección si se produce un cambio en la dirección de la carga sísmica (H).

En las figuras 3.1.9-E y 3.1.9-F se muestran cargas sísmicas horizontales en las que se utilizan dos arriostramientos diagonales de tensión-compresión para una tubería horizontal y para una tubería vertical, respectivamente. No se muestra la derivación correspondiente del esfuerzo cortante y la carga a tracción en las fijaciones, pero esta se determinaría de forma similar a la utilizada de la figura 3.1.9-B a la figura 3.1.9-D. Sin embargo, tenga en cuenta que los arriostramientos en cuatro direcciones en una tubería vertical se pueden cargar en cualquier dirección horizontal y que la configuración de anclaje será diferente para los dos ejes perpendiculares primarios (es decir, la configuración del anclaje para las fuerzas a lo largo del eje norte-sur no será la misma que la del anclaje para las fuerzas a lo largo del eje este-oeste).

Los métodos de fijación pueden variar en función de las diferentes formas de arriostramiento. En general, se utilizan conectores de fabricación propia homologados por FM en la fijación a la estructura (p. ej., la fijación especial que se muestra en la figura 3.1.1-C) pero, en algunos casos, el arriostramiento, como un perfil de acero orientado de la configuración 3, puede tener un orificio para la fijación en el propio elemento. Los ganchos en U envolventes para su uso como arriostramiento lateral en los ramales normalmente disponen de orificios para adaptarse a la fijación. El uso de varillas y perfiles planos no es habitual debido a las restricciones de longitud, pero si se utilizan, necesitan un método adecuado para lograr una fijación correcta a la estructura.

Fijación a elementos de madera. Se recomienda conectar los arriostramientos a elementos de madera mediante pernos pasantes siempre que sea posible, ya que proporcionan un método positivo de fijación, aprovechan la resistencia total del elemento de madera y se pueden verificar visualmente in situ para confirmar su correcta instalación. Si la configuración de la cubierta u otros factores hacen que el uso de pernos pasantes sea impracticable, se podrán utilizar tirafondos, pero se deberá prestar atención a las prácticas de instalación correctas para garantizar un rendimiento adecuado. Debe tenerse en cuenta que todos los valores de la tabla 3.1.9-A a la 3.1.9-D proceden de *National Design Specification for Wood Construction*, American Wood Council, edición de 2005.

Fijación a componentes de hormigón. Hay disponibles varios tipos diferentes de anclajes en hormigón post-instalados, como de expansión o cuña, camisa, carcasa o embutido, corte sesgado y adhesivo. No todos los anclajes para hormigón post-instalados son adecuados para su uso con fuerzas sísmicas resistentes. En concreto, las pistolas de fijación no han demostrado ser fiables debido a su incapacidad para permanecer en su lugar durante la carga dinámica que se produce durante un terremoto.

Probablemente los tipos más comunes de anclaje para hormigón post-instalados son los anclajes de expansión o los de cuña. Las capacidades de estos anclajes se deben determinar para una condición de carga de servicio (es decir, el Diseño por tensiones permitidas [ASD]). En la actualidad, el cálculo del esfuerzo cortante y la carga a tracción aceptables se basa en una metodología muy compleja

(por ejemplo, la que se encuentra en ACI 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete*) y depende de diversas variables (resistencia del hormigón, profundidad de empotramiento, distancia del borde, separación de los pernos, colocación de refuerzos de acero, etc.). Por lo tanto, es difícil proporcionar capacidades genéricas para los anclajes post-instalados. Los anclajes de expansión homologados por FM se clasifican en función de su capacidad de uso con soportes colgantes de rociadores del mismo tamaño, y pueden o no ser capaces de resistir las cargas sísmicas del arriostramiento.

La tabla 3.1.9-E (tabla 3.1.9-F para las unidades SI) proporciona cargas máximas de diseño horizontal para anclajes de expansión o de cuña en hormigón de peso normal de 20,7 MPa (3.000 psi), determinadas en función de las capacidades de anclaje promedio de varios fabricantes (consulte las notas de la tabla) para varias configuraciones de la fijación con respecto al elemento estructural y el ángulo del arriostramiento desde la vertical.

C.2 Ejemplos de diseño de arriostramientos

En la figura C.2 se muestra una vista en planta de un edificio que cuenta con tres actividades independientes y tres tipos de sistemas de rociadores, todos los cuales se utilizarán como ejemplos para ilustrar el concepto de diseño de arriostramiento para sistemas de rociadores descrito de la sección 2.2.1.1 a la sección 2.2.1.3. Los tres montantes con puesto de control se encuentran en la misma zona, lo cual sería lo habitual si se utilizara una sola acometida subterránea para el suministro a todos los montantes con puesto de control. Debido a esta disposición, las consideraciones sobre el arriostramiento tendrán que abordar los cambios en las direcciones y las largas tuberías de alimentación de los sistemas 1 y 2. Tenga en cuenta que el diseño de los ejemplos incorpora espacios máximos permitidos entre arriostramientos en algunos casos, y espacios más reducidos en otros, con zonas simétricas de influencia donde es posible. En la práctica, las ubicaciones de arriostramiento vendrán determinadas de forma equitativa tanto por los criterios de ubicación del arriostramiento de la sección 2.2.1.1 como por las ubicaciones de los elementos estructurales que sirven como puntos de fijación del arriostramiento. Los espacios no uniformes se suelen producir debido a alguna de las siguientes consideraciones.

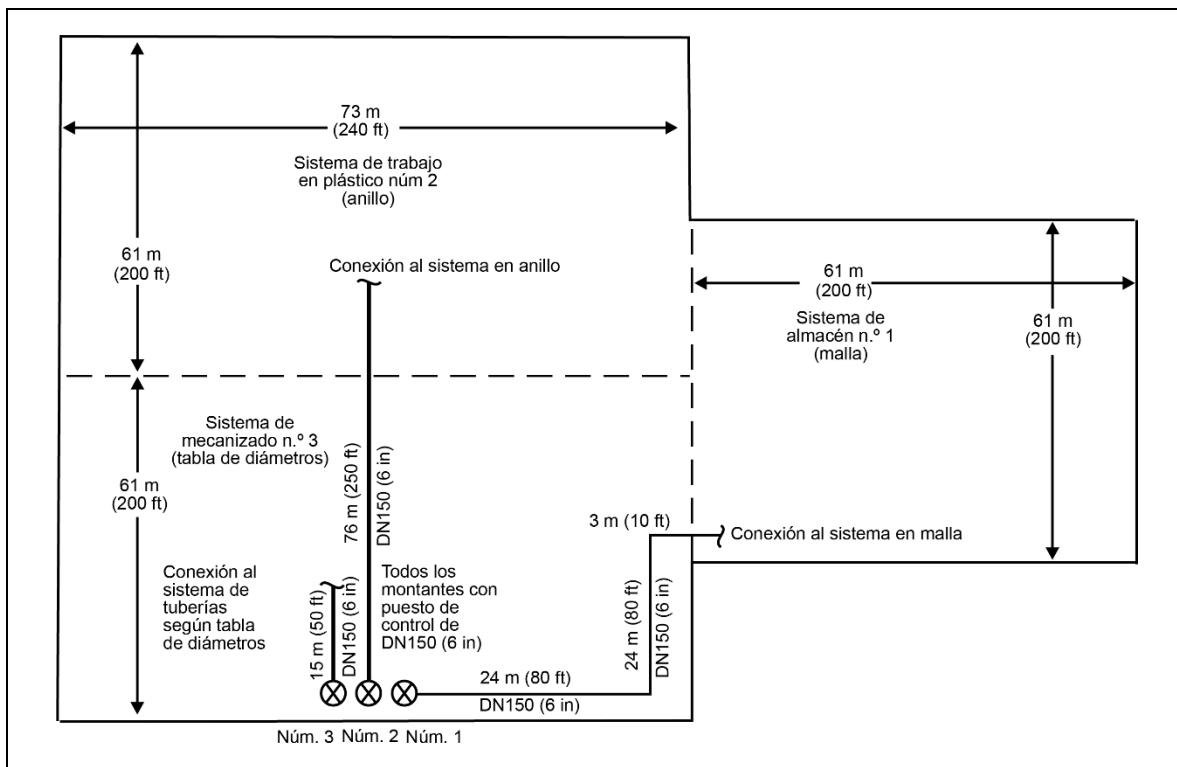


Figura C.2. Ejemplo de construcción con tres montantes con puesto de control de rociadores y tres tipos de configuraciones de sistemas de rociadores

C.2.1 Sistema en malla (sistema n.º 1)

Paso 1. Diseñe y oriente los arriostramientos. Figura C.2.1-A muestra la disposición de los arriostramientos laterales en dos direcciones y un arriostramiento en cuatro direcciones en el montante con puesto de control. En la figura C.2.1-B se muestra la disposición de los arriostramientos longitudinales en dos direcciones. En ambas figuras, las líneas discontinuas indican la zona de influencia de la tubería que se va a utilizar para calcular la carga de diseño sísmico horizontal de cada ubicación de arriostramiento. En este ejemplo, la ubicación del arriostramiento lateral y longitudinal en

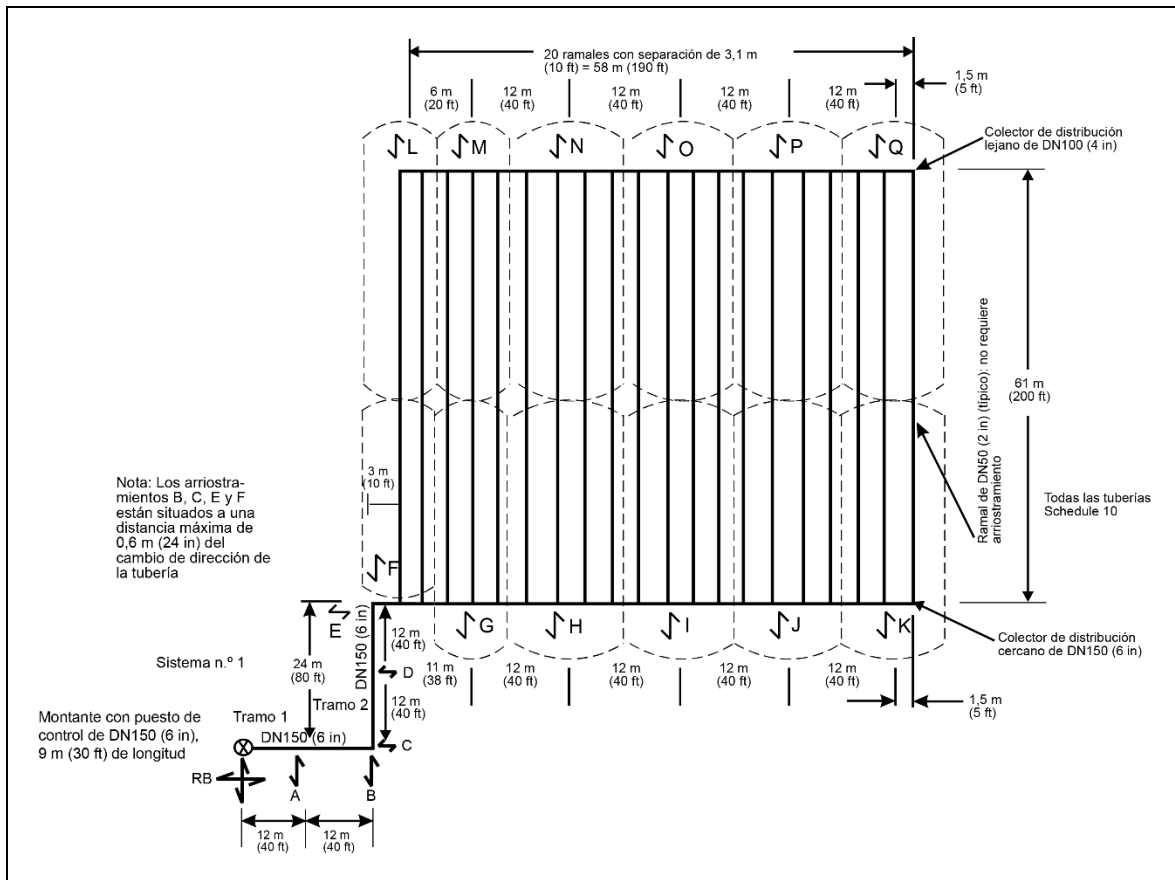


Figura C.2.1-A. Disposición y zonas de influencia del arriostramiento lateral y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 1.

la malla de tuberías es bastante sencilla. Sin embargo, debido a la larga tubería de alimentación y a los cambios de dirección, el arriostamiento lateral se ha situado estratégicamente a no más de 0,6 m (2 ft) de los cambios de dirección y se utilizará como arriostamiento lateral en la tubería a la que está conectado, y como arriostamiento longitudinal para el tramo de tubería tras el cambio de dirección. Esto se ilustra en el paso 2.

Paso 2. Calcule las cargas de diseño. En este ejemplo, se utilizará un factor "G" de aceleración horizontal = 0,5 (el factor "G" puede variar; consulte la sección 2.2.1.2.2) para fines de cálculo. Suponga que la tubería del rociador es de Schedule 10. Utilizando los pesos por longitud de la tubería llena de agua de la tabla 3.1.5, se pueden determinar las cargas de diseño sísmico horizontal de cada ubicación de arriostamiento, como se muestra en la tabla C.2.1.

Paso 3. Seleccione el tipo de arriostramiento, el tamaño y la longitud máxima adecuados. En función de la configuración de la conexión del arriostramiento a la estructura, el ángulo del arriostramiento y la carga de diseño horizontal calculada, se puede seleccionar el tipo, el tamaño y la longitud máxima del arriostramiento de la tabla 3.1.8-A a la 3.1.8-F.

Paso 4. Empleando las cargas de diseño del paso 2 y el ángulo del arriostramiento, seleccione una conexión adecuada a la tubería (por ejemplo, un componente conectado a una tubería de fabricación homologada por FM o un perno en U estándar) y el tipo (por ejemplo, un componente conectado a una estructura de fabricación homologada por FM) y tamaño adecuados de la fijación a la estructura del edificio.

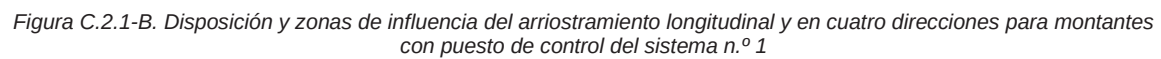


Tabla C.2.1. Cargas de diseño sísmico horizontales del sistema n.º 1.

Ubicación del arriostramiento	Diámetro nominal, mm (in)	Número x Longitud, m (ft) x Peso/Longitud, N/m (lb/ft) x G =	Fuerza, N (lb)
1. Arriostramiento de montante con puesto de control (RB)			
Lateral	DN150	1 x 4,6 x 338 x 0,5	= 780 N
	(6)	(1 x 15 x 23,0 x 0,5)	= (175 lb)
	DN150	1 x 6,1 x 338 x 0,5	= <u>1.030</u>
	(6)	1 x 20 x 23,0 x 0,5	= <u>(230)</u>
			= 1.810 N
			= (405 lb)
Longitudinal	DN150	1 x 4,6 x 338 x 0,5	= 780 N
	(6)	(1 x 15 x 23,0 x 0,5)	= (175 lb)
	DN150	1 x 12,2 x 338 x 0,5	= <u>2.060</u>
	(6)	(1 x 40 x 23,0 x 0,5)	= <u>(460)</u>
			= 2.840 N
			= (635 lb)

(El arriostramiento del montante con puesto de control deberá estar diseñado para soportar simultáneamente una carga sísmica lateral de 1.810 N [405 lb] y horizontal longitudinal de 2.840 N [635 lb]).

2. Arriostramiento de tubería de alimentación

A -lateral	DN150	1 x 12,2 x 338 x 0,5	= <u>2.060 N</u>
	(6)	(1 x 40 x 23,0 x 0,5)	= <u>(460 lb)</u>
B -lateral (en el tramo 1)	DN150	1 x 6,1 x 338 x 0,5	= 1.030 N
	(6)	(1 x 20 x 23,0 x 0,5)	= (230 lb)
longitudinal (en el tramo 2)	DN150	1 x 12,2 x 338 x 0,5	= <u>2.060</u>
	(6)	(1 x 40 x 23,0 x 0,5)	= <u>(460)</u>
			= 3.090 N
			= (690 lb)

(El arriostramiento **B** es un arriostramiento lateral del tramo 1, pero también actúa como arriostramiento longitudinal de 12,2 m [40 ft] del tramo 2 [suponiendo que el arriostramiento esté situado a no más de 0,6 m (24 in) del cambio de dirección]. Por lo tanto, el diseño debe ser para un total de 3.090 N [690 lb]).

C -lateral (en el tramo 2)	DN150	1 x 6,1 x 338 x 0,5	= 1.030 N
	(6)	(1 x 20 x 23,0 x 0,5)	= (230 lb)
longitudinal (en el tramo 1)	DN150	1 x 12,2 x 338 x 0,5	= <u>2.060</u>
	(6)	(1 x 40 x 23,0 x 0,5)	= <u>(460)</u>
			= 3.090 N
			= (690 lb)

(El arriostramiento **C** es un arriostramiento lateral del tramo 2, pero también actúa como arriostramiento longitudinal del tramo 1 [suponiendo que el arriostramiento esté situado a no más de 0,6 m (24 in) del cambio de dirección]. Este diseño debe ser para un total de 3.090 N [690 lb]).

D -lateral	DN150	1 x 12,2 x 338 x 0,5	= <u>2.060 N</u>
	(6)	(1 x 40 x 23,0 x 0,5)	= <u>(460 lb)</u>
E -lateral (en el tramo 2)	DN150	1 x 6,1 x 338 x 0,5	= 1.030 N
	(6)	(1 x 20 x 23,0 x 0,5)	= (230 lb)
-longitudinal (en colector de distribución próximo)	DN150	1 x 12,2 x 338 x 0,5	= <u>2.060</u>
	(6)	(1 x 40 x 23,0 x 0,5)	= <u>(460)</u>
			= 3.090 N
			= (690 lb)

(El arriostramiento **E** es un arriostramiento lateral del tramo 2 y también actúa como arriostramiento longitudinal de 12,2 m [40 ft] del colector de distribución próximo. Por lo tanto, el diseño debe ser para un total de 3.090 N [690 lb]).

F-longitudinal (en el tramo 2)	DN150 (6)	1 x 12,2 x 338 x 0,5 (1 x 40 x 23,0 x 0,5)	= 2.060 N = (460 lb)
-lateral (en colector de distribución próximo)	DN150 (6)	1 x 5,3 x 338 x 0,5 (1 x 17,5 x 23,0 x 0,5)	= 895 N = (200 lb)
	DN50 (2)	2 x 31 x 62 x 0,5 (2 x 100 x 4,2 x 0,5)	= <u>1.922</u> = <u>(420)</u> = 4.877 N = (1.080 lb)

(El arriostramiento **F** es un arriostramiento longitudinal del tramo 2 y también un arriostramiento lateral de 5,3 m (17,5 ft) del colector de distribución y dos ramales del colector de distribución próximo. El diseño es para un total de 4.877 N [1.080 lb]).

3. Arriostramiento del colector de distribución

K-lateral	DN150 (6)	1 x 7,6 x 338 x 0,5 (1 x 25 x 23,0 x 0,5)	= 1.284 N = (288 lb)
	DN50 (2)	3 x 31 x 62 x 0,5 (3 x 100 x 4,2 x 0,5)	= <u>2.883</u> = <u>(630)</u> = 4.167 N = (918 lb)
Q-lateral	DN100 (4)	1 x 7,6 x 173 x 0,5 (1 x 25 x 11,8 x 0,5)	= 657 N = (148 lb)
	DN50 (2)	3 x 31 x 62 x 0,5 (3 x 100 x 4,2 x 0,5)	= <u>2.883</u> = <u>(630)</u> = 3.450 N = (778 lb)

(Los arriostramientos **K** y **Q** se proporcionan en los extremos del colector de distribución para arriostar lateralmente el colector de distribución y los ramales en la zona de influencia con las cargas de diseño indicadas).

L-lateral	DN100 (4)	1 x 4,6 x 173 x 0,5 (1 x 15 x 11,8 x 0,5)	= 398 N = (89 lb)
	DN50 (2)	2 x 31 x 62 x 0,5 (2 x 100 x 4,2 x 0,5)	= <u>1.922</u> = <u>(420)</u> = 2.320 N = (509 lb)

(El arriostramiento **L** también es un arriostramiento de extremo de colector de distribución con un diseño combinado de colector de distribución/ramal de 2.320 N [509 lb]).

G-lateral	DN150 (6)	1 x 11,4 x 338 x 0,5 (1 x 37,5 x 23,0 x 0,5)	= 1.927 N = (430 lb)
	DN50 (2)	3 x 31 x 62 x 0,5 (3 x 100 x 4,2 x 0,5)	= <u>2.883</u> = <u>(630)</u> = 4.810 N = (1.060 lb)
M-lateral	DN100 (4)	1 x 9,1 x 173 x 0,5 (1 x 30 x 11,8 x 0,5)	= 787 N = (177 lb)
	DN50 (2)	3 x 31 x 62 x 0,5 (3 x 100 x 4,2 x 0,5)	= <u>2.883</u> = <u>(630)</u> = 3.670 N = (807 lb)

(Los arriostramientos **G** y **M** son arriostramientos laterales que pueden situarse a una distancia de hasta 12,2 m [40 ft] entre sí, pero debido a la disposición de las ubicaciones de arriostramiento, se encuentran a una distancia inferior a 12,2 m [40 ft] del colector de distribución y los tramos de tres ramales, con las cargas de diseño indicadas).

H, I, J- lateral	DN150 (6)	1 x 12,2 x 338 x 0,5 (1 x 40 x 23,0 x 0,5)	= 2.062 N = (460 lb)
	DN50 (2)	4 x 31 x 62 x 0,5 (4 x 100 x 4,2 x 0,5)	= <u>3.844</u> = <u>(840)</u> = 5.906 N = (1.300 lb)
N, O, P-lateral	DN100 (4)	1 x 12,0 x 173 x 0,5 (1 x 40 x 11,8 x 0,5)	= 1.055 N = (236 lb)
	DN50 (2)	4 x 31 x 62 x 0,5 (4 x 100 x 4,2 x 0,5)	= <u>3.844</u> = <u>(840)</u> = 4.899 N = (1.076 lb)

(Los arriostramientos **H, I, J, N, O y P** son arriostramientos laterales con una separación máxima de 12,2 m [40 ft], con tramos de tubería de alimentación/ramal y las cargas de diseño indicadas).

R, S-longitudinal	DN150 (6)	1 x 24,4 x 338 x 0,5 (1 x 80 x 23,0 x 0,5)	= <u>4124 N</u> = <u>(920 lb)</u>
T, V-longitudinal	DN100 (4)	1 x 20,6 x 173 x 0,5 (1 x 67,5 x 11,8 x 0,5)	= <u>1782 N</u> = <u>(398 lb)</u>
U-longitudinal	DN100 (4)	1 x 16,8 x 173 x 0,5 (1 x 55 x 11,8 x 0,5)	= <u>1453 N</u> = <u>(325 lb)</u>

(Los arriostramientos **R, S, T, U y V** son arriostramientos longitudinales de tramos del colector de distribución con las cargas de diseño indicadas. La distancia entre las ubicaciones de los arriostramientos no es uniforme para los colectores de distribución próximos y alejados debido al uso del arriostramiento E para una parte del arriostramiento longitudinal del colector de distribución próximo).

C.2.2 Sistema en anillo (sistema n.º 2)

Paso 1. Diseñe y oriente los arriostramientos. En la figura C.2.2-A se muestra la disposición de los arriostramientos laterales en dos direcciones y un arriostramiento en cuatro direcciones en el montante con puesto de control. Figura C.2.2-B muestra la disposición de los arriostramientos longitudinales en dos direcciones. Las líneas discontinuas indican la parte del sistema de tuberías (zonas de influencia) que se debe calcular para cada ubicación de arriostramiento.

Paso 2. Calcule las cargas de diseño. Para este ejemplo, suponga un factor de aceleración horizontal "G" = 0,5 (el factor "G" puede variar, consulte la sección 2.2.1.2.2) que se debe aplicar al peso de la tubería dentro de la zona de influencia de cada arriostramiento. Suponga que la tubería del rociador es de Schedule 40. Utilizando los pesos de la tubería llena de agua de la tabla 3.1.5, se pueden determinar las cargas de diseño sísmico horizontal de cada ubicación de arriostramiento, como se muestra en la tabla C.2.2.

Paso 3. Seleccione el tipo de arriostramiento, el tamaño y la longitud máxima adecuados. En función de la configuración de la conexión del arriostramiento a la estructura, el ángulo del arriostramiento y la carga de diseño horizontal calculada, se puede seleccionar el tipo, el tamaño y la longitud máxima del arriostramiento de la tabla 3.1.8-A a la 3.1.8-F.

Paso 4. Empleando las cargas de diseño del paso 2 y el ángulo del arriostramiento, seleccione una conexión adecuada a la tubería (por ejemplo, un componente conectado a una tubería de fabricación homologada por FM o un perno en U estándar) y el tipo (por ejemplo, un componente conectado a una estructura de fabricación homologada por FM) y tamaño adecuados de la fijación a la estructura del edificio.

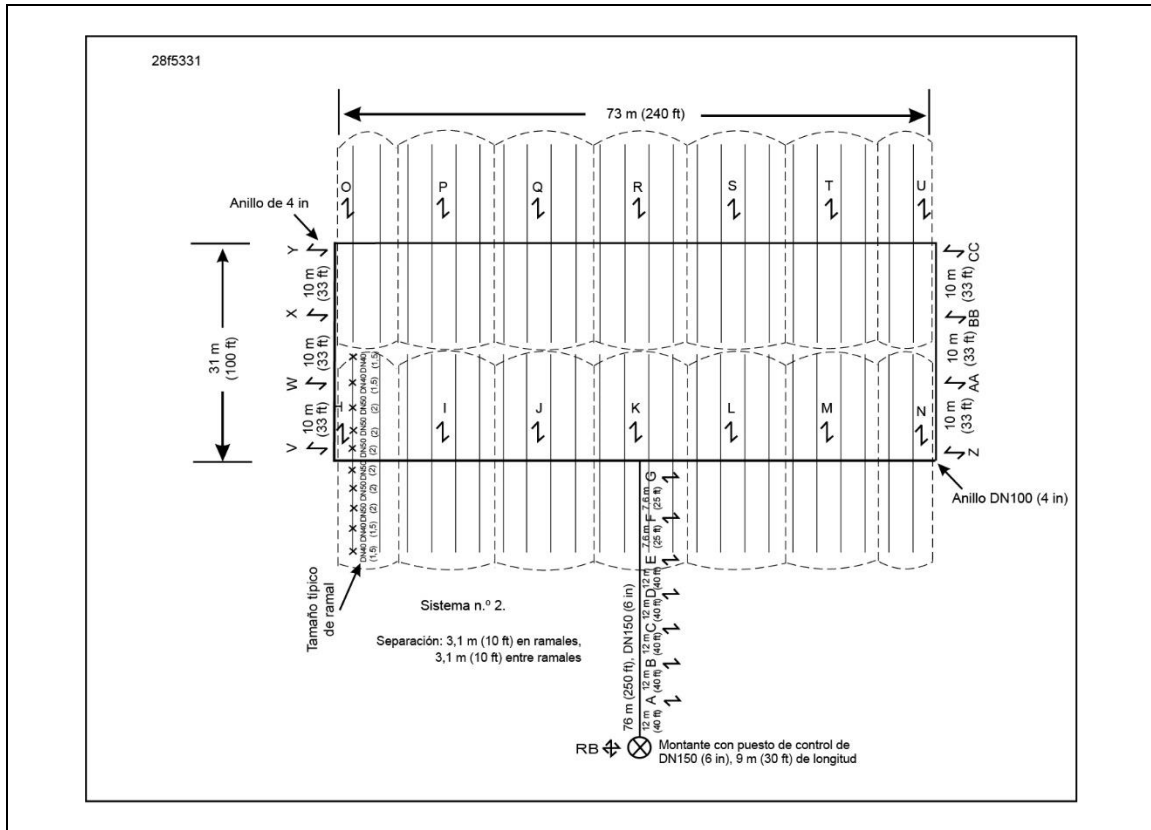


Figura C.2.2-A. Disposición y zonas de influencia del arriostamiento lateral y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 2.

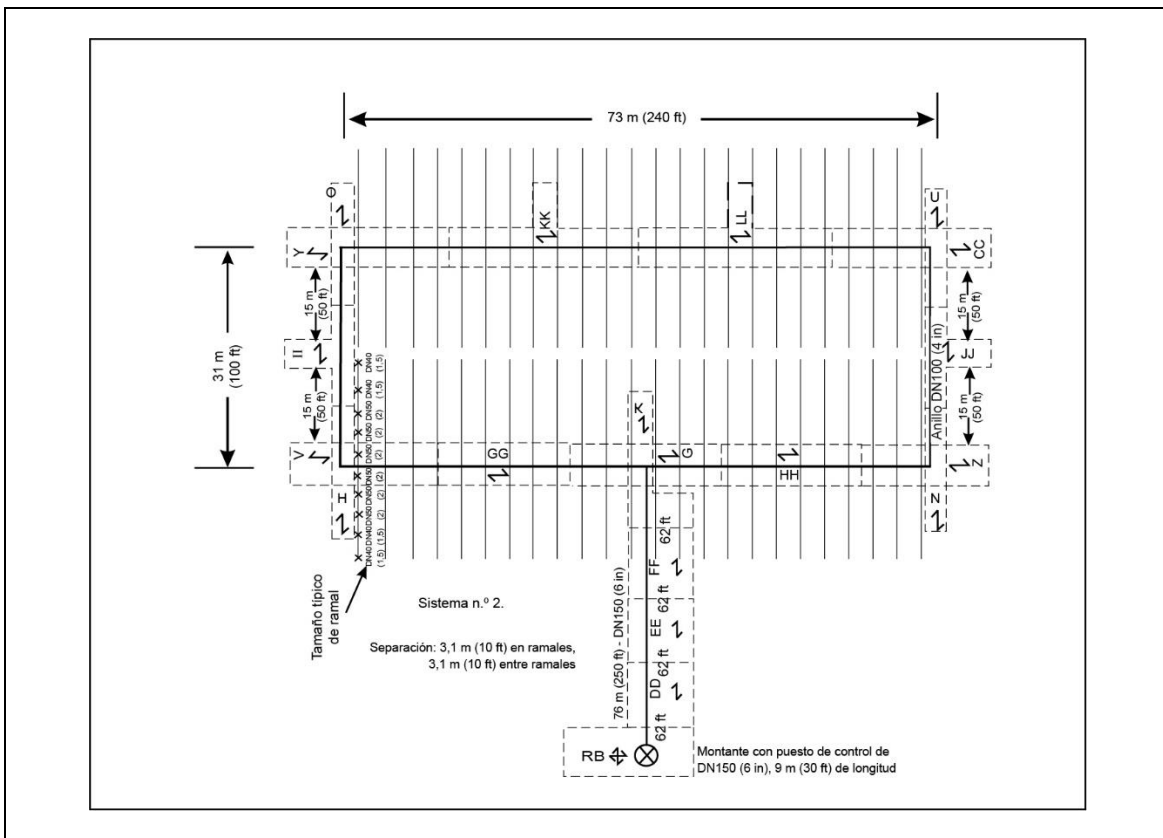


Figura C.2.2-B. Disposición y zonas de influencia del arriostamiento longitudinal y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 2.

Tabla C.2.2. Cargas de diseño sísmico horizontales del sistema n.º 2.

Ubicación del arriostramiento	Diámetro nominal, mm (in)	Número x Longitud, m (ft) x Peso/Longitud, N/m (lb/ft) x G =	Fuerza, N (lb)
1. Arriostramiento de montante con puesto de control (RB)			
Lateral	DN150	1 x 4,6 x 465 x 0,5	= 1.070 N
	(6)	(1 x 15 x 31,7 x 0,5)	= (238 lb)
	DN150	1 x 6,1 x 465 x 0,5	= <u>1.418</u>
	(6)	(1 x 20 x 31,7 x 0,5)	= <u>(317)</u> = 2.488 N = (555 lb)
Longitudinal	DN150	1 x 4,6 x 465 x 0,5	= 1.070 N
	(6)	(1 x 15 x 31,7 x 0,5)	= (238 lb)
	DN150	1 x 9,5 x 465 x 0,5	= <u>2.209</u>
	(6)	(1 x 31 x 31,7 x 0,5)	= <u>(491)</u> = 3.279 N = (729 lb)

(El arriostramiento del montante con puesto de control deberá estar diseñado para soportar simultáneamente una carga de diseño sísmica lateral de 2.488 N [555 lb] y horizontal longitudinal de 3.279 N [729 lb]).

2. Arriostramiento de tubería de alimentación

A, B, C, D-lateral	DN150	1 x 12,2 x 465 x 0,5	= 2.837 N
	(6)	(1 x 40 x 31,7 x 0,5)	= (634 lb)
E-lateral	DN150	1 x 9,9 x 465 x 0,5	= 2.302 N
	(6)	(1 x 32,5 x 31,7 x 0,5)	= (515 lb)
F-lateral	DN150	1 x 7,6 x 465 x 0,5	= 1.767 N
	(6)	(1 x 25 x 31,7 x 0,5)	= (396 lb)
G-lateral (en la tubería de alimentación)	DN150	1 x 3,8 x 465 x 0,5	= 884 N
	(6)	(1 x 12,5 x 31,7 x 0,5)	= (198 lb)
-longitudinal (en el colector de distribución)	DN100	1 x 18,3 x 241 x 0,5	= <u>2.205</u>
	(4)	(1 x 60 x 16,4 x 0,5)	= <u>(492)</u>
			= 3.089 N = (690 lb)

(El arriostramiento **G** es un arriostramiento lateral de 3,8 m [12,5 ft] de la tubería de alimentación y [suponiendo que se encuentre a un máximo de 0,6 m [24 in] de la conexión de la tubería de alimentación al colector de distribución en anillo] también un arriostramiento longitudinal de 18,3 m [60 ft] del colector de distribución. Por lo tanto, el diseño debe ser como arriostramiento lateral para una carga total de 3.089 N [690 lb]).

DD, EE, FF	DN150	1 x 18,9 x 465 x 0,5	= 4.394 N
-longitudinal	(6)	(1 x 62 x 31,7 x 0,5)	= (983 lb)

3. Arriostramiento del colector de distribución

H, N, O, U	DN100 (4)	1 x 6,1 x 241 x 0,5 (1 x 20 x 16,4 x 0,5)	= 735 N = (164 lb)
-lateral	DN40 (1,5)	8 x 3,1 x 53 x 0,5 (8 x 10 x 3,6 x 0,5)	= 657 = (144)
	DN50 (2)	10 x 3,1 x 75 x 0,5 (10 x 10 x 5,1 x 0,5)	= <u>1.163</u> = (255)
			= 2.555 N = (563 lb)
-longitudinal	DN100 (4)	1 x 7,6 x 241 x 0,5 (1 x 25 x 16,4 x 0,5)	= <u>916 N</u> = (205 lb)
		Total	= 3.471 N = (768 lb)

(Los arriostramientos **H, N, O y U** son arriostramientos laterales del extremo del colector de distribución, situados a no más de 0,6 m [24 in] del extremo de este colector que también actúan como arriostramientos longitudinales de 7,6 m [25 ft] de la tubería en anillo del colector. El diseño debe ser como arriostramientos laterales con una carga total de colector de distribución y ramal de 3.471 N [768 lb]).

I, J, L, M, P, Q, R, S, T	DN100 (4)	4 x 3,1 x 241 x 0,5 (4 x 10 x 16,4 x 0,5)	= 1.494 N = (328 lb)
-lateral	DN40 (1,5)	16 x 3,1 x 53 x 0,5 (16 x 10 x 3,6 x 0,5)	= 1.314 = (288)
	DN50 (2)	20 x 3,1 x 75 x 0,5 (20 x 10 x 5,1 x 0,5)	= <u>2.325</u> = (510)
			= 5.133 N = (1.126 lb)

(Todos ellos son arriostramientos laterales con tramos de colector de distribución/ramal para una carga de diseño total de 5.133 N [1.126 lb]).

K	DN100 (4)	4 x 3,1 x 241 x 0,5 (4 x 10 x 16,4 x 0,5)	= 1.494 N = (328 lb)
-lateral	DN40 (1,5)	16 x 3,1 x 53 x 0,5 (16 x 10 x 3,6 x 0,5)	= 1.314 = (288)
-longitudinal	DN150 (6)	1 x 9,5 x 465 x 0,5 (1 x 31 x 31,7 x 0,5)	= <u>2.209 N</u> = (491 lb)
		Total	= 7.342 N = (1.617 lb)

(El arriostramiento **K** es un arriostramiento lateral del colector de distribución, así como un arriostramiento longitudinal de 9,5 m [31 ft] de la tubería de alimentación, y debe diseñarse como un arriostramiento lateral con una carga total de 7.842 N (1.617 lb)).

V, Y, Z, CC	DN100 (4)	1 x 5,0 x 241 x 0,5 (1 x 16,5 x 16,4 x 0,5)	= 603 N = (135 lb)
-lateral			
-longitudinal	DN100 (4)	1 x 12,2 x 241 x 0,5 (1 x 40 x 16,4 x 0,5)	= <u>1.740 N</u> = (328 lb)
		Total	= 2.073 N = (463 lb)

(Los arriostramientos **V, Y, Z y CC** son arriostramientos laterales de extremo de colector de distribución situados a no más de 0,6 m [24 in] del extremo del colector y también actúan como arriostramientos longitudinales de 12,2 m [40 ft] de la tubería en anillo del colector. El diseño debe ser como arriostramientos laterales con una carga total de 2.073 N [463 lb]).

W, X, AA, BB -lateral	DN100 (4)	1 x 10,1 x 241 x 0,5 (1 x 33 x 16,4 x 0,5)	= 1.217 N = (271 lb)
GG, HH -longitudinal	DN100 (4)	1 x 18,3 x 241 x 0,5 (1 x 60 x 16,4 x 0,5)	= 2.205 N = (492 lb)
II, JJ -longitudinal	DN100 (4)	1 x 15,3 x 241 x 0,5 (1 x 50 x 16,4 x 0,5)	= 1.844 N = (410 lb)
KK, LL -longitudinal	DN100 (4)	1 x 24,4 x 241 x 0,5 (1 x 80 x 16,4 x 0,5)	= 2.940 N = (656 lb)

C.2.3 Sistema en árbol (sistema n.º 3)

Paso 1. Diseñe y oriente los arriostramientos. En la figura C.2.3-A se muestra la disposición de los arriostramientos laterales en dos direcciones y un arriostramiento en cuatro direcciones en el montante con puesto de control. En la figura C.2.3-B se muestra la disposición de los arriostramientos longitudinales en dos direcciones. Las líneas discontinuas indican las partes del sistema de tuberías (zona de influencia) que se deben calcular para cada arriostramiento.

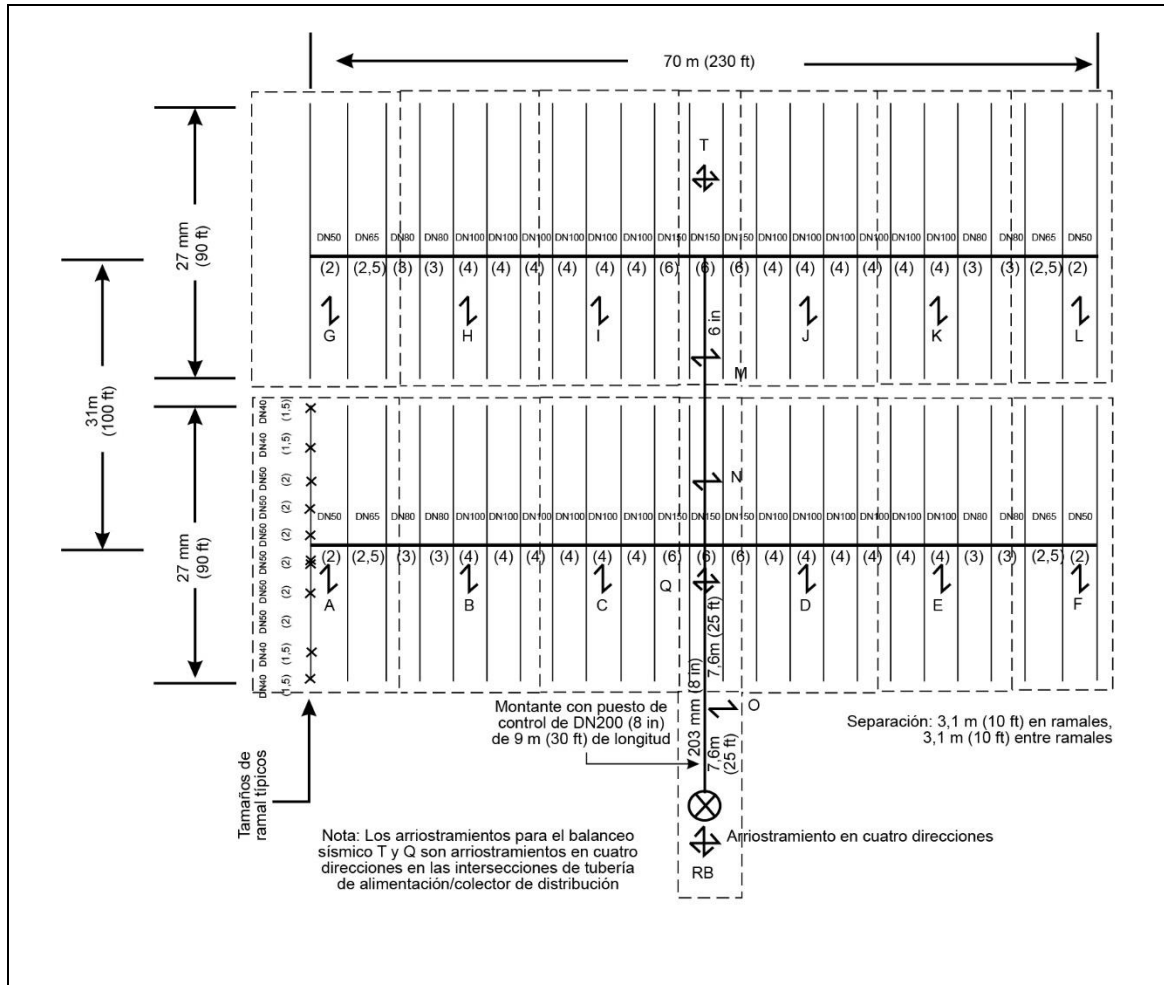


Figura C.2.3-A. Disposición y zonas de influencia del arriostramiento lateral y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 3.

Paso 2. Calcule las cargas de diseño. Si se utiliza un factor "G" = 0,5 (el factor "G" puede variar; consulte la sección 2.2.1.2.2) y una tubería de Schedule 40, las cargas de diseño sísmico horizontal de cada arriostramiento serán como se indica en la tabla C.2.3.

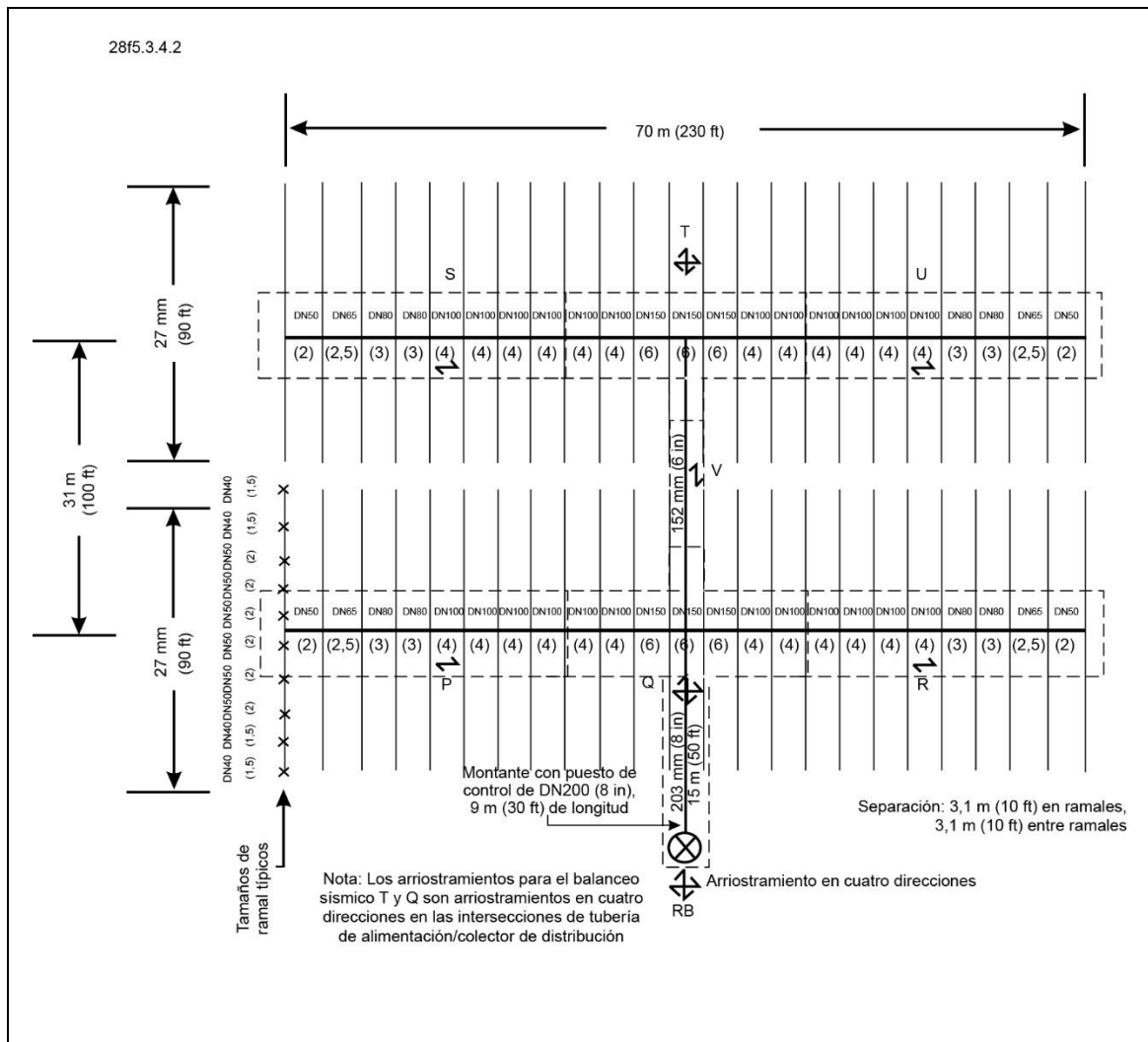


Figura C.2.3-B. Disposición y zonas de influencia del arriostamiento longitudinal y en cuatro direcciones para montantes con puesto de control del sistema n.º 3.

Paso 3. Seleccione el tipo de arriostamiento, el tamaño y la longitud máxima adecuados. En función de la configuración de la conexión del arriostamiento a la estructura, el ángulo del arriostamiento y la carga de diseño horizontal calculada, se puede seleccionar el tipo, el tamaño y la longitud máxima del arriostamiento de la tabla 3.1.8-A a la 3.1.8-F.

Paso 4. Empleando las cargas de diseño del paso 2 y el ángulo del arriostamiento, seleccione una conexión adecuada a la tubería (por ejemplo, un componente conectado a una tubería de fabricación homologada por FM o un perno en U estándar) y el tipo (por ejemplo, un componente conectado a una estructura de fabricación homologada por FM) y tamaño adecuados de la fijación a la estructura del edificio.

Tabla C.2.3. Cargas de diseño sísmico horizontales del sistema n.º 3.

Ubicación del arriostramiento	Diámetro nominal, mm (in)	Número x Longitud, m (ft) x Peso/Longitud, N/m (lb/ft) x G =	Fuerza, N (lb)
1. Arriostramiento de montante con puesto de control (RB)			
Lateral	DN200 (8)	1 x 4,6 x 700 x 0,5 (1 x 150 x 47,7 x 0,5)	= 1.610 N = (358 lb)
	DN200 (8)	1 x 3,8 x 700 x 0,5 (1 x 12,5 x 47,7 x 0,5)	= <u>1.330</u> = <u>(298)</u> = 2.940 N = (656 lb)
Longitudinal	DN200 (8)	1 x 4,6 x 700 x 0,5 (1 x 15 x 47,7 x 0,5)	= 1.610 N = (358 lb)
	DN200 (8)	1 x 7,6 x 700 x 0,5 (1 x 25 x 47,7 x 0,5)	= <u>2.660</u> = <u>(596)</u> = 4.270 N = (954 lb)

(El arriostramiento del montante con puesto de control deberá estar diseñado para soportar simultáneamente una carga sísmica lateral de 2.940 N [656 lb] y horizontal longitudinal de 4.270 N [954 lb]).

2. Arriostramiento de tubería de alimentación

M, N	DN150	1 x 10 x 465 x 0,5	= 2.325 N
-lateral	(6)	(1 x 33 x 31,7 x 0,5)	(523 lb)

(Los arriostramientos **M** y **N** recogen la carga lateral de 10 m [33 ft] de la tubería de alimentación. Los arriostramientos en cuatro direcciones T y Q recogerán los 5 m [16,5 ft] de tubería al norte del arriostramiento M y al sur del arriostramiento N, respectivamente).

O	DN200	1 x 7,6 x 700 x 0,5	= 2.660 N
-lateral	(8)	(1 x 25 x 47,7 x 0,5)	= (596 lb)

V	DN150	1 x 15 x 465 x 0,5	= 3.488 N
-longitudinal	(6)	(1 x 50 x 31,7 x 0,5)	= (793 lb)

3. Arriostramiento de tubería de alimentación/colector de distribución en cuatro direcciones

Q

Tramo de este a oeste lateral	DN200 (8)	1 x 3,8 x 700 x 0,5 (1 x 12,5 x 47,7 x 0,5)	= 1.330 N = (298 lb)
	DN150 (6)	1 x 5,0 x 465 x 0,5 (1 x 16,5 x 31,7 x 0,5)	= 1.163 = (255)
longitudinal	DN150 (6)	3 x 3,1 x 465 x 0,5 (3 x 10 x 31,7 x 0,5)	= 2.162 N = (476)
	DN100 (4)	4 x 3,1 x 241 x 0,5 (4 x 10 x 16,4 x 0,5)	= <u>1.494</u> = <u>(328)</u>
Carga total de este a oeste			= 6.149 N = (1.364 lb)

Lateral en el tramo de norte a sur	DN40 (1,5)	8 x 3,1 x 53 x 0,5 (8 x 10 x 3,6 x 0,5)	= 657 N = (144 lb)
	DN50 (2)	10 x 3,1 x 75 x 0,5 (10 x 10 x 5,1 x 0,5)	= 1.163 = (255)
	DN150 (6)	3 x 3,1 x 465 x 0,5 (3 x 10 x 31,7 x 0,5)	= 2.162 N = (476)
	DN200 (8)	1 x 7,6 x 700 x 0,5 (1 x 25 x 47,7 x 0,5)	= 2.660 = (596)
	DN150 (6)	1 x 7,6 x 465 x 0,5 (1 x 25 x 31,7 x 0,5)	= <u>1.767</u> = <u>(396)</u>
Carga total de norte a sur			= 8.409 N = (1.867 lb)

(El arriostramiento **Q** requiere un diseño que soporte simultáneamente una carga de 6.149 N [1.364 lb] en la dirección este-oeste y de 8.409 N [1.867 lb] en la dirección norte-sur. Como alternativa, se pueden utilizar dos arriostramientos independientes, que deberán colocarse a no más de 0,6 m [24 in] de la te).

T

Lateral en el tramo de este a oeste	DN150 (6)	1 x 5,0 x 465 x 0,5 (1 x 16,5 x 31,7 x 0,5)	= 1.163 N = (262 lb)
longitudinal	DN150 (6)	3 x 3,1 x 465 x 0,5 (3 x 10 x 31,7 x 0,5)	= 2.162 N = (476)
	DN100 (4)	4 x 3,1 x 241 x 0,5 (4 x 10 x 16,4 x 0,5)	= <u>1.494</u> = <u>(328)</u>
	Carga total de este a oeste		= 4.819 N = (1.066 lb)
Lateral en el tramo de norte a sur	DN40 (1,5)	8 x 3,1 x 53 x 0,5 (8 x 10 x 3,6 x 0,5)	= 384 N = (144 lb)
	DN50 (2)	10 x 3,1 x 75 x 0,5 (10 x 10 x 5,1 x 0,5)	= 1.163 = (255)
	DN150 (6)	3 x 3,1 x 465 x 0,5 (3 x 10 x 31,7 x 0,5)	= 2.162 N = (476)
	DN150 (6)	1 x 7,6 x 465 x 0,5 (1 x 25 x 31,7 x 0,5)	= <u>1.767</u> = <u>(396)</u>
	Carga total de norte a sur		= 5.749 N = (1.271 lb)

(El Arriostramiento **T** requiere un diseño que soporte simultáneamente una carga de 4.819 N [1.066 lb] en la dirección este-oeste y de 5.749 N [1.271 lb] en la dirección norte-sur. Como alternativa, se pueden utilizar dos arriostramientos independientes, que deberán colocarse a no más de 0,6 m [24 in] de la te).

4. Arriostramiento del colector de distribución

A, F, G, L -lateral	DN40 (1,5)	12 x 3,1 x 53 x 0,5 (12 x 10 x 3,6 x 0,5)	= 986 N = (216 lb)
	DN50 (2)	15 x 3,1 x 75 x 0,5 (15 x 10 x 5,1 x 0,5)	= 1.744 = (383)
	DN50 (2)	1 x 3,1 x 75 x 0,5 (1 x 10 x 5,1 x 0,5)	= 116 = (26)
	DN65 (2,5)	1 x 3,1 x 116 x 0,5 (1 x 10 x 7,9 x 0,5)	= 180 = (40)
	DN80 (3)	1 x 1,5 x 159 x 0,5 (1 x 5 x 10,8 x 0,5)	= <u>120</u> = <u>(27)</u> = 3.146 N = (692 lb)

(Los arriostramientos **A, F, G y L** son arriostramientos de extremo de colector de distribución situados a no más de 1,8 m [6 ft] del extremo del colector, con tramos del colector de distribución/ramal para una carga de diseño total de 3.146 N [692 lb]).

B, E, H, K -lateral	DN40 (1,5)	16 x 3,1 x 53 x 0,5 (16 x 10 x 3,6 x 0,5)	= 1.314 N = (288 lb)
	DN50 (2)	20 x 3,1 x 75 x 0,5 (20 x 10 x 5,1 x 0,5)	= 2.325 = (510)
	DN80 (3)	1 x 4,5 x 159 x 0,5 (1 x 15 x 10,8 x 0,5)	= 358 = (81)
	DN100 (4)	2,5 x 3,1 x 241 x 0,5 (2,5 x 10 x 16,4 x 0,5)	= <u>934</u> = <u>(205)</u> = 4.931 N = (1.084 lb)

C, D, I, J -lateral	DN40 (1,5)	16 x 3,1 x 53 x 0,5 (16 x 10 x 3,6 x 0,5)	= 1.314 N = (288 lb)
	DN50 (2)	20 x 3,1 x 75 x 0,5 (20 x 10 x 5,1 x 0,5)	= 2.325 = (510)
	DN100 (4)	3,5 x 3,1 x 241 x 0,5 (3,5 x 10 x 16,4 x 0,5)	= 1.307 = (287)
	DN150 (6)	0,5 x 3,1 x 465 x 0,5 (0,5 x 10 x 31,7 x 0,5)	= <u>360</u> = <u>(80)</u> = 5.306 N = (1.165 lb)

P, R, S, U -longitudinal	DN50 (2)	1 x 3,1 x 75 x 0,5 (1 x 10 x 5,1 x 0,5)	= 116 N = (26 lb)
	DN65 (2,5)	1 x 3,1 x 116 x 0,5 (1 x 10 x 7,9 x 0,5)	= 180 = (40)
	DN80 (3)	2 x 3,1 x 159 x 0,5 (2 x 10 x 10,8 x 0,5)	= 493 = (108)
	DN100 (4)	4 x 3,1 x 241 x 0,5 (4 x 10 x 16,4 x 0,5)	= <u>1.494</u> = <u>(328)</u> = 2.283 N = (502 lb)

C.3 Depósitos de acero de fondo plano apoyados sobre el suelo

El tipo más común de depósito utilizado en áreas en las que se requiere protección sísmica es el depósito de acero de fondo plano apoyado sobre el suelo. Este depósito puede proporcionar un suministro de succión para una bomba contra incendios adyacente o actuar como depósito por gravedad para proporcionar suficiente presión de agua al sistema de protección contra incendios. Solo deben instalarse depósitos homologados por FM para la zona sísmica correspondiente (consulte la ficha técnica 1-2). Tenga en cuenta que la homologación por FM normalmente cubre el depósito pero no la base. El diseño de la base suele realizarse por separado del diseño del depósito.

Para los depósitos a nivel del suelo, existen cuatro consideraciones sísmicas principales. Entre ellas se incluyen las siguientes:

1. El grosor adecuado del acero cerca de la base del depósito para evitar la formación del "pie de elefante".
2. El anclaje del depósito y la base para evitar desplazamientos horizontales y verticales.
3. La flexibilidad de las conexiones de las tuberías al depósito.
4. El espacio libre alrededor de los pasos de tuberías a través de la caseta de bombas u otras paredes estructurales.

Los puntos 3 y 4 se tratan en la sección 2.2.6 de esta ficha técnica. Exceptuando el diseño de la propia base, el uso de un depósito homologado por FM para la zona sísmica correspondiente cumple los puntos 1 y 2. Puede encontrar más información sobre el diseño de estos depósitos y sus bases en la ficha técnica 3-2, *Water Tanks for Fire Protection*.

En las zonas de intensa actividad sísmica, los depósitos sin anclaje pueden sufrir desplazamientos verticales y horizontales significativos. Según el diámetro del depósito y la relación altura-diámetro, estos desplazamientos esperados pueden variar. Sin embargo, la razón principal es que los depósitos desanclados pueden sufrir desplazamientos que además de dañar el depósito, pueden romper la tubería conectada.

C.4 Otros códigos y normas

Otros códigos y normas pueden contener directrices para la protección contra terremotos de los sistemas de protección contra incendios. A medida que se revisen, los resultados se irán añadiendo a la sección 2.3 para ayudar a evaluar y revisar los sistemas diseñados utilizando estas normas.

La norma NFPA 13, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, incluye directrices para proteger los sistemas de rociadores de daños en zonas susceptibles de sufrir terremotos. Las directrices contenidas en esta ficha técnica relativas al propio sistema de rociadores son similares en la mayoría de los aspectos a la norma NFPA. Sin embargo, en la NFPA 13 no se aborda la protección contra terremotos de algunos elementos, como suministros de agua, sistemas de bombas y equipos, que pueden impactar con los sistemas de rociadores.

La sección 2.3.1 proporciona directrices sobre las limitaciones, las excepciones, los cambios y las adiciones necesarios para que los sistemas diseñados de acuerdo con la NFPA 13 se ajusten de manera sustancial a esta ficha técnica.

Otras normas de la NFPA relativas a los sistemas de protección contra incendios que se describen en esta ficha técnica son:

- NFPA 14, *Installation of Standpipe and Hose Systems*
- NFPA 15, *Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*
- NFPA 16, *Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems*
- NFPA 20, *Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*
- NFPA 22, *Water Tanks for Private Fire Protection*

ANEXO D: MATERIAL DE APOYO PARA LA SECCIÓN 2.2, RECOMENDACIONES

La tabla D.1 que aparece a continuación se ha concebido como ayuda para identificar con mayor facilidad los principales requisitos de protección contra terremotos de los sistemas de protección contra incendios. Aunque la tabla D.1 describe las principales recomendaciones de la sección 2.2, no se ha podido incluir toda la información pertinente, por lo que es posible que las secciones a las que se hace referencia no contengan todos los requisitos relacionados con la recomendación. Por tanto, la tabla D.1 no debe utilizarse sin tener en cuenta la información específica de la sección 2.2 de la ficha técnica 2-8.

Tabla D.1. Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8

Recomendaciones de la ficha técnica 2-8 para el arriostamiento de tuberías de	Secciones
Montantes con puesto de control de rociadores/columnas secas (independientemente del diámetro)	
<u>En las tuberías verticales de puestos de control de rociadores y columnas secas, proporcione arriostramientos en cuatro direcciones:</u> • en la parte superior (a no más de 0,6 m [2 ft]); • en las plantas intermedias (a no más de 0,6 m [2 ft]): los suelos estructurales pueden arriostar la tubería si el espacio libre no permite un movimiento horizontal de más de 13 mm (0,5 in) en cualquier dirección; • en las tuberías principales de suministro entre plantas intermedias (a no más de 0,6 m [2 ft]); • en los tramos rectos, con una separación máxima de 12,2 m (40 ft) entre centros; • en acoplamientos flexibles adicionales alternos (a no más de 0,6 m [2 ft]). <u>Colector horizontal que alimenta a montantes con puestos de control</u> • Proporcione un arriostamiento lateral a no más de 0,6 m (2 ft) del extremo cuando: - la longitud del colector sea superior a 1,8 m (6 ft); o bien, - cuando exista un acoplamiento flexible en el colector horizontal o en el pequeño montante por debajo del puesto de control. <u>Varios</u> • Un único arriostamiento en cuatro direcciones no puede sujetar más de dos montantes con puesto de control.	2.2.1.1 2.2.2 2.2.3 2.2.4 2.2.5
Tuberías de alimentación y colectores de distribución verticales (independientemente del diámetro)	
<u>Si la longitud es igual o superior a 1,8 m (6 ft), proporcione un arriostamiento en cuatro direcciones:</u> • en la parte superior e inferior y en cualquier tubería intermedia de suministro (a no más de 0,6 m [2 ft]); • en los tramos rectos, con una separación máxima de 12,2 m (40 ft) entre centros; • en acoplamientos flexibles adicionales alternos (a no más de 0,6 m [2 ft]). <u>Si la longitud es inferior a 1,8 m (6 ft):</u> • Proporcione arriostamiento en cuatro direcciones a no más de 0,9 m (3 ft) de los cambios de dirección equipados con acoplamientos flexibles.	2.2.1.1 2.2.3 2.2.4 2.2.5
Tuberías de alimentación y colectores de distribución horizontales (independientemente del diámetro)	
<u>En los tramos rectos, proporcione:</u> • Arriostramientos laterales con una separación máxima de 12,2 m (40 ft) entre centros. • Un arriostamiento lateral en acoplamientos flexibles adicionales alternos (a no más de 0,6 m [2 ft]). • Arriostramientos longitudinales con una separación máxima de 24,4 m (80 ft) entre centros <u>En los cambios de dirección:</u> • Si el tramo de tubería es de 1,8 m (6 ft) o más adyacente al cambio de dirección, proporcione un arriostamiento lateral y longitudinal a no más de 0,6 m (2 ft) del cambio de dirección. • Independientemente de la longitud del tramo de tubería adyacente, proporcione un arriostamiento lateral a 0,6 m (2 ft) de cualquier cambio de dirección en el que se utilicen acoplamientos flexibles. <u>En los extremos (incluidos los adyacentes a conjuntos de separación sísmica o anillos de tuberías flexibles), proporcione:</u> • Un arriostamiento lateral a no más de 1,8 m (6 ft). • Un arriostamiento longitudinal a no más de 12,2 m (40 ft). <u>Varios</u> • No se deben utilizar como arriostramientos los soportes colgantes en U (aunque que sean de tipo envolvente). • El uso de soportes colgantes de varilla corta no elimina la necesidad de arriostar las tuberías principales. • No se pueden utilizar arriostramientos en los ramales para arriostar colectores de distribución.	2.2.1.1 2.2.1.3 2.2.3 2.2.4 2.2.5
Bajantes	
Para obtener información sobre las bajantes desde tuberías a nivel de techo que suministran a más de un rociador, consulte las directrices sobre tuberías de alimentación y colectores de distribución verticales.	2.2.1.1 2.2.1.4

Tabla D.1 (continuación). Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8

Recomendaciones de la ficha técnica 2-8 para el arriostramiento de tuberías de acero (continuación)	Secciones
Ramales <u>El arriostramiento puede omitirse en los siguientes casos:</u> - Los ramales inferiores a DN65 (2,5 in) no requieren arriostramiento, pero necesitan una sujeción en el extremo (consulte la sección sobre espacio libre, soportes y otras recomendaciones). - En tramos cortos: $\leq 6,1$ m (20 ft) de longitud no lateral; $\leq 12,2$ m (40 ft) de longitud no longitudinal. - No se requiere arriostramiento lateral en ramales inferiores a DN100 (4 in) en los que los soportes colgantes sean varillas cortas (< 150 mm [6 in]) con un espacio libre de ≤ 13 mm (0,5 in) entre la varilla y la tubería. <u>Arriostramiento lateral de ramales a partir de DN65 (2,5 in):</u> - En los tramos rectos, proporcione: - Con una separación máxima de 12,2 m (40 ft) entre centros (el primer arriostramiento a 3,1-12,2 m [10-40 ft] del colector de distribución). - En acoplamientos flexibles adicionales (arriostramiento a no más de 0,6 m [2 ft] de acoplamientos flexibles alternos). - A no más de 1,8 m (6 ft) de los cambios de dirección (excepción: a no más de 0,6 m [2 ft] de cualquier cambio de dirección en el que se utilicen acoplamientos flexibles). - A no más de 1,8 m (6 ft) de los extremos, incluidos los conjuntos de separación sísmica o los anillos de tuberías flexibles adyacentes. - Se pueden utilizar soportes colgantes en U envolventes con el tamaño adecuado y correctamente fijados como arriostramientos laterales; no se deben considerar otros soportes colgantes en U como arriostramientos laterales. - Es posible que no actúe como arriostramiento longitudinal del colector de distribución. <u>Arriostramiento longitudinal de ramales a partir de DN65 (2,5 in):</u> - En tramos rectos, con una separación máxima de 24,4 m (80 ft) entre centros (el primer arriostramiento a 6,1-24,4 m [20-80 ft] del colector de distribución). - A no más de 12,2 m (40 ft) de los cambios de dirección. - A no más de 12,2 m (40 ft) de los extremos, incluidos los conjuntos de separación sísmica o los anillos de tuberías flexibles adyacentes. - Es posible que no actúe como arriostramiento lateral del colector de distribución.	
Recomendaciones comunes sobre los arriostramientos - Un arriostramiento lateral puede actuar como arriostramiento longitudinal (y viceversa) de una tubería perpendicular de igual o menor diámetro si se encuentra a no más de 0,6 m (2 ft) del cambio de dirección (los ramales no pueden arriostrar las tuberías principales). - Un arriostramiento en cuatro direcciones en una tubería vertical puede actuar como arriostramiento lateral y longitudinal inicial de una tubería horizontal conectada de igual o menor diámetro que se encuentre a no más de 0,6 m (2 ft). - Cuando el diámetro de tubería cambia en un cambio de dirección, instale el arriostramiento en - Un perno en U del tamaño adecuado que fija una tubería de forma directa y firme en un elemento estructural se puede utilizar como arriostramiento lateral o en cuatro direcciones, pero no como arriostramiento longitudinal. - Orienta los arriostramientos diagonales de la tubería horizontal al menos a 30° (preferiblemente a 45°) de la vertical. - Si se utilizan dos arriostramientos de compresión diagonales en la tubería horizontal, el ángulo desde la vertical de estos arriostramientos debe ser lo más parecido posible; la diferencia no debe superar los 15°. - Cuando se utilicen dos arriostramientos diagonales como arriostramientos en cuatro direcciones en montantes con puesto de control u otras tuberías verticales, oriéntelos con una separación de 90° si es posible, pero en ningún caso de menos de 60° ni de más de 120°. - Los arriostramientos de compresión deben tener una relación de esbeltez (l/r) ≤ 200. - Los arriostramientos de tensión deben tener una $l/r \leq 300$ (el arriostramiento de cable no es apto). - Realice conexiones de arriostramiento a la tubería y a la estructura con fijaciones mecánicas positivas o conectores homologados por FM; no los conecte con abrazaderas en C (ni siquiera con correas de sujeción) ni con pistolas de fijación. - No fije arriostramientos a elementos de madera con menos de 90 mm (3,5 in) de grosor ni a otros elementos marginales, como las cerchas abiertas. - Todos los anclajes para hormigón post-instalados y los insertos de hormigón moldeados in situ deben ser aprobados específicamente para aplicaciones sísmicas. - Resista la reacción ascendente de un arriostramiento diagonal lateral o longitudinal que supere la mitad ($1/2$) del W_p mediante un arriostramiento vertical, un segundo arriostramiento diagonal o un soporte colgante robusto (por ejemplo, una abrazadera) diseñado para resistir la fuerza ascendente; fije uno de ellos a no más de 150 mm (6 ft) del arriostramiento diagonal. - Calcule la carga de diseño sísmico horizontal (H) como factor "G" multiplicado por el peso de la tubería llena de agua en la zona de influencia (W_p). Utilice "G" = 0,9 (zonas de 50 años de FM Global), 0,65 (zonas de 100 años de FM Global) y 0,4 (zonas de 250 y 500 años de FM Global). Se puede utilizar "G" = 0,7 SDS si se puede justificar un valor de SDS diferente de los valores genéricos de SDS de la ficha técnica 1-2. Utilice un valor de "G" más alto si así lo requiere el código de construcción local.	

Tabla D.1 (continuación). Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8

Recomendaciones de la ficha técnica 2-8 sobre flexibilidad para tuberías de acero (Consulte las recomendaciones adicionales en la sección sobre diseño sísmico de equipos y depósitos)		Secciones
Montantes con puesto de control de rociadores/columnas secas (independientemente del diámetro)		
<u>Proporcione acoplamientos flexibles:</u>		2.2.1.4
- A no más de 0,6 m (2 ft) de la parte superior e inferior (cuando los montantes con puesto de control y las tuberías principales estén completamente soldados, podrá omitirse el acoplamiento flexible de la parte superior). - En plantas superiores de edificios de varias plantas: - A no más de 0,3 m (1 ft) por encima O BIEN por debajo de los pisos si no pasa a través del piso o si se proporciona el espacio libre especificado en la sección sobre espacio libre de las tuberías que se incluye a continuación. - A no más de 0,3 m (1 ft) por encima Y también por debajo de los pisos si se proporciona un espacio libre menor que el especificado en la sección sobre espacio libre de las tuberías que se incluye a continuación. - Como excepción, sitúe el acoplamiento flexible por debajo del suelo debajo de cualquier tubería principal que suministre a esa planta. - A no más de 0,6 m (2 ft) por encima o por debajo de otro arriostramiento intermedio (excepción: en los casos en los que los montantes con puesto de control y las tuberías principales estén completamente soldados, estos acoplamientos flexibles pueden omitirse).		2.2.2 2.2.3 2.2.4 2.2.5
<u>Varios</u>		
Cuando los montantes con puesto de control se alimentan de un colector horizontal, la base del montante con puesto de control se encuentra en la parte superior del colector.		
Tuberías de alimentación y colectores de distribución verticales (independientemente del diámetro)		
<u>Proporcione acoplamientos flexibles en las tuberías verticales con una longitud de 1,8 m (6 ft) o mayor (excepción: en los casos en los que los montantes con puesto de control y las tuberías principales estén completamente soldados, estos acoplamientos flexibles pueden omitirse):</u>		2.2.1.4
- A no más de 0,6 m (2 ft) de la parte superior e inferior. - En un arriostramiento intermedio (a no más de 0,6 m [2 ft] por encima o por debajo del arriostramiento).		2.2.3 2.2.4 2.2.5
Tuberías de alimentación y colectores de distribución horizontales (independientemente del diámetro)		
<u>Proporcione un conjunto de separación sísmica o un anillo de tubería flexible en la tubería que:</u>		2.2.1.4
- pase a través de una junta sísmica del edificio o se extienda entre edificios. <u>Proporcione acoplamientos flexibles:</u> - a no más de 0,3 m (1 ft) a cada lado de una pared si no se cumple la recomendación de espacio libre (tal y como se especifica en la sección sobre espacio libre para tuberías que se incluye a continuación) a través de la pared (excepción: en los casos en los que los montantes con puesto de control y las tuberías principales estén completamente soldados, estos acoplamientos flexibles pueden omitirse).		2.2.3 2.2.4 2.2.5
Bajantes (independientemente del diámetro)		
<u>En los rociadores intermedios, proporcione acoplamientos flexibles:</u>		2.2.1.4
- En la tubería vertical: - A no más de 0,6 m (2 ft) por debajo del colector de distribución o de la garrota. - A no más de 0,6 m (2 ft) por encima de la fijación inicial a la estantería. - Confirme la capacidad de desviación angular adecuada de los acoplamientos y proporcione una alternativa de flexibilidad, si es necesario. - En la tubería horizontal para rociadores intermedios, a no más de 0,6 m (2 ft) a cada lado de la tubería vertical.		2.2.3 2.2.4
<u>En otras bajantes que alimenten a más de un rociador, proporcione acoplamientos flexibles:</u>		
- En una tubería vertical con una longitud superior a 0,6 m (2 ft): - A no más de 0,6 m (2 ft) por debajo del colector de distribución o de la garrota. - A no más de 0,6 m (2 ft) por encima o por debajo de cualquier soporte lateral de la bajante, si es necesario para absorber el movimiento diferencial. - En las bajantes entre dos estructuras independientes, confirme la capacidad de desviación angular adecuada de los acoplamientos y proporcione una alternativa de flexibilidad si es necesario. - En la tubería horizontal que se alimenta de la bajante, a no más de 0,6 m (2 ft) a cada lado de su conexión a la tubería vertical.		
<u>En las bajantes de más de 0,6 m (2 ft) hasta los soportes de mangueras, proporcione acoplamientos flexibles:</u>		
En la tubería vertical, a no más de 0,6 m (2 ft) por debajo del colector de distribución o de la garrota.		
Ramales (independientemente del diámetro)		
<u>Proporcione un conjunto de separación sísmica o un anillo de tubería flexible en la tubería que:</u>		2.2.1.4
pase a través de una junta sísmica del edificio o se extienda entre edificios.		2.2.3 2.2.4
Recomendaciones comunes sobre flexibilidad		
Utilice acoplamientos rígidos excepto cuando se requiera flexibilidad, como se ha indicado anteriormente.		2.2.1.7

Tabla D.1 (continuación). Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8

Recomendaciones de la ficha técnica 2-8 sobre espacio libre, soporte y varios para tuberías de acero (salvo indicación contraria); consulte también la sección sobre equipos y depósitos		Secciones
Montantes con puesto de control de rociadores/columnas secas (independientemente del diámetro)		
Consulte la sección "Recomendaciones comunes sobre espacio libre, soportes y varios" a continuación.		
Tuberías de alimentación y colectores de distribución verticales (independientemente del diámetro)		
Consulte la sección "Recomendaciones comunes sobre espacio libre, soportes y varios" a continuación.		
Tuberías de alimentación y colectores de distribución horizontales (independientemente del diámetro)		
Consulte la sección "Recomendaciones comunes sobre espacio libre, soportes y varios" a continuación.		
Bajantes		
Además de las "Recomendaciones comunes sobre espacio libre, soportes y varios" que se incluyen a continuación, <u>instale soportes colgantes que puedan resistir la fuerza ascendente vertical a no más de 0,6 m (2 ft) de la bajante vertical en:</u>		2.2.1.4
• todas las garrotas que suministran a rociadores intermedios o a más de un rociador; • las garrotas con una longitud superior a 0,6 m (2 ft) que alimenten a un solo rociador.		2.2.1.8
		2.2.3
		2.2.4
Ramales		
Además de las "Recomendaciones comunes sobre espacio libre, soportes y varios" que se incluyen a continuación, <u>deje un espacio libre en los rociadores:</u>		2.2.1.1.6
• preferiblemente de 25 mm (1 in), pero en ningún caso menos de 13 mm (0,5 in), alrededor del paso a través del falso techo (es decir, el diámetro del orificio es 25-50 mm [1-2 in] más grande que el diámetro del rociador o de la tubería que pasa a través del techo) o una alternativa adecuada (p. ej., utilizando una manguera flexible homologada por FM para rociadores); • de 50 mm (2 in) en horizontal y en vertical desde los elementos estructurales y no estructurales (preferiblemente un espacio libre horizontal de 100 mm [4 in] a 150 mm [6 in] hasta los rociadores, si es posible) a menos que la instalación impida daños por golpe (por ejemplo, mediante el uso de una manguera flexible homologada por FM para rociadores).		2.2.1.5
		2.2.1.8
		2.2.3
		2.2.4
<u>Proporcione soportes colgantes en los ramales que puedan resistir también la fuerza ascendente vertical:</u>		
• en el último soporte colgante de las tuberías de extremo cerrado; • donde haya un espacio libre de menos de 50 mm (2 in) en horizontal y en vertical hasta el rociador; • en los ramales de los rociadores intermedios; • en las garrotas, a una distancia máxima 0,6 m (2 ft) de la bajante para todos los que alimenten a más de un rociador y para los que tengan más de 0,6 m (2 ft) de longitud que suministren a un rociador; • en soportes colgantes alternos del sistema en malla.		
<u>Proporcione una sujeción lateral en los ramales que no requieran arriostramiento:</u>		
• Instale una sujeción o un soporte colgante corto a no más de 1,8 m (6 ft) del extremo de los ramales de extremo cerrado.		
Recomendaciones comunes sobre espacio libre, soportes y varios		
<u>Proporcione un orificio o un manguito a través de paredes/suelos/cubiertas no fragmentables o resistentes al fuego (o acoplamiento flexible a ambos lados) con un diámetro nominal:</u>		2.2.1.5
• 50 mm (2 in) mayor que la tubería para tuberías con un diámetro nominal de 25 a 90 mm (1 a 3,5 in); • 100 mm (4 in) mayor que la tubería para tuberías a partir de DN100 (4 in).		2.2.1.7
		2.2.1.8
		2.2.1.9
<u>Proporcione un espacio libre de 50 mm (2 in):</u>		2.2.2
• desde los extremos de las tuberías hasta las paredes o los elementos estructurales; • entre cualquier pared/elemento y una tubería paralela a este cuando la tubería pasa a través de la pared/el elemento estructural y luego gira 90°; • desde las bridas, los accesorios, etc., en tuberías que pasan a través de paredes o elementos estructurales.		2.2.3
		2.2.4
		2.2.5
		2.2.7
<u>Fijaciones de soportes colgantes a la estructura:</u>		
• Proporcione correas de sujeción en todas las fijaciones de soporte colgante con abrazaderas en C. • No utilice pistolas de fijación. • Todos los anclajes para hormigón post-instalados y los insertos de hormigón moldeados in situ deben ser aprobados específicamente para aplicaciones sísmicas.		
<u>Otras recomendaciones</u>		
• No utilice acoplamiento de extremo plano (2 mitades semicirculares, dispositivos sin indicación de par, no homologados por FM). Se pueden utilizar accesorios de extremo plano homologados por FM (1 pieza con tornillos de ajuste con indicación de par) excepto cuando no esté permitido en otra ficha técnica. • Para las tuberías de cobre, siga los requisitos de las tuberías de acero excepto para los arriostramientos laterales y los arriostramientos en cuatro direcciones a una distancia de 7,6 m (25 ft). • No utilice tuberías no metálicas en instalaciones no enterradas. • Proporcionar planes y cálculos que muestren todas las características de protección frente a terremotos del sistema de protección contra incendios.		

Tabla D.1 (continuación). Resumen de las recomendaciones de la ficha técnica 2-8

Recomendaciones de la ficha técnica 2-8 sobre diseño sísmico para depósitos y equipos de protección contra incendios	Secciones
Anclaje (Nota: A continuación, se incluyen únicamente elementos que afectan a la protección contra incendios)	
<u>Falsos techos con rociadores</u>	2.2.1.6
• Arriostre (por ejemplo, con cables de retención de 45° y tirantes de compresión vertical) techos de más de 92,9 m² (1.000 ft²). Arriostre los techos que tengan un área más pequeña que no estén bien contruidos y sujetos por paredes o plafones.	2.2.4 2.2.5 2.2.6
<u>Estanterías de almacenamiento con rociadores intermedios</u>	
• Ancle las estanterías o sujételas firmemente de algún otro modo.	
<u>Grupos de bombeo contra incendios, ancle lo siguiente:</u>	
• Bombas y motores • Cuadros de mando de bombas • Grupos electrógenos de emergencia/conmutador de transferencia que suministra a motores eléctricos de bombas de mantenimiento de presión o contra incendios • Depósitos de combustible • Baterías de arranque	
<u>Depósitos de almacenamiento de agua</u> (consulte las fichas técnicas 3-2, 3-4 y 3-6 para obtener instrucciones adicionales)	
• Proporcione depósitos de aspiración de acero apoyados sobre el suelo que tengan lo siguiente: - Homologación de FM para la zona sísmica de FM Global correspondiente - Anclaje homologado por FM (a menos que se haya diseñado adecuadamente para que se permita su omisión) - Cimentación adecuada • Proporcione depósitos elevados de acuerdo con los requisitos de la ficha técnica 3-2. • Proporcione depósitos flexibles sobre un terraplén de acuerdo con los requisitos de la ficha técnica 3-4. • Proporcione balsas enterradas de acuerdo con los requisitos de la ficha técnica 3-6.	
<u>Debe sujetar asimismo:</u>	
• otros equipos de protección contra incendios (depósitos de espuma, etc.); • los equipos que puedan impactar con las tuberías de los rociadores o el equipo de protección contra incendios.	
Flexibilidad (Nota: Utilice acoplamientos rígidos excepto cuando se requiera flexibilidad, como se indica a continuación)	
<u>Tubería del depósito de agua de protección contra incendios:</u>	2.2.5
• Proporcione un acoplamiento flexible cerca de la pared del depósito. • Proporcione un acoplamiento flexible a no más de 0,6 m (2 ft) de la bomba contra incendios o la entrada al suelo. • En los depósitos de aspiración que no requieran anclaje, salvo que se calcule de otro modo, proporcione a las conexiones de tuberías la flexibilidad adecuada para adaptarse a un desplazamiento horizontal de 50 mm (2 in) en cualquier dirección y a un movimiento vertical ascendente de 100 mm (4 in) en la base del depósito.	2.2.6
<u>Tubería de descarga y aspiración de la bomba contra incendios; proporcione acoplamientos flexibles:</u>	
• en el caso de las tuberías de los rociadores, cuando las bombas estén situadas en un edificio por encima de la planta baja.	
<u>Conexiones de la tubería de combustible</u>	
• Proporcione la flexibilidad adecuada donde las tuberías de combustible se conectan a los depósitos de combustible, los motores de la bomba y los grupos electrógenos de emergencia.	
Espacio libre	
<u>Tuberías de la bomba contra incendios y del depósito; proporcione un orificio o pasamuro a través de paredes/suelos no quebradizos o resistentes al fuego (o acoplamientos flexibles a ambos lados) con un diámetro nominal:</u>	2.2.1.5 2.2.5 2.2.6
• 50 mm (2 in) mayor que la tubería para tuberías de DN25 a DN90 (1 a 3,5 in); • 100 mm (4 in) mayor que la tubería para tuberías a partir de DN100 (4 in).	