tablecidos por la mecánica y la resistencia de materiales. Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas, sismos, vientos, excentricidades de las cargas, torsiones, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales, etc. El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, así como las especificaciones de la presente Norma.

2.2. Los elementos de concreto armado y de concreto ciclópeo satisfarán los requisitos de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, en lo que sea aplicable.

2.3. Las dimensiones y requisitos que se estipulan en esta Norma tienen el carácter de mínimos y no eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción.

2.4. Los planos y especificaciones indicarán las dimensiones y ubicación de todos los elementos estructurales, del acero de refuerzo, de las instalaciones sanitarias y eléctricas en los muros; las precauciones para tener en cuenta la variación de las dimensiones producidas por deformaciones diferidas, contracciones, cambios de temperatura y asentamientos diferenciales; las características de la unidad de albañilería, del mortero, de la albañilería, del concreto, del acero de refuerzo y de todo otro material requerido; las cargas que definen el empleo de la edificación; las juntas de separación sísmica; y, toda otra información para la correcta construcción y posterior utilización de la obra.

2.5. Las construcciones de albañilería podrán clasificarse como «tipo resistente al fuego» siempre y cuando todos los elementos que la conforman cumplan los requisitos de esta Norma, asegurando una resistencia al fuego mínima de cuatro horas para los muros portantes y los muros perimetrales de cierre, y de dos horas para la tabiquería.

2.6. Los tubos para instalaciones secas: eléctricas, telefónicas, etc. sólo se alojarán en los muros cuando los tubos correspondientes tengan como diámetro máximo 55 mm. En estos casos, la colocación de los tubos en los muros se hará en cavidades dejadas durante la construcción de la albañilería que luego se rellenarán con concreto, o en los alvéolos de la unidad de albañilería. En todo caso, los recorridos de las instalaciones serán siempre verticales y por ningún motivo se picará o se recortará el muro para alojarlas.

2.7. Los tubos para instalaciones sanitarias y los tubos con diámetros mayores que 55 mm, tendrán recorridos fuera de los muros portantes o en falsas columnas y se alojarán en ductos especiales, o en muros no portantes.

2.8. Como refuerzo estructural se utilizará barras de acero que presenten comportamiento dúctil con una elongación mínima de 9%. Las cuantías de refuerzo que se presentan en esta Norma están asociadas a un esfuerzo de fluencia $f_y = 412MPa$ $(4200\ Kg/cm^2)$, para otras situaciones se multiplicará la cuantía especificada por $412/f_y(en\ MPa)$ *ó* $4200/f_y$ $(en\ \ kg/cm^2)$.

2.9. Los criterios considerados para la estructuración deberán ser detallados en una memoria descriptiva estructural tomando en cuenta las especificaciones del Capítulo 6

CAPÍTULO 2
DEFINICIONES Y NOMENCLATURA

Artículo 3. DEFINICIONES

3.1. **Albañilería o Mampostería**. Material estructural compuesto por «unidades de albañilería» asentadas con mortero o por «unidades de albañilería» apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

3.2. **Albañilería Armada**. Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.

3.3. **Albañilería Confinada**. Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

3.4. **Albañilería No Reforzada**. Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.

3.5. **Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural**. Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.

3.6. **Altura Efectiva**. Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.

3.7. **Arriostre**. Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.

3.8. **Borde Libre**. Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.

3.9. **Concreto Líquido o Grout**. Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.

3.10. **Columna**. Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.

3.11. **Confinamiento**. Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

3.12. **Construcciones de Albañilería**. Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

3.13. **Espesor Efectivo**. Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

3.14. **Muro Arriostrado**. Muro provisto de elementos de arriostre.

3.15. **Muro de Arriostre.** Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.

3.16. **Muro No Portante**. Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.

3.17. **Muro Portante**. Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

3.18. **Mortero**. Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

3.19. **Placa**. Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

3.20. **Plancha**. Elemento perforado de acero colocado en las hiladas de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.

3.21. **Tabique**. Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.

3.22. **Unidad de Albañilería**. Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.

3.23. **Unidad de Albañilería Alveolar**. Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.

3.24. **Unidad de Albañilería Apilable**: Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.

3.25. **Unidad de Albañilería Hueca**. Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

3.26. **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza)** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

3.27. **Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta)**. Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

3.28. **Viga Solera.** Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

Artículo 4.- NOMENCLATURA

A = área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante.
A_c = área bruta de la sección transversal de una columna de confinamiento.
A_{cf} = área de una columna de confinamiento por corte fricción.
A_n = área del núcleo confinado de una columna descontando los recubrimientos.
A_s = área del acero vertical u horizontal.
A_{sf} = área del acero vertical por corte fricción en una columna de confinamiento.
A_{st} = área del acero vertical por tracción en una columna de confinamiento.
A_v = área de estribos cerrados.
d = peralte de una columna de confinamiento (en la dirección del sismo).
D_b = diámetro de una barra de acero.
e = *espesor bruto de un muro.*
E_c = módulo de elasticidad del concreto.
E_m = módulo de elasticidad de la albañilería.
f'_b = resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
f'_c = resistencia a compresión axial del concreto o del «grout» a los 28 días de edad.
f'_m = resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
f_t = esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
f_y = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.
G_m = módulo de corte de la albañilería.
h = altura de entrepiso o altura del entrepiso agrietado correspondiente a un muro confinado.
I = momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro.
L = longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento (si existiesen).
L_m = longitud del paño mayor en un muro confinado, ó 0,5 L; lo que sea mayor.
L_t = longitud tributaria de un muro transversal al que está en análisis.
M_a = momento flector en un muro obtenido del análisis elástico ante el sismo moderado.
M_n = momento flector en un muro producido por el sismo severo.
N = número de pisos del edificio o número de pisos de un pórtico.
N_c = número total de columnas de confinamiento. $N_c \geq 2$. Ver la Nota 1.
P = peso total del edificio con sobrecarga reducida según se especifica en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
P_{ac} = carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
P_c = carga vertical de servicio en una columna de confinamiento.
P_e = carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
P_m = carga gravitacional máxima de servicio en un muro, metrada con el 100% de sobrecarga.
P_n = carga axial en un muro en condiciones de sismo severo.
P_t = carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal al que está en análisis.
s = separación entre estribos, planchas, o entre refuerzos horizontales o verticales.
S = factor de suelo especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
t = espesor efectivo del muro.
t_n = espesor del núcleo confinado de una columna correspondiente a un muro confinado.
U = factor de uso o importancia, especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
V'_c = fuerza cortante absorbida por una columna de confinamiento ante el sismo severo.
V_e = fuerza cortante en un muro, obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
V_{ei} = fuerza cortante en el entrepiso «i» del edificio producida por el sismo severo.
V_{mi} = fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso «i» de uno de los muros.
V_m = resistencia al corte en el entrepiso «i» de uno de los muros.
v'_m = resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.
Z = factor de zona sísmica especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
δ = factor de confinamiento de la columna por acción de muros transversales.
δ = 1, para columnas de confinamiento con dos muros transversales.
δ = 0,8, para columnas de confinamiento sin muros transversales o con un muro transversal.
ϕ = coeficiente de reducción de resistencia del concreto armado (ver la Nota 2).
ϕ = 0,9 (flexión o tracción pura).
ϕ = 0,85 (corte fricción o tracción combinada con corte-fricción).
ϕ = 0,7 (compresión, cuando se use estribos cerrados).
ϕ = 0,75 (compresión, cuando se use zunchos en la zona confinada).
ρ = cuantía del acero de refuerzo = $A_s/(s.t)$.
σ = esfuerzo axial de servicio actuante en un muro = $P_g/(t.L)$.
σ_m = $P_m/(t.L)$ = esfuerzo axial máximo en un muro.
μ = coeficiente de fricción concreto endurecido – concreto.

Nota 1: En muros confinados de un paño sólo existen columnas extremas ($N_c = 2$); en ese caso: $L_m = L$

Nota 2: El factor «f » para los muros armados se proporciona en el Artículo 28 (28.3).

CAPÍTULO 3
COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA

Artículo 5.- UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

a) Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

b) Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.

c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

d) Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días, que se comprobará de acuerdo a la NTP 399.602.

5.2. CLASIFICACION PARA FINES ESTRUCTURALES

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1.

TABLA
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		f'_b mínimo en MPa (kg/cm²) sobre área bruta
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

5.3. LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

TABLA 2
LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

5.4. PRUEBAS

a) **Muestreo**.- El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

b) Resistencia a la Compresión.- Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_b) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

c) Variación Dimensional.- Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

d) Alabeo.- Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.

e) Absorción.- Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.l613.

5.5. ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD

a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.

b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.

c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.

d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.

f) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.

g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

Artículo 6.- MORTERO

6.1. DEFINICIÓN. El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

6.2. COMPONENTES

a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

- Cemento Portland o cemento adicionado normalizados y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas Correspondientes.

b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

TABLA 3
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.

c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

6.3. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES. Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (ver la Tabla 4).

6.4. PROPORCIONES. Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4

TABLA 4
TIPOS DE MORTERO

COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos.

b) De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2ª) , se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

Artículo 7.- CONCRETO LÍQUIDO O GROUT

7.1. DEFINICIÓN. El concreto líquido o Grout es un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. El concreto líquido o grout se emplea para

rellenar los alvéolos de las unidades de albañilería en la construcción de los muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un sólo conjunto estructural.

Para la elaboración de concreto líquido o grout de albañilería, se tendrá en cuenta las Normas NTP 399.609 y 399.608.

7.2. CLASIFICACIÓN. El concreto líquido o grout se clasifica en fino y en grueso. El grout fino se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos de la unidad de albañilería sea inferior a 60 mm y el grout grueso se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos sea igual o mayor a 60 mm.

7.3. COMPONENTES

a) Los materiales aglomerantes serán:

• Cemento Portland o cemento adicionado normalizados y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas Correspondientes.

b) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 5. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

TABLA 5
GRANULOMETRÍA DEL CONFITILLO

MALLAASTM	% QUE PASA
½ pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
N° 4 (4,75 mm)	10 a 30
N° 8 (2,36 mm)	0 a 10
N° 16 (1,18 mm)	0 a 5

c) El agregado fino será arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 3.

d) El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

7.4. PREPARACIÓN Y FLUIDEZ. Los materiales que componen el grout (ver la Tabla 6) serán batidos mecánicamente con agua potable hasta lograr la consistencia de un líquido uniforme, sin segregación de los agregados, con un revenimiento medido en el Cono de Abrams comprendido entre 225 mm a 275 mm.

TABLA 6
COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DEL CONCRETO LIQUIDO o GROUT

CONCRETO LÍQUIDO	CEMENTO	CAL	ARENA	CONFITILLO
FINO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes	———
GRUESO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los aglomerantes	1 a 2 veces la suma de los aglomerantes

7.5. RESISTENCIA. El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión $f'_c = 13,72MPa\ (140kg/cm^2)$. La resistencia a compresión f'_c será obtenida de acuerdo al NTP 399.623.

Artículo 8.- ACERO DE REFUERZO

8.1. La armadura deberá cumplir con lo establecido en las Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031).

8.2. Sólo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas usadas como refuerzo horizontal. La armadura electrosoldada debe cumplir con la norma de Malla de Alambre de Acero Soldado para Concreto Armado (NTP 350.002).

Artículo 9.- CONCRETO

9.1. El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a $17,15MPa\ (175kg/cm^2)$ y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

CAPÍTULO 4
PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION

Artículo 10.- ESPECIFICACIONES GENERALES

La mano de obra empleada en las construcciones de albañilería será calificada, debiéndose supervisar el cumplimiento de las siguientes exigencias básicas:

10.1. Los muros se construirán a plomo y en línea. No se atentará contra la integridad del muro recién asentado.

10.2. En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm, lo que sea mayor. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será 6 mm más el diámetro de la barra.

10.3. Se mantendrá el temple del mortero mediante el reemplazo del agua que se pueda haber evaporado, por una sola vez. El plazo del retemplado no excederá al de la fragua inicial del cemento.

10.4. Las unidades de albañilería se asentarán con las superficies limpias de polvo y sin agua libre. El asentado se realizará presionando verticalmente las unidades, sin bambolearlas. El tratamiento de las unidades de albañilería previo al asentado será el siguiente:

a) Para concreto y sílico-calcáreo: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.

b) Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm²-min (*).

(*) Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (V1, en cm³) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V2, en cm³) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm², se obtiene como: $\text{SUCCION} = 200\ (\text{V1} - \text{V2})/\text{A}$, expresada en gr/200 cm² - min, donde «A» es el área bruta (en cm²) de la superficie de asiento de la unidad.

10.5. Para el asentado de la primera hilada, la superficie de concreto que servirá de asiento (losa o sobrecimiento según sea el caso), se preparará con anterioridad de forma que quede rugosa; luego se limpiará de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada.

10.6. No se asentará más de 1,30 m de altura de muro en una jornada de trabajo. En el caso de emplearse unidades totalmente sólidas (sin perforaciones), la primera jornada de trabajo culminará sin llenar la junta vertical de la primera hilada, este llenado se realizará al iniciarse la segunda jornada. En el caso de la albañilería con unidades apilables, se podrá levantar el muro en su altura total y en la misma jornada deberá colocarse el concreto líquido.

10.7. Las juntas de construcción entre jornadas de trabajos estarán limpias de partículas sueltas y serán previamente humedecidas.

10.8. El tipo de aparejo a utilizar será de soga, cabeza o el amarre americano, traslapándose las unidades entre las hiladas consecutivas.

10.9. El procedimiento de colocación y consolidación del concreto líquido dentro de las celdas de las unidades,

como en los elementos de concreto armado, deberá garantizar la ocupación total del espacio y la ausencia de cangrejeras. No se permitirá el vibrado de las varillas de refuerzo.

10.10. Las vigas peraltadas serán vaciadas de una sola vez en conjunto con la losa de techo.

10.11. Las instalaciones se colocarán de acuerdo a lo indicado en los Artículos 2 (2.6 y 2.7).

Artículo 11.- ALBAÑILERIA CONFINADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:

11.1. Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3).

11.2. La conexión columna-albañilería podrá ser dentada o a ras:

a) En el caso de emplearse una conexión dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 5 cm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento.

b) En el caso de emplearse una conexión a ras, deberá adicionarse «chicotes» o «mechas» de anclaje (salvo que exista refuerzo horizontal continuo) compuestos por varillas de 6 mm de diámetro, que penetren por lo menos 40 cm al interior de la albañilería y 12,5 cm al interior de la columna más un doblez vertical a 90º de 10 cm; la cuantía a utilizar será 0,001 (ver el Artículo 2 (2.8).

11.3. El refuerzo horizontal, cuando sea requerido, será continuo y anclará en las columnas de confinamiento 12,5 cm con gancho vertical a 90º de 10 cm.

11.4. Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135º, pudiéndose emplear estribos con ¾ de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180º doblado en el refuerzo vertical.

11.5. Los traslapes del refuerzo horizontal o vertical tendrán una longitud igual a 45 veces el mayor diámetro de la barra traslapada. No se permitirá el traslape del refuerzo vertical en el primer entrepiso, tampoco en las zonas confinadas ubicadas en los extremos de soleras y columnas.

11.6. El concreto deberá tener una resistencia a compresión (f'_c) mayor o igual a $17{,}15 MPa$ $(175 kg/cm^2)$. La mezcla deberá ser fluida, con un revenimiento del orden de 12,7 cm (5 pulgadas) medida en el cono de Abrams. En las columnas de poca dimensión, utilizadas como confinamiento de los muros en aparejo de soga, el tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 1,27 cm (½ pulgada).

11.7. El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería; este concreto empezará desde el borde superior del cimiento, no del sobrecimiento.

11.8. Las juntas de construcción entre elementos de concreto serán rugosas, humedecidas y libre de partículas sueltas.

11.9. La parte recta de la longitud de anclaje del refuerzo vertical deberá penetrar al interior de la viga solera o cimentación; no se permitirá montar su doblez directamente sobre la última hilada del muro.

11.10. El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será 2 cm cuando los muros son tarrajeados y 3 cm cuando son caravista.

Artículo 12.- ALBAÑILERIA ARMADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:

12.1. Los empalmes del refuerzo vertical podrán ser por traslape, por soldadura o por medios mecánicos.

a) Los empalmes por traslape serán de 60 veces el diámetro de la barra.

b) Los empalmes por soldadura sólo se permitirán en barras de acero ASTM A706 (soldables), en este caso la soldadura seguirá las especificaciones dadas por AWS.

c) Los empalmes por medios mecánicos se harán con dispositivos que hayan demostrado mediante ensayos que la resistencia a tracción del empalme es por lo menos 125% de la resistencia de la barra.

d) En muros cuyo diseño contemple la formación de rótulas plásticas, las barras verticales deben ser preferentemente continuas en el primer piso empalmándose recién en el segundo piso (*). Cuando no sea posible evitar el empalme, éste podrá hacerse por soldadura, por medios mecánicos o por traslape; en el último caso, la longitud de empalme será de 60 veces el diámetro de la barra y 90 veces el diámetro de la barra en forma alternada.

(*) *Una técnica que permite facilitar la construcción empleando refuerzo vertical continuo en el primer piso, consiste en utilizar unidades de albañilería recortadas en forma de H, con lo cual además, las juntas verticales quedan completamente llenas con grout.*

12.2. El refuerzo horizontal debe ser continuo y anclado en los extremos con doblez vertical de 10 cm en la celda extrema.

12.3. Las varillas verticales deberán penetrar, sin doblarlas, en el interior de los alvéolos de las unidades correspondientes.

12.4. Para asegurar buena adhesión entre el concreto líquido y el concreto de asiento de la primera hilada, las celdas deben quedar totalmente libres de polvo o restos de mortero proveniente del proceso de asentado; para el efecto los bloques de la primera hilada tendrán ventanas de limpieza. Para el caso de muros totalmente llenos, las ventanas se abrirán en todas las celdas de la primera hilada; en el caso de muros parcialmente rellenos, las ventanas se abrirán solo en las celdas que alojen refuerzo vertical. En el interior de estas ventanas se colocará algún elemento no absorbente que permita la limpieza final.

12.5. Para el caso de la albañilería parcialmente rellena, los bloques vacíos correspondientes a la última hilada serán taponados a media altura antes de asentarlos, de tal manera que por la parte vacía del alvéolo penetre el concreto de la viga solera o de la losa del techo formando llaves de corte que permitan transferir las fuerzas sísmicas desde la losa hacia los muros. En estos muros, el refuerzo horizontal no atravesará los alvéolos vacíos, sino que se colocará en el mortero correspondiente a las juntas horizontales.

12.6. Para el caso de unidades apilables no son necesarias las ventanas de limpieza; la limpieza de la superficie de asiento se realizará antes de asentar la primera hilada.

12.7. Antes de encofrar las ventanas de limpieza, los alvéolos se limpiarán preferentemente con aire comprimido y las celdas serán humedecidas interiormente regándolas con agua, evitando que esta quede empozada en la base del muro.

12.8. El concreto líquido o grout se vaciará en dos etapas. En la primera etapa se vaciará hasta alcanzar una altura igual a la mitad del entrepiso, compactándolo en diversas capas, transcurrido 5 minutos desde la compactación de la última capa, la mezcla será recompactada. Transcurrida media hora, se vaciará la segunda mitad del entrepiso, compactándolo hasta que su borde superior esté por debajo de la mitad de la altura correspondiente a la última hilada, de manera que el concreto de la losa del techo, o de la viga solera, forme llaves de corte con el muro. Esta segunda mitad también se deberá recompactar. Debe evitarse el vibrado de las armaduras para no destruir la adherencia con el grout de relleno.

12.9. Los alvéolos de la unidad de albañilería tendrán un diámetro o dimensión mínima igual a 5 cm por cada barra vertical que contengan, o 4 veces el mayor diámetro de la barra por el número de barras alojadas en el alvéolo, lo que sea mayor.

12.10. El espesor del grout que rodea las armaduras será 1½ veces el diámetro de la barra y no deberá ser menor de 1 cm a fin de proporcionarle un recubrimiento adecuado a la barra.

12.11. En el caso que se utilice planchas perforadas de acero estructural en los talones libres del muro, primero se colocarán las planchas sobre una capa delgada de mortero presionándolas de manera que el mortero penetre por los orificios de la plancha; posteriormente, se aplicará la siguiente capa de mortero sobre la cual se asentará la unidad inmediata superior. Para el caso de albañilería con unidades apilables las planchas se colocarán adheridas con apóxico a la superficie inferior de la unidad

12.12. En el caso que se utilice como refuerzo horizontal una malla electrosoldada con forma de escalerilla,

el espaciamiento de los escalones deberá estar modulado de manera que coincidan con la junta vertical o con la pared transversal intermedia del bloque, de manera que siempre queden protegidas por mortero. Las escalerillas podrán usarse como confinamiento del muro sólo cuando el espaciamiento de los escalones coincidan con la mitad de la longitud nominal de la unidad.

CAPÍTULO 5
RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

Artículo 13.- ESPECIFICACIONES GENERALES

13.1. La resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_m) y a corte (v_m) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 7.

TABLA 7
MÉTODOS PARA DETERMINAR f'_m y v'_m

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
(f'_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(v'_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.
B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

13.2. Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería f'_m y v_m deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especimenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y v_m con tres muretes por cada 1000 m² de área techada.
b) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y v_m con tres muretes por cada 500 m² de área techada.

13.3. Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.
13.4. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares que irán llenas con concreto líquido, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes se llenarán con concreto líquido. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes quedarán vacíos.
13.5. Los prismas tendrán un refrentado de cementoyeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.
13.6. Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 8.

TABLA 8
INCREMENTO DE f'_m y v'_m POR EDAD

	Edad	14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

13.7. La resistencia característica f'_m en pilas y v'_m en muretes (ver Artículo 13 (13.2)) se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

13.8. El valor de v'_m para diseño no será mayor de $0{,}319\sqrt{f'_m}\ MPa\ \left(\sqrt{f'_m}\ Kg/cm^2\right)$

13.9. En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 9, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

TABLA 9 (**)
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm²)

Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(**) El valor f'_b se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f'_c = 13{,}72\ MPa\ (140\ kg/cm^2)$. El valor f'_m ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

TABLA 10
FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ

Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

CAPÍTULO 6
ESTRUCTURACIÓN

Las especificaciones de este Capítulo se aplicarán tanto a la albañilería confinada como a la albañilería armada.

Artículo 14.- ESTRUCTURA CON DIAFRAGMA RÍGIDO

14.1. Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en los que las losas de piso, el techo y la cimentación, actúen como elementos que integran a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.
14.2. Podrá considerarse que el diafragma es rígido cuando la relación entre sus lados no excede de 4. Se deberá considerar y evaluar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa.
14.3. Los diafragmas deben tener una conexión firme y permanente con todos los muros para asegurar que cumplan con la función de distribuir las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y servirles, además, como arriostres horizontales.
14.4. Los diafragmas deben distribuir la carga de gravedad sobre todos los muros que componen a la edificación, con los objetivos principales de incrementarles su ductilidad y su resistencia al corte, en consecuencia, es recomendable el uso de losas macizas o aligeradas armadas en dos direcciones. Es posible el uso de losas unidireccionales siempre y cuando los esfuerzos axiales en los muros no excedan del valor indicado en el Artículo 19 (19.1.b).

14.5. Los diafragmas formados por elementos prefabricados deben tener conexiones que permitan conformar, de manera permanente, un sistema rígido que cumpla las funciones indicadas en los Artículos 14 (14.1 y 14.2).
14.6. La cimentación debe constituir el primer diafragma rígido en la base de los muros y deberá tener la rigidez necesaria para evitar que asentamientos diferenciales produzcan daños en los muros.

Artículo 15.- CONFIGURACIÓN DEL EDIFICIO
El sistema estructural de las edificaciones de albañilería estará compuesto por muros dúctiles dispuestos en las direcciones principales del edificio, integrados por los diafragmas especificados en el Artículo 14 y arriostrados según se indica en el Artículo 18.
La configuración de los edificios con diafragma rígido debe tender a lograr:

15.1. Plantas simples y regulares. Las plantas con formas de L, T, etc., deberán ser evitadas o, en todo caso, se dividirán en formas simples.
15.2. Simetría en la distribución de masas y en la disposición de los muros en planta, de manera que se logre una razonable simetría en la rigidez lateral de cada piso y se cumpla las restricciones por torsión especificadas en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
15.3. Proporciones entre las dimensiones mayor y menor, que en planta estén comprendidas entre 1 a 4, y en elevación sea menor que 4.
15.4. Regularidad en planta y elevación, evitando cambios bruscos de rigideces, masas y discontinuidades en la transmisión de las fuerzas de gravedad y horizontales a través de los muros hacia la cimentación.
15.5. Densidad de muros similares en las dos direcciones principales de la edificación. Cuando en cualquiera de las direcciones no exista el área suficiente de muros para satisfacer los requisitos del Artículo 19 (19.2b), se deberá suplir la deficiencia mediante pórticos, muros de concreto armado o la combinación de ambos.
15.6. Vigas dinteles preferentemente peraltadas (hasta 60 cm) para el caso en que el edificio se encuentre estructurado por muros confinados, y con un peralte igual al espesor de la losa del piso para el caso en que el edificio esté estructurado por muros armados (*).

(*) *Este acápite está relacionado con el método de diseño que se propone en el Capítulo 9, donde para los muros confinados se acepta la falla por corte, mientras que en los muros armados se busca la falla por flexión.*

15.7.Cercos y alféizares de ventanas aislados de la estructura principal, debiéndoseles diseñar ante acciones perpendiculares a su plano, según se indica en el Capítulo 10.

Artículo 16.- OTRAS CONFIGURACIONES
Si el edificio no cumple con lo estipulado en el Artículo 15, se deberá contemplar lo siguiente:

16.1. Las edificaciones sin diafragmas rígidos horizontales deben limitarse a un piso; asimismo, es aceptable obviar el diafragma en el último nivel de las edificaciones de varios pisos. Para ambos casos, los muros trabajarán fundamentalmente a fuerzas laterales perpendiculares al plano, y deberán arriostrarse transversalmente con columnas de amarre o muros ortogonales y mediante vigas soleras continuas.
16.2. De existir reducciones importantes en planta, u otras irregularidades en el edificio, deberá efectuarse el análisis dinámico especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.
16.3. De no aislarse adecuadamente los alféizares y tabiques de la estructura principal, se deberán contemplar sus efectos en el análisis y en el diseño estructural.

Artículo 17.- MUROS PORTANTES
Los muros portantes deberán tener:

a) Una sección transversal preferentemente simétrica.
b) Continuidad vertical hasta la cimentación.
c) Una longitud mayor ó igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.
d) Longitudes preferentemente uniformes en cada dirección.
e) Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en los siguientes sitios:

• En cambios de espesor en la longitud del muro, para el caso de Albañilería Armada
• En donde haya juntas de control en la cimentación, en las losas y techos.
• En alféizar de ventanas o cambios de sección apreciable en un mismo piso.

f) La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla.
g) Arriostre según se especifica en el Artículo 18

Artículo 18.- ARRIOSTRES

18.1. Los muros portantes y no portantes, de albañilería simple o albañilería confinada, serán arriostrados por elementos verticales u horizontales tales como muros transversales, columnas, soleras y diafragmas rígidos de piso.
18.2. Los arriostres se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerando a éste como si fuese una losa sujeta a fuerzas perpendiculares a su plano (Capítulo 10).
18.3. Un muro se considerará arriostrado cuando:

a) El amarre o anclaje entre el muro y sus arriostres garantice la adecuada transferencia de esfuerzos.
b) Los arriostres tengan la suficiente resistencia y estabilidad que permita transmitir las fuerzas actuantes a los elementos estructurales adyacentes o al suelo.
c) Al emplearse los techos para su estabilidad lateral, se tomen precauciones para que las fuerzas laterales que actúan en estos techos sean transferidas al suelo.
d) El muro de albañilería armada esté diseñado para resistir las fuerzas normales a su plano.

CAPÍTULO 7
REQUISITOS ESTRUCTURALES MÍNIMOS

Artículo 19.- REQUISITOS GENERALES
Esta Sección será aplicada tanto a los edificios compuestos por muros de albañilería armada como confinada.

19.1. MURO PORTANTE

a) Espesor Efectivo «t». El espesor efectivo (ver Artículo 3 (3.13)) mínimo será:

$t \geq \frac{h}{20}$ Para las Zonas Sísmicas 2 y 3 (19.1a)

$t \geq \frac{h}{25}$ Para la Zona Sísmica 1

Donde «h» es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver Artículo 3 (3.6)).

b) Esfuerzo Axial Máximo. El esfuerzo axial máximo (σ_m) producido por la carga de gravedad máxima de servicio (P_m), incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L\,t} \leq 0{,}2\ f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2\right] \leq 0{,}15 f'_m \quad (19.1b)$$

Donde «L» es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados). De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería (f'_m), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial «P_m» (*).

(*) La carga axial actuante en un muro puede reducirse, por ejemplo, utilizando losas de techo macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.

c) Aplastamiento. Cuando existan cargas de gravedad concentradas que actúen en el plano de la albañilería, el esfuerzo axial de servicio producido por dicha carga no deberá sobrepasar a 0,375 f_m. En estos casos, para determinar el área de compresión se considerará un ancho efectivo igual al ancho sobre el cual actúa la carga concentrada más dos veces el espesor efectivo del muro medido a cada lado de la carga concentrada.

19.2. ESTRUCTURACIÓN EN PLANTA

a) Muros a Reforzar. En las Zonas Sísmicas 2 y 3 (ver la NTE E.030 Diseño Sismorresistente) se reforzará cualquier muro portante (ver Artículo 17) que lleve el 10% ó más de la fuerza sísmica, y a los muros perimetrales de cierre. En la Zona Sísmica 1 se reforzarán como mínimo los muros perimetrales de cierre.

b) Densidad Mínima de Muros Reforzados. La densidad mínima de muros portantes (ver Artículo 17) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Area de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Area de la Planta Típica}} = \frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} \qquad (19.2b)$$

Donde: «Z», «U» y «S» corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

«N» es el número de pisos del edificio;
«L» es la longitud total del muro (incluyendo columnas, sí existiesen); y,
«t» es el espesor efectivo del muro

De no cumplirse la expresión (Artículo 19 (19.2b)), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación , donde y son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

Artículo 20.- ALBAÑILERIA CONFINADA

Adicionalmente a los requisitos especificados en Artículo 19, deberá cumplirse lo siguiente:

20.1. Se considerará como muro portante confinado, aquél que cumpla las siguientes condiciones:

a) Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.

b) Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5 m. De cumplirse esta condición, así como de emplearse el espesor mínimo especificado en el Artículo 19.1.a, la albañilería no necesitará ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de la carga vertical (ver el Capítulo 10).

c) Que se utilice unidades de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3).

d) Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción. Ver NTE E.060 Concreto Armado y Artículo 11 (11.5).

e) Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería. Ver Artículo 11 (11.2 y 11.7).

f) Que se utilice en los elementos de confinamiento, concreto con $f_c \geq 17{,}15MPa$ $(175\ kg/cm^2)$.

20.2. Se asumirá que el paño de albañilería simple (sin armadura interior) no soporta acciones de punzonamiento causadas por cargas concentradas. Ver Artículo 29 (29.2).

20.3. El espesor mínimo de las columnas y solera será igual al espesor efectivo del muro.

20.4. El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.

20.5. El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 15 cm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo (ver Articulo 11.10).

20.6. Cuando se utilice refuerzo horizontal en los muros confinados, las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,50 cm y terminarán en gancho a 90°, vertical de 10 cm de longitud.

Artículo 21.- ALBAÑILERIA ARMADA

Adicionalmente a los requisitos indicados en el Artículo 19, se cumplirá lo siguiente:

21.1. Para dar cumplimiento al requisito en el Artículo 19.2.b, los muros reforzados deberán ser rellenados con grout total o parcialmente en sus alvéolos, de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3). El concreto líquido debe cumplir con los requisitos de esta Norma, con resistencia a compresión $f_c \geq 13{,}72MPa$ $(140\ kg/cm^2)$. Ver el Artículo 7 (7.5) y Artículo 12 (12.6).

21.2. Los muros portantes no comprendidos en el Artículo 21 (21.1) y los muros portantes en edificaciones de la Zona Sísmica 1, así como los tabiques, parapetos, podrán ser hechos de albañilería parcialmente rellena en sus alvéolos. Ver el Artículo 12 (12.5).

21.3. Todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollarán plena capacidad a la tracción. Ver el Artículo 12 (12.1 y 12.2).

21.4. La cimentación será hecha de concreto simple o reforzado, con un peralte tal que permita anclar la parte recta del refuerzo vertical en tracción más el recubrimiento respectivo.

CAPÍTULO 8
ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Artículo 22.- DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma se utilizará las siguientes definiciones:

a) **SISMO SEVERO**. Es aquél proporcionado por la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, empleando un coeficiente de reducción de la solicitación sísmica R = 3.

b) **SISMO MODERADO**. Es aquél que proporciona fuerzas de inercia equivalentes a la mitad de los valores producidos por el «sismo severo».

Artículo 23.- CONSIDERACIONES GENERALES

23.1. La Norma establece que el diseño de los muros cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico, proveyendo suficiente ductilidad y control de la degradación de resistencia y rigidez. El diseño es por el método de resistencia, con criterios de desempeño. El diseño está orientado, en consecuencia, a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado) y a proveer la necesaria resistencia para soportar el sismo severo, conduciendo el tipo de falla y limitando la degradación de resistencia y rigidez con el propósito de limitar el nivel de daños en los muros, de manera que éstos sean económicamente reparables mediante procedimientos sencillos.

23.2. Para los propósitos de esta Norma, se establece los siguientes considerandos:

a) El «sismo moderado» no debe producir la fisuración de ningún muro portante.

b) Los elementos de acoplamiento entre muros deben funcionar como una primera línea de resistencia sísmica, disipando energía antes de que fallen los muros de albañilería, por lo que esos elementos deberán conducirse hacia una falla dúctil por flexión.

c) El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del «sismo severo» se fija en 1/200, para permitir que el muro sea reparable pasado el evento sísmico.

d) Los muros deben ser diseñados por capacidad de tal modo que puedan soportar la carga asociada a su incursión inelástica, y que proporcionen al edificio una resistencia a corte mayor o igual que la carga producida por el «sismo severo».

e) Se asume que la forma de falla de los muros confinados ante la acción del «sismo severo» será por corte, independientemente de su esbeltez.

f) La forma de falla de los muros armados es dependiente de su esbeltez. Los procedimientos de diseño indicados en el Artículo 28 tienden a orientar el comportamiento de los muros hacia una falla por flexión, con la formación de rótulas plásticas en su parte baja.

Artículo 24.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL

24.1. El análisis estructural de los edificios de albañilería se realizará por métodos elásticos teniendo en cuenta los efectos causados por las cargas muertas, las cargas vivas y el sismo. La carga gravitacional para cada muro podrá ser obtenida por cualquier método racional.

24.2. La determinación del cortante basal y su distribución en elevación, se hará de acuerdo a lo indicado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

24.3. El análisis considerará las características del diafragma que forman las losas de techo; se deberá considerar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y las discontinuidades en la losa.

24.4. El análisis considerará la participación de aquellos muros no portantes que no hayan sido aislados de la estructura principal. Cuando los muros se construyan integralmente con el alféizar, el efecto de éste deberá considerarse en el análisis.

24.5. La distribución de la fuerza cortante en planta se hará teniendo en cuenta las torsiones existentes y reglamentarias. La rigidez de cada muro podrá determinarse suponiéndolo en voladizo cuando no existan vigas de acoplamiento, y se considerará acoplado cuando existan vigas de acoplamiento diseñadas para comportarse dúctilmente.

24.6. Para el cálculo de la rigidez de los muros, se agregará a su sección transversal el 25% de la sección transversal de aquellos muros que concurran ortogonalmente al muro en análisis ó 6 veces su espesor, lo que sea mayor. Cuando un muro transversal concurra a dos muros, su contribución a cada muro no excederá de la mitad de su longitud. La rigidez lateral de un muro confinado deberá evaluarse transformando el concreto de sus columnas de confinamiento en área equivalente de albañilería, multiplicando su espesor real por la relación de módulos de elasticidad E_c / E_m; el centroide de dicha área equivalente coincidirá con el de la columna de confinamiento.

24.7. El módulo de elasticidad (E_m) y el módulo de corte (G_m) para la albañilería se considerará como sigue:

- Unidades de arcilla: $E_m = 500 f'_m$
- Unidades Sílico-calcáreas: $E_m = 600 f'_m$
- Unidades de concreto vibrado: $E_m = 700 f'_m$
- Para todo tipo de unidad de albañilería: $G_m = 0{,}4 E_m$

Opcionalmente, los valores de «E_m» y «G_m» podrán calcularse experimentalmente según se especifica en el Artículo 13.

24.8. El módulo de elasticidad (E_c) y el módulo de corte (G_c) para el concreto serán los indicados en la NTE E.060 Concreto Armado.

24.9. El módulo de elasticidad para el acero (E_s) se considerará igual a $196\,000\ MPa\ (2\,000\,000\ kg/cm^2)$

Artículo 25.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

25.1. Requisitos Generales

a) Todos los elementos de concreto armado del edificio, con excepción de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería, serán diseñados por resistencia última, asegurando que su falla sea por un mecanismo de flexión y no de corte.

El diseño se hará para la combinación de fuerzas gravitacionales y las fuerzas debidas al «sismo moderado», utilizando los factores de amplificación de carga y de reducción de resistencia (ϕ) especificados en la NTE E.060 Concreto Armado. La cimentación será dimensionada bajo condiciones de servicio para los esfuerzos admisibles del suelo y se diseñará a rotura.

b) Los elementos de confinamiento serán diseñados de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 27 (27.2) de esta Norma.

Artículo 26.- DISEÑO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA

26.1. Requisitos Generales

a) Para el diseño de los muros confinados ante acciones coplanares, podrá suponerse que los muros son de sección rectangular ($t.L$). Cuando se presenten muros que se intercepten perpendicularmente, se tomará como elemento de refuerzo vertical común a ambos muros (sección transversal de columnas, refuerzos verticales, etc.) en el punto de intersección, al mayor elemento de refuerzo proveniente del diseño independiente de ambos muros.

b) Para el diseño por flexo compresión de los muros armados que tengan continuidad en sus extremos con muros transversales, podrá considerarse la contribución de las alas de acuerdo a lo indicado en 8.3.6. Para el diseño a corte se considerará que la sección es rectangular, despreciando la contribución de los muros transversales.

26.2. Control de Fisuración

a) Esta disposición tiene por propósito evitar que los muros se fisuren ante los sismos moderados, que son los más frecuentes. Para el efecto se considerarán las fuerzas cortantes producidas por el sismo moderado.

b) Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que en cada entrepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte:

$$V_e \le 0{,}55 V_m = Fuerza\ Cortante\ Admisible \qquad (26.2)$$

donde: «Ve» es la fuerza cortante producida por el «sismo moderado» en el muro en análisis y «V_m» es la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería (ver Artículo 26 (26.3)).

26.3. Resistencia al Agrietamiento Diagonal

a) La resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones:

Unidades de Arcilla y de Concreto:

$$V_m = 0{,}5\ v'_m\ .\ \alpha\ .\ t\ .\ L + 0{,}23\ P_g$$

Unidades Sílico-calcáreas:

$$V_m = 0{,}35\ v'_m\ .\ \alpha\ .\ t\ .\ L + 0{,}23\ P_g$$

donde:

v'_m = resistencia característica a corte de la albañilería (ver Artículos 13 (13.8 y 13.9)).
Pg = carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida (NTE E.030 Diseño Sismorresistente)
t = espesor efectivo del muro (ver Artículo 3 (3.13))
L = longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)
α = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \le \alpha = \frac{V_e . L}{M_e} \le 1 \qquad (26.3)$$

donde: «V_e» es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico; y,
«M_e» es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

26.4. Verificación de la resistencia al corte del edificio

a) Con el objeto de proporcionar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso «i» y en cada dirección principal del edificio, se deberá cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo, es decir que:

$$\sum V_{mi} \ge V_{Ei} \qquad (26.4)$$

b) La sumatoria de resistencias al corte ($\sum V_{mi}$) incluirá sólo el aporte de los muros reforzados (confinados o armados) y el aporte de los muros de concreto armado,

sin considerar en este caso la contribución del refuerzo horizontal.

c) El valor «V_{Ei}» corresponde a la fuerza cortante actuante en el entrepiso «i» del edificio, producida por el «sismo severo».

d) Cumplida la expresión $\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$ por los muros portantes de carga sísmica, el resto de muros que componen al edificio podrán ser no reforzados para la acción sísmica coplanar.

e) Cuando $\sum V_{mi}$ en cada entrepiso sea mayor o igual a $3\ V_{Ei}$, se considerará que el edificio se comporta elásticamente. Bajo esa condición, se empleará refuerzo mínimo, capaz de funcionar como arriostres y de soportar las acciones perpendiculares al plano de la albañilería (ver el Capítulo 9). En este paso culminará el diseño de estos edificios ante cargas sísmicas coplanares.

26.5. Diseño para cargas ortogonales al plano del muro

a) El diseño para fuerzas ortogonales al plano del muro se hará de acuerdo a lo indicado en el Capítulo 9.

26.6. Diseño para fuerzas coplanares de flexo compresión

a) El diseño para fuerzas en el plano del muro se hará de acuerdo al Artículo 27 para muros de albañilería confinada y al artículo 28 para muros de albañilería armada.

Artículo 27.- ALBAÑILERÍA CONFINADA

a) Las previsiones contenidas en este acápite aplican para edificaciones hasta de cinco pisos o 15 m de altura.

b) Para este tipo de edificaciones se ha supuesto que la falla final se produce por fuerza cortante en los entrepisos bajos del edificio. El diseño de los muros debe orientarse a evitar fallas frágiles y a mantener la integración entre el panel de albañilería y los confinamientos verticales, evitando el vaciamiento de la albañilería; para tal efecto el diseño debe comprender:

- la verificación de la necesidad de refuerzo horizontal en el muro;
- la verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores; y,
- el diseño de los confinamientos para la combinación de fuerzas de corte, compresión o tracción y corte fricción.

c) Las fuerzas internas para el diseño de los muros en cada entrepiso «i» serán las del «sismo severo» (V_{ui}, M_{ui}), y se obtendrán amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el «sismo moderado» (Vei, M_{ei}) por la relación cortante de agrietamiento diagonal (V_{m1}) entre cortante producido por el «sismo moderado» (V_{e1}), ambos en el primer piso. El factor de amplificación no deberá ser menor que dos ni mayor que tres: $2 \leq V_{m1}/V_{e1} \leq 3$

$$V_{ui} = V_{ei}\frac{V_{m1}}{V_{e1}} \qquad M_{ui} = M_{ei}\frac{V_{m1}}{V_{e1}} \qquad (27c)$$

27.1. Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

a) Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte ($V_u \geq V_m$), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga, $\sigma_m = P_m/(L.t)$, mayor o igual que $0{,}05\ f'_m$, deberá llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.

b) En los edificios de más de tres pisos, todos los muros portantes del primer nivel serán reforzados horizontalmente.

c) La cuantía del acero de refuerzo horizontal será: $\rho = A_s/(s.t) \geq 0{,}001$. Las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,5 cm y terminarán con gancho a 90º vertical de 10 cm de longitud.

27.2. Verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores

a) En cada entrepiso superior al primero , deberá verificarse para cada muro confinado que: $V_{mi} > V_{ui}$

De no cumplirse esta condición, el entrepiso «i» también se agrietará y sus confinamientos deberán ser diseñados para soportar «V_{mi}», en forma similar al primer entrepiso.

27.3. Diseño de los elementos de confinamiento de los muros del primer piso y de los muros agrietados de pisos superiores

a) Diseño de las columnas de confinamiento

• Las fuerzas internas en las columnas se obtendrán aplicando las expresiones de la Tabla 11.

TABLA 11
FUERZAS INTERNAS EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO

COLUMNA	V_c (fuerza cortante)	T (tracción)	C (compresión)
Interior	$\frac{V_{m1}.L_m}{L(N_c+1)}$	$V_{m1}\frac{h}{L} - P_c$	$P_c - \frac{V_{m1}.h}{2L}$
Extrema	$1{,}5\frac{V_{m1}.L_m}{L(N_c+1)}$	$F - P_c$	$P_c + F$

Donde:

$M = M_{\mu 1} - 1/2\ V_{m1}.h$ («h» es la altura del primer piso).

$F = M/L$ = fuerza axial en las columnas extremas producidas por «M».

N_c = número de columnas de confinamiento (en muros de un paño $N_c = 2$)

L_m = longitud del paño mayor ó 0,5 L, lo que sea mayor (en muros de un paño $L_m = L$)

P_c = es la sumatoria de las cargas gravitacionales siguientes: carga vertical directa sobre la columna de confinamiento; mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna; y, carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria indicada en el Artículo 24 (24.6).

a.1. Determinación de la sección de concreto de la columna de confinamiento

• El área de la sección de las columnas será la mayor de las que proporcione el diseño por compresión o el diseño por corte fricción, pero no menor que 15 veces el espesor de la columna (15 t) en cm^2.

Diseño por compresión

• El área de la sección de concreto se calculará asumiendo que la columna está arriostrada en su longitud por el panel de albañilería al que confina y por los muros transversales de ser el caso. El área del núcleo (A_n) bordeado por los estribos se obtendrá mediante la expresión:

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s f_y}{0{,}85\delta f'_c} \qquad (27.3\text{-a.1})$$

donde:

ϕ = 0,7 o 0,75, segœn se utilice estribos cerrados o zunchos, respectivamente

δ = 0,8, para columnas sin muros transversales

δ = 1, para columnas confinadas por muros transversales

• Para calcular la sección transversal de la columna (A_c), deberá agregarse los recubrimientos (ver Artículo 11 (11.10)) al área del núcleo «A_n»; el resultado no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción «A_{cf}». Adicionalmente, en los casos que la viga solera se discontinúe, el peralte de la columna deberá ser suficiente como para anclar al refuerzo longitudinal existente en la solera.

Diseño por corte fricción (V_c)

• La sección transversal (A_{cf}) de las columnas de confinamiento se diseñará para soportar la acción de corte fricción, con la expresión siguiente:

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0{,}2 f_c' \phi} \geq A_c \geq 15t(cm^2) \qquad \text{(27.3.3-a.1')}$$

donde: $f = 0{,}85$

a.2. Determinación del refuerzo vertical

• El refuerzo vertical a colocar en las columnas de confinamiento será capaz de soportar la acción combinada de corte-fricción y tracción; adicionalmente, desarrollará por lo menos una tracción igual a la capacidad resistente a tracción del concreto y como mínimo se colocarán 4 varillas para formar un núcleo confinado. El refuerzo vertical (A_s) será la suma del refuerzo requerido por corte-fricción y el refuerzo requerido por tracción (A_{st}):

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y . \mu . \phi} \qquad A_{st} = \frac{T}{f_y \phi} \qquad \text{(27.3.a.2)}$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0{,}1 f_c' A_c}{f_y} ...(mínimo: 4\phi 8mm)$$

donde:El factor de reducción de resistencia es $f = 0{,}85$
El coeficiente de fricción es: $\mu = 0{,}8$ para juntas sin tratamiento y $\mu = 1{,}0$ para juntas en la que se haya eliminado la lechada de cemento *y sea intencionalmente rugosa.*

a.3. Determinación de los estribos de confinamiento

• Los estribos de las columnas de confinamiento podrán ser ya sea estribos cerrados con gancho a 135º, estribos de 1 ¾ de vuelta o zunchos con ganchos a 180º. En los extremos de las columnas, en una altura no menor de 45 cm o 1,5 d (por debajo o encima de la solera, dintel o sobrecimiento), deberá colocarse el menor de los siguientes espaciamientos (s) entre estribos:

$$s_1 = \frac{A_v f_y}{0{,}3 t_n . f_c' (A_c / A_n - 1)} \qquad s_2 = \frac{A_v . f_y}{0{,}12 t_n . f_c'} \qquad \text{(27.3.a.3)}$$

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 5\,cm \qquad s_4 = 10cm$$

Donde «d » es el peralte de la columna, «t_n» es el espesor del núcleo confinado y «A_v» es la suma de las ramas paralelas del estribo.

• El confinamiento mínimo con estribos será [] 6mm, 1 @ 5, 4@ 10, r @ 25 cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm en el sobrecimiento.

b) Diseño de las vigas soleras correspondientes al primer nivel

• La solera se diseñará a tracción pura para soportar una fuerza igual a T_s:

$$T_s = V_{m1} \frac{L_m}{2L};$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0{,}1 f_c' A_{cs}}{f_y} ...(mínimo: 4\phi 8mm) \qquad \text{(27.3.b)}$$

donde: $\phi = 0{,}9$
A_{cs} = *área de la sección transversal de la solera*

• El área de la sección transversal de la solera (A_{cs}) será suficiente para alojar el refuerzo longitudinal (A_s), pudiéndose emplear vigas chatas con un peralte igual al espesor de la losa del techo. En la solera se colocará estribos mínimos: [] 6mm, 1 @ 5, 4@ 10, r @ 25 cm.

27.4. Diseño de los pisos superiores no agrietados

a. Las columnas extremas de los pisos superiores deberán tener un refuerzo vertical (A_s) capaz de absorber la tracción «T» producida por el momento flector ($M_{ui} = M_e(V_{m1} / V_{e1})$) actuante en el piso en estudio, asociado al instante en que se origine el agrietamiento diagonal del primer entrepiso.

$$F = \frac{M_u}{L} \qquad T = F - P_c > 0 \qquad \text{(27.4.a)}$$

$$A_s = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0{,}1 f_c' A_c}{f_y} ...(mínimo: 4\phi 8mm)$$

donde $\phi = 0{,}9$.

b. El área del núcleo (A_n) correspondiente a las columnas extremas de confinamiento, deberá diseñarse para soportar la compresión «C». Para obtener el área de concreto (A_c), deberá agregarse los recubrimientos al área del núcleo «A_n»:

$$C = P_c + F$$

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s . f_y}{0{,}85 \delta . f_c'} \qquad \text{(27.4.b)}$$

donde: ϕ = 0,7 o 0,75, segœn se emplee estribos cerrados o zunchos,respectivamente.
$\delta = 0{,}8$ para columnas sin muros transversales
$\delta = 1$ para columnas confinadas para muros transversales

c. Las columnas internas podrán tener refuerzo mínimo.
d. Las soleras se diseñarán a tracción con una fuerza igual a «T_s»:

$$T_s = V_u \frac{L_m}{2L}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0{,}1 f_c' A_{cs}}{f_y} ...(mínimo: 4\phi 8mm) \qquad \text{(27. 4.d)}$$

donde $\phi = 0{,}9$

e. Tanto en las soleras como en las columnas de confinamiento, podrá colocarse estribos mínimos: [] ¼», 1 @ 5, 4@ 10, r @ 25 cm.

Artículo 28.- ALBAÑILERÍA ARMADA

28.1. Aspectos Generales
Es objetivo de esta norma el lograr que los muros de albañilería armada tengan un comportamiento dúctil ante sismos severos, propiciando una falla final de tracción por flexión, evitando fallas frágiles que impidan o reduzcan la respuesta dúctil del muro ante dichas solicitaciones. Para alcanzar este objetivo la resistencia de los muros debe satisfacer las verificaciones dadas en el Artículo 28 (28.2a y 28.5) y deberá cumplirse los siguientes requisitos:

a) Todos los muros llevarán refuerzo horizontal y vertical. La cuantía mínima de refuerzo en cualquier dirección será de 0,1%. Las varillas de acero de refuerzo serán corrugadas.
b) El refuerzo horizontal se colocará preferentemente en el eje del muro, alojado en la cavidad horizontal de la unidad de albañilería. El refuerzo horizontal podrá colocarse en la cama de mortero de las hiladas cuando el espesor de las paredes de la unidad permitan que el refuerzo tenga un recubrimiento mínimo de 15 mm.
c) El refuerzo horizontal de los muros se diseñará para el cortante asociado al mecanismo de falla por flexión, es decir para el cortante debido al sismo severo, sin considerar ninguna contribución de la albañilería de acuerdo a lo indicado en el Artículo 20 (20.2).
d) El espaciamiento del refuerzo horizontal en el primer piso de muros hasta de 3 pisos o 12 m de altura en las zonas sísmicas 2 y 3 no excederá de 450 mm y para muros de más de 3 pisos o 12 m no excederá de 200 mm; en la zona sísmica 1 no excederá de 800 mm.
e) El refuerzo horizontal en los muros del primer piso de edificios de 3 o más pisos debe ser continuo sin traslapes. En los pisos superiores o en los muros de edificaciones de 1 y 2 pisos, el refuerzo horizontal no será traslapado dentro de los 600 mm o 0,2L del extremo del muro. La longitud de traslape será la requerida por tracción y los extremos de las barras en el traslape deberán amarrarse.
f) Todos los alvéolos de las unidades que se utilicen en los muros portantes de carga sísmica, de los dos primeros pisos de edificios de 3 ó más pisos, deberán estar

totalmente rellenos de concreto líquido. Para los muros de los pisos superiores podrá emplearse muros parcialmente rellenos, si cumplen con la limitación dada en el Artículo 28 (28.1h).

g) Cuando el esfuerzo último por compresión, resultante de la acción de las cargas de gravedad y de las fuerzas de sismo coplanares, exceda de $0{,}3 f'_m$ los extremos libres de los muros (sin muros transversales) se confinarán para evitar la falla por flexocompresión. El confinamiento se podrá lograr mediante planchas de acero estructural inoxidable o galvanizado, mediante estribos o zunchos cuando la dimensión del alvéolo lo permita.

h) Los muros de edificaciones de uno y dos pisos cuyo esfuerzo cortante ante sismos severos no exceda de $0{,}5 V_m / A_n$, donde A_n es el área neta del muro, podrán ser construidos de albañilería parcialmente rellena. En este caso el refuerzo horizontal se colocará en las hiladas o en el eje del muro cuando las celdas de la unidad sin refuerzo vertical han sido previamente taponeadas.

i) Los muros secundarios (tabiques, parapetos y muros portantes no contabilizados en el aporte de resistencia sísmica) podrán ser hechos de albañilería parcialmente rellena. En estos casos, la cuantía de refuerzo vertical u horizontal no será menor que 0,07%.

j) En las zonas del muro donde se formará la rótula plástica (primer piso), se tratará de evitar el traslape del refuerzo vertical, o se tomará las precauciones especificadas en el Artículo 12 (12.1).

k) Para evitar las fallas por deslizamiento en el muro (cizalle), el refuerzo vertical por flexión se concentrará en los extremos del muro y en la zona central se utilizará una cuantía no menor que 0,001, espaciando las barras a no más de 45 cm. Adicionalmente, en la interfase cimentación – muro, se añadirán espigas verticales de 3/8" que penetre 30 y 50 cm, alternadamente, en el interior de aquellas celdas que carecen de refuerzo vertical.

28.2. Resistencia a compresión y flexo compresión en el plano del muro

a) **Suposiciones de diseño**

El diseño por flexión de muros sometidos a carga axial actuando conjuntamente con fuerzas horizontales coplanares, se basará en las suposiciones de esta sección y en la satisfacción de las condiciones aplicables de equilibrio y compatibilidad de deformaciones.

- La deformación unitaria en el acero de refuerzo y en la albañilería será asumida directamente proporcional a la distancia medida desde el eje neutro.
- La deformación unitaria máxima de la albañilería, e_m, en la fibra extrema comprimida se asumirá igual a 0,002 para albañilería de unidades apilables e igual a 0,0025 para albañilería de unidades asentadas cuando la albañilería no es confinada y de 0,0055 cuando la albañilería es confinada mediante los elementos indicados en el Artículo 28 (28.1g).
- Los esfuerzos en el refuerzo, por debajo del esfuerzo de fluencia especificado, f_y, se tomarán iguales al producto del módulo de elasticidad E_s por la deformación unitaria del acero. Para deformaciones mayores que la correspondiente a f_y los esfuerzos en el acero se considerarán independientes de la deformación e iguales a f_y.
- La resistencia a la tracción de la albañilería será despreciada.
- El esfuerzo de compresión máximo en la albañilería, $0{,}85\ f'_m$, será asumido uniformemente distribuido sobre una zona equivalente de compresión, limitada por los bordes de la sección transversal y una línea recta paralela al eje neutro de la sección a una distancia $a = 0{,}85\ c$, donde c es la distancia del eje neutro a la fibra extrema comprimida.
- El momento flector M_e actuante en un nivel determinado se determinará del análisis estructural ante sismo moderado.
- El momento flector y la fuerza cortante factorizado serán $M_u = 1{,}25\ M_e$ y $V_u = 1{,}25\ V_e$ respectivamente. La resistencia en flexión, de todas las secciones del muro debe ser igual o mayor al momento de diseño obtenido de un diagrama de momentos modificado, de manera que el momento hasta una altura igual a la mitad de la longitud del muro sea igual al momento de la base y luego se reducirá de forma lineal hasta el extremo superior.

28.3. Evaluación de la Capacidad Resistente «M_n»

a) Para todos los muros portantes se debe cumplir que la capacidad resistente a flexión M_n, considerando la interacción carga axial - momento flector, reducida por el factor ϕ, sea mayor o igual que el momento flector factorizado M_u:

$$\phi . M_n \geq M_u$$

el factor de reducción de la capacidad resistente a flexocompresión *f*, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$0{,}65 \leq \phi = 0{,}85 - 0{,}2\ \ P_u / P_o \leq 0{,}85 \qquad (28.3a)$$

Donde $P_o = 0{,}1\ f'_m t . L$

b) Para muros de sección rectangular, la capacidad resistente a flexión M_n podrá calcularse aplicando la fórmula siguiente:

$$M_n = A_s\ f_y\ D + P_u\ \ L/2 \qquad (28.3b)$$

donde: $D = 0{,}8L$

A_s = *área del refuerzo vertical en el extremo del muro*

Para calcular el área de acero «A_s» a concentrar en el extremo del muro, se deberá utilizar la menor carga axial: $P_u = 0{,}9 P_g$.

Cuando al extremo traccionado concurra un muro perpendicular, el momento flector M_u podrá ser reducido en $0{,}9 P_{gt} . L/2$, donde P_{gt} es la carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal.

c) Para muros con secciones no rectangulares, el diseño por flexo compresión podrá realizarse empleando la formulación anterior o mediante la evaluación del Diagrama de Interacción para las acciones nominales (P_n vs. M_n).

d) Por lo menos se colocará 2 ϕ 3/8", o su equivalente, en los bordes libres del muro y en las intersecciones entre muros.

e) En la zona central del muro el refuerzo vertical mínimo será el requerido por corte fricción de acuerdo a lo indicado en el Artículo 28 (28.1k).

f) El valor «M_n» se calculará sólo para el primer piso (M_{n1}), debiéndose emplear para su evaluación la máxima carga axial posible existente en ese piso: P_u = 1,25 P_m, contemplando el 100% de sobrecarga.

28.4. *Verificación de la necesidad de confinamiento de los extremos libres del muro*

a) Se verificará la necesidad de confinar los extremos libres (sin muros transversales) comprimidos, evaluando el esfuerzo de compresión último (σ_U) con la fórmula de flexión compuesta:

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u . y}{I} \qquad (28.4)$$

En la que P_u es la carga total del muro, considerando 100% de sobrecarga y amplificada por 1,25.

b) Toda la longitud del muro donde se tenga $\sigma_U \geq 0{,}3 f'_m$ deberá ser confinada. El confinamiento se hará en toda la altura del muro donde los esfuerzos calculados con Artículo 28 (28.4), sean mayores o iguales al esfuerzo límite indicado.

c) Cuando se utilice confinamiento, el refuerzo vertical existente en el borde libre deberá tener un diámetro $D_b \geq$ /13, donde «*s » es el espaciamiento entre elementos de confinamiento.*

28.5. *Resistencia a corte*

a) El diseño por fuerza cortante se realizará para el cortante «V_{uf}» asociado al mecanismo de falla por flexión producido en el primer piso. El diseño por fuerza cortante se realizará suponiendo que el 100% del cortante es absorbido por el refuerzo horizontal. El valor «V_{uf}» considera un factor de amplificación de 1,25, que contempla el ingreso de refuerzo vertical en la zona de endurecimiento.

b) El valor «V_{uf}» se calculará con las siguientes fórmulas:

Primer Piso:
$V_{uf1} = 1{,}25\ V_{u1}\left(M_{n1}/M_{u1}\right)\ldots$ **no menor que** V_{m1}

Pisos Superiores:
$V_{ufi} = 1{,}25\ V_{ui}\left(M_{n1}/M_{u1}\right)\ldots$ **no mayor que** V_{mi}

El esfuerzo de corte $v_i = V_{uf}/t\,L$ no excederá de $0{,}10\,f'_m$ en zonas de posible formación de rótulas plásticas y de $0{,}20\,f'_m$ en cualquier otra zona.

c) En cada piso, el área del refuerzo horizontal (A_{sh}) se calculará con la siguiente expresión:

$$A_{sh} = \frac{V_{uf}.s}{f_y.D} \qquad (28.5)$$

donde:

S = espaciamiento del refuerzo horizontal
D = 0,8 L para muros esbeltos, donde: $M_e/(V_e.L) \geq 1$
D = L para muros no esbeltos, donde: $M_e/(V_e.L) < 1$

CAPITULO 9
DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO DEL MURO

Artículo 29.- ESPECIFICACIONES GENERALES

29.1. Los muros portantes y los no portantes (cercos, tabiques y parapetos) deberán verificarse para las acciones perpendiculares a su plano provenientes de sismo, viento o de fuerzas de inercia de elementos puntuales o lineales que se apoyen en el muro en zonas intermedias entre sus extremos superior o inferior.

29.2. Para el caso de fuerzas concentradas perpendiculares al plano de muros de albañilería simple, los muros deberán reforzarse con elementos de concreto armado que sean capaces de resistir el total de las cargas y trasmitirlas a la cimentación. Tal es el caso, por ejemplo, de una escalera, el empuje causado por una escalera cuyo descanso apoya directamente sobre la albañilería, deberá ser tomado por columnas.

Para el caso de muros confinados o muros arriostrados por elementos de concreto, las fuerzas deberán trasladarse a los elementos de arriostre o confinamiento por medio de elementos horizontales, vigas o losa.

29.3. Para el caso de los muros armados, los esfuerzos que generen las acciones concentradas actuantes contra el plano de la albañilería deberán ser absorbidas por el refuerzo vertical y horizontal.

29.4. Cuando se trate de muros portantes se verificará que el esfuerzo de tracción considerando la sección bruta no exceda del valor dado en el Artículo 29 (29.8).

29.5. Los muros o tabiques desconectados de la estructura principal serán diseñados para resistir una fuerza sísmica asociada a su peso, de acuerdo a lo indicado en el capítulo correspondiente de la NTE E.030. Diseño Sismorresistente

29.6. El paño de albañilería se supondrá que actúa como una losa simplemente apoyada en sus arriostres, sujeta a cargas sísmicas uniformemente distribuidas. La magnitud de esta carga (w, en kg/m^2) para un metro cuadrado de muro se calculará mediante la siguiente expresión:

$$w = 0{,}8\ Z.U.C_1\ \gamma\ e \qquad (29.6)$$

donde:
Z = factor de zona especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente
U = factor de importancia especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente
C_1 = coeficiente sísmico especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente
e = espesor bruto del muro (incluyendo tarrajeos), en metros
γ = peso volumétrico de la albañilería

29.7. El momento flector distribuido por unidad de longitud (M_s, en kg-m/m), producido por la carga sísmica «w» (ver Artículo 29 (29.6)), se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_s = m.w.a^2 \qquad (29.7)$$

donde:

m = coeficiente de momento (adimensional) indicado en la Tabla 12.
a = dimensión crítica del paño de albañilería (ver la Tabla 12), en metros.

TABLA 12
VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS «m» y DIMENSION CRITICA «a»

CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS
a = Menor dimensión

b/a =	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	µ
m =	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125

CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS
a = Longitud del borde libre

b/a =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	µ
m =	0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133

CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES
a = Altura del muro
m = 0,125

CASO 4. MURO EN VOLADIZO
a = Altura del muro
m = 0,5

29.8. El esfuerzo admisible en tracción por flexión (f'_t) de la albañilería se supondrá igual a:

f'_t = 0,15 MPa (1,50 kg/cm^2) para albañilería simple
= 0,30 MPa (3,00 kg/cm^2) para albañilería armada rellena de concreto líquido.

29.9. Los arriostres podrán estar compuestos por la cimentación, las columnas de confinamiento, las losas rígidas de techo (para el caso de muros portantes), las vigas soleras (para el caso de cercos, tabiques y parapetos) y los muros transversales.

29.10 Para el análisis y diseño de los elementos de arriostres se emplearán métodos racionales y la armadura que se obtenga por este concepto, no se sumará al refuerzo evaluado ante acciones sísmicas coplanares, sino que se adoptará el mayor valor respectivo.

Artículo 30.- MUROS PORTANTES

30.1. Los muros portantes de estructuras diafragmadas con esfuerzo de compresión no mayor que $0{,}01 f'_m$ se diseñarán de acuerdo al Artículo 31.

30.2. En los muros portantes de edificaciones diafragmadas y que como tales estarán sujetas principalmente a fuerzas coplanares, no se permitirá la formación de fisuras producidas por acciones transversales a su plano, porque éstas debilitan su área de corte ante acciones sísmicas coplanares. Para la obtención del momento flector perpendicular al plano se empleará procedimientos basados en teorías elásticas como se indica en el Artículo 29 (29.7).

Los pisos críticos por analizar son:

a.- El primer piso, por flexocompresión.
b.- El último piso, por tracción producida por la flexión

30.3. Los muros portantes confinados, así como los muros portantes armados, arriostrados en sus cuatro bordes, que cumplan con las especificaciones indicadas en Artículo 19 (19.1.a) y Artículo 19 (19.1.b), no necesitarán ser diseñados ante cargas sísmicas perpendiculares al plano de la albañilería, a no ser que exista excentricidad de la carga gravitacional. En este paso culminará el diseño de estos muros.

30.4. Al momento flector producido por la excentricidad de la carga gravitacional «M_g» (si existiese) deberá agregarse el momento generado por la carga sísmica «M_s» (ver Artículo 29 (29.69), para de esta manera obtener el momento total de diseño $M_t = M_s + M_g$, repartido por unidad de longitud.

30.5. El esfuerzo axial producido por la carga gravitacional (P_g), se obtendrá como: $f_a = P_g/L.t$

30.6. El esfuerzo normal producido por el momento flector «M_t», se obtendrá como: $f_m = 6M_t/t^2$.

30.7. Se deberá cumplir que:

a) En el primer piso: $f_a + f_m \leq 0{,}25 f'_m$
b) En el último piso: $f_m - f_a \leq f'_t$
c) En cualquier piso: La compresión resultante será tal que:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_m}{F_m} \leq 1{,}33 \qquad (30.7c1)$$

en la que:

f_a = *es el esfuerzo resultante de la carga axial*
F_a = *es el esfuerzo admisible para carga axial*

$$= 0{,}20\ f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2\right] \qquad (30.7c2)$$

f_m = *es el esfuerzo resultante del momento flector*
F_m = *es el esfuerzo admisible para compresión por flexión* $= 0{,}40 f'_m$

Artículo 31.- MUROS NO PORTANTES Y MUROS PORTANTES DE ESTRUCTURAS NO DIAFRAGMADAS

Adicionalmente a las especificaciones indicadas en el Artículo 29, se cumplirá lo siguiente:

31.1. Los muros no portantes (cercos, tabiques y parapetos) podrán ser construidos empleando unidades de albañilería sólida, hueca o tubular; pudiéndose emplear la albañilería armada parcialmente rellena.

31.2. El momento flector en la albañilería (M_s) producido por la carga sísmica «w» (ver Artículo 29 (29.6)), podrá ser obtenido utilizando la Tabla 12 o empleando otros métodos como el de líneas de rotura.

31.3. En la albañilería simple el esfuerzo normal producido por el momento flector «M_s», se obtendrá como: $f_m = 6M_s / t^2$ y no será mayor que $f'_t = 0{,}147 MPa$ $(1{,}5 Kg/cm^2)$.

31.4. Los muros no portantes de albañilería armada serán reforzados de tal manera que la armadura resista el íntegro de las tracciones producidas por el momento flector «M_s»; no admitiéndose tracciones mayores de 8 *kg/cm²* (0,754 MPa*)* en la albañilería. La cuantía mínima de refuerzo horizontal y vertical a emplear en estos muros será 0,0007 (ver Artículo 2 (2.8)).

31.5. Los arriostramientos serán diseñados por métodos racionales de cálculo, de modo que puedan soportar la carga sísmica «w» (especificada en el Artículo 29 (29.6) actuante contra el plano del muro.

31.6. La cimentación de los cercos será diseñada por métodos racionales de cálculo. Los factores de seguridad para evitar la falla por volcamiento y deslizamiento del cerco serán 2 y 1,5, respectivamente.

31.7. Están exonerados de las exigencias de arriostramiento los parapetos de menos de 1,00 m de altura, que estén retirados del plano exterior de fachadas, ductos en los techos o patios interiores una distancia no menor de una vez y media su altura.

CAPITULO 10
INTERACCION TABIQUE DE ALBAÑILERIA-ESTRUCTURA APORTICADA

Artículo 32.- ALCANCE

32.1. Este Capítulo aplica a los tabiques de albañilería empleados para reforzar pórticos de concreto armado o acero. Puede aplicarse también para los tabiques de cierre y particiones de edificios aporticados, que no teniendo el propósito específico de reforzar al edificio, están adosados a sus pórticos, cuando el proyectista quiera proteger al edificio de efectos que se describen en el Artículo 32 (32.2).

32.2. Cuando un tabique no ha sido aislado del pórtico que lo enmarca, ante las acciones sísmicas se producirá la interacción de ambos sistemas. Este efecto incrementa sustancialmente la rigidez lateral del pórtico y puede generar los siguientes problemas:

1) torsión en el edificio.
2) concentración de esfuerzos en las esquinas del pórtico
3) fractura del tabique.
4) «piso blando», que se presenta cuando un determinado piso está libre de tabiques, mientras que los pisos superiores se encuentran rigidizados por los tabiques.
5) «columnas cortas», donde el parapeto ó alféizar alto (ventanas de poca altura) restringe el desplazamiento lateral de las columnas.
6) Incremento de las fuerzas sísmicas en el edificio.

Artículo 33.- DISPOSICIONES

33.1. La distorsión angular máxima de cada entrepiso, considerando la contribución de los tabiques en la rigidez, deberá ser menor que 1 / 200. Para atenuar los problemas de interacción tabique-pórtico, se sugiere adicionar al edificio placas de concreto armado que permiten limitar los desplazamientos del entrepiso.

33.2. En esta Norma se propone adoptar como modelo estructural un sistema compuesto por las barras continuas del pórtico de concreto armado, agregando en aquellos paños donde existan tabiques, un puntal diagonal de albañilería (ver el módulo de elasticidad «E_m» en 8.3.7) que trabaje a compresión, en reemplazo del tabique. Opcionalmente, podrá adoptarse otros modelos que reflejen la interacción tabique-pórtico. La sección transversal del puntal será $b.t$.

donde:
t = espesor efectivo del tabique
b = ancho equivalente del puntal de albañilería = ¼ D
D = longitud del puntal (o longitud diagonal del tabique)

33.3. La falla de un tabique puede modificar sustancialmente el análisis estructural elástico al desaparecer el efecto de puntal en los tabiques que se agrietan o desploman; por lo tanto, será necesario que los tabiques se comporten elásticamente, incluso ante los sismos severos, y emplear elementos de anclaje que lo conecten a la estructura principal para evitar su volcamiento ante las acciones ortogonales a su plano.

33.4. Tipos de Falla y Resistencias Asociadas en los Tabiques. Los tipos de falla por carga sísmica contenida en el plano del tabique, así como las resistencias (R) respectivas, en condición de rotura del puntal, se presentan a continuación:

Nomenclatura

R = resistencia última del puntal de albañilería (en kilogramos)
L, h, t = longitud, altura y espesor del tabique, respectivamente (en centímetros)
$D = \sqrt{L^2 + h^2}$
f'_m = resistencia característica a compresión axial de la albañilería (en kg/cm²). Ver la Tabla 9.
f_s = resistencia última a cizalle de la albañilería = 4 kg/cm²

a.- Aplastamiento (R_c). Esta falla se presenta en las esquinas del tabique, triturándose los ladrillos. La resistencia última del puntal se calculará como:

$$R_c = 0{,}12\ f'_m\ D\ .t \qquad (33.4a)$$

b.- Tracción Diagonal (R_t). Esta falla se manifiesta a través de una grieta diagonal en el tabique. La resistencia última del puntal se calculará mediante la siguiente expresión:

$$R_t = 0{,}85\sqrt{f'_m}\ D\ .t \qquad (33.4b)$$

c.- Cizalle (R_s). Este tipo de falla se produce a la mitad de la altura del tabique (junta de construcción) y se caracteriza por ser una grieta horizontal. La resistencia a la rotura del puntal se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$R_s = \frac{f_s\ .t.\ D}{1 - 0{,}4\ h/L} \qquad (33.4c)$$

33.5. La fuerza de compresión actuante en el puntal, proveniente del análisis sísmico elástico ante el sismo severo, especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, deberá ser menor que la resistencia a la rotura del tabique (contemplando los tres tipos de falla indicados en el Artículo 33 (33.4)).

NORMA E.080

ADOBE

Artículo 1.- ALCANCE

La Norma comprende lo referente al adobe simple o estabilizado como unidad para la construcción de albañilería con este material, así como las características, comportamiento y diseño.

El objetivo del diseño de construcciones de albañilería de adobe es proyectar edificaciones de interés social y bajo costo que resistan las acciones sísmicas, evitando la posibilidad de colapso frágil de las mismas.

Esta Norma se orienta a mejorar el actual sistema constructivo con adobe tomando como base la realidad de las construcciones de este tipo, existentes en la costa y sierra.

Los proyectos que se elaboren con alcances y bases distintos a los consideradas en esta Norma, deberán estar respaldados con un estudio técnico.

Artículo 2.- REQUISITOS GENERALES

2.1. El proyecto arquitectónico de edificaciones de adobe deberá adecuarse a los requisitos que se señalan en la presente Norma.

2.2. Las construcciones de adobe simple y adobe estabilizado serán diseñadas por un método racional basado en los principios de la mecánica, con criterios de comportamiento elástico.

2.3. Las construcciones de adobe se limitarán a un solo piso en la zona sísmica 3 y a dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1 definidas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

Por encima del primer piso de adobe, podrán tenerse estructuras livianas tales como las de quincha o similares.

2.4. No se harán construcciones de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos, ni arcillas expansivas. Tampoco en zonas propensas a inundaciones cauces de avalanchas, aluviones o huaycos o suelos con inestabilidad geológica.

2.5. Dependiendo de la esbeltez de los muros, se deberá incluir la colocación de refuerzos que mejoren el comportamiento integral de la estructura.

Artículo 3.- DEFINICIONES

3.1. Adobe

Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos.

3.2. Adobe Estabilizado

Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad.

3.3. Mortero

Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.

3.4. Arriostre

Elemento que impide el libre desplazamiento del borde de muro. El arriostre puede ser vertical u horizontal.

3.5. Altura Libre de Muro

Es la distancia vertical libre entre elementos de arriostre horizontales.

3.6. Largo Efectivo

Distancia libre horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre.

3.7. Esbeltez

Relación entre la altura libre del muro y su espesor.

3.8. Muro Arriostrado

Es un muro cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales.

3.9. Extremo Libre de Muro

Es el borde vertical u horizontal no arriostrado de un muro.

3.10. Vigas Collar o Soleras

Son elementos de uso obligatorio que generalmente conectan a los entrepisos y techos con los muros. Adecuadamente rigidizados en su plano, actúan como elemento de arriostre horizontal (Ver Artículo 6 (6.3)).

3.11. Contrafuerte

Es un arriostre vertical construido con este único fin.

Artículo 4.- UNIDAD O BLOQUE DE ADOBE

4.1. Requisitos Generales

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: **arcilla** 10-20%, **limo** 15-25% y **arena** 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.

El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

4.2. Formas y Dimensiones

Los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales.

Sus dimensiones deberán ajustarse a las siguientes proporciones:

a) Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho.

b) La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.

c) En los posible la altura debe ser mayor a 8 cm.

4.3. Recomendaciones para su Elaboración

Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños.

Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas.

Secar los adobes bajo sombra.

Artículo 5.- COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE

5.1. Comportamiento Sísmico de las Construcciones de Adobe

Las fallas de las estructuras de adobe no reforzadas, debidas a sismos, son frágiles. Usualmente la poca resistencia a la tracción de la albañilería produce la falla del amarre de los muros en las esquinas, empezando por la parte superior; esto a su vez aísla los muros unos de otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, produciendo el desplome del mismo fuera de su plano.

Si se controla la falla de las esquinas, entonces el muro podrá soportar fuerzas sísmicas horizontales en su plano las que pueden producir el segundo tipo de falla que es por fuerza cortante. En este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal.

Las construcciones de adobe deberán cumplir con las siguientes características generales de configuración:

a) Suficiente longitud de muros en cada dirección, de ser posible todos portantes.

b) Tener una planta que tienda a ser simétrica, preferentemente cuadrada.

c) Los vanos deben ser pequeños y de preferencia centrados.

d) Dependiendo de la esbeltez de los muros, se definirá un sistema de refuerzo que asegure el amarre de las esquinas y encuentros.

5.2. Fuerzas Sísmicas Horizontales

La fuerza sísmica horizontal en la base para las edificaciones de adobe se determinará con la siguiente expresión:

$$H = SU\,C\,P$$

Donde:

S: Factor de suelo (indicado en la Tabla 1),
U: Factor de uso (indicados en la Tabla 2),
C: Coeficiente sísmico (indicado en la Tabla 3) y
P: Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50% de la carga viva.

TABLA 1

Tipo	Descripción	Factor S
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible ≥ 3 Kg/cm^2	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible ≥ 1 Kg/cm^2	1,2

TABLA 2

Tipo de las Edificaciones	Factor U
Colegios, Postas Médicas, Locales Comunales, Locales Públicos	1,3
Viviendas y otras edificaciones comunes	1,0

5.3. Comportamiento del Adobe Frente a Cargas Verticales

Usualmente la resistencia de la albañilería a cargas verticales no presenta problemas para soportar la carga de uno o dos pisos. Se debe mencionar sin embargo que los elementos que conforman los entrepisos o techos de estas edificaciones, deben estar adecuadamente fijados al muro mediante la viga collar o solera.

TABLA 3

Zonas Sísmica	Coeficiente Sísmico C
3	0,20
2	0,15
1	0,10

ZONAS SÍSMICAS*
FIGURA 1

* Ver Anexo

5.4. Protección de las Construcciones de Adobe

La humedad y la erosión producidas en los muros, son principales causantes del deterioro de las construcciones de tierra, siendo necesaria su protección a través de:

- Recubrimientos resistentes a la humedad
- Cimientos y sobrecimientos que eviten el contacto del muro con el suelo
- Veredas perimetrales
- Aleros
- Sistemas de drenaje adecuados

Artículo 6.- SISTEMA ESTRUCTURAL

El sistema estructural de las construcciones de adobe estará compuesto de:

a) Cimentación
b) Muros
c) Elementos de arriostre horizontal
d) Elementos de arriostre vertical
e) Entrepiso y techo
f) Refuerzos

6.1. Cimentación

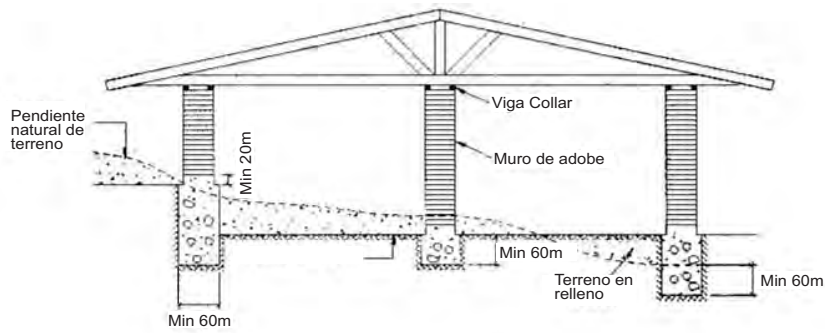
a) No se harán construcciones de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos ni en arcillas expansivas. Tampoco en zonas propensas a inundaciones, cauces de avalanchas, aluviones o huaycos, o suelos con inestabilidad geológica.

b) La cimentación deberá transmitir la carga de los muros al terreno de acuerdo a su esfuerzo permisible y tendrá una profundidad mínima de 60 cm medida a partir del terreno natural y un ancho mínimo de 40 cm.

c) Los cimientos para los muros deberán ser concreto ciclópeo o albañilería de piedra. En zonas no lluviosas de comprobada regularidad e imposibilidad de inundación, se permitirá el uso de mortero Tipo II para unir la mampostería de piedra (Ver Artículo 7 (7.2)).

d) El sobrecimiento deberá ser de concreto ciclópeo o albañilería de piedra asentada con mortero Tipo I (Ver Artículo 7 (7.11)), y tendrá una altura tal que sobresalga como mínimo 20 cm sobre el nivel del suelo. (Ver Figura 2).

FIGURA 2



6.2. Muros

a) Deberá considerarse la estabilidad de todos los muros. Esto se conseguirá controlando la esbeltez y utilizando arriostres o refuerzos.

b) Las unidades de adobe deberán estar secas antes de su utilización y se dispondrá en hiladas sucesivas considerando traslape tal como se muestra en las Figuras 3 y 4.

c) El espesor de los muros se determinará en función de la altura libre de los mismos y la longitud máxima del muro entre arriostre verticales será 12 veces el espesor del muro. (Ver Tabla 4)

d) En general los vanos deberán estar preferentemente centrados. El borde vertical no arriostrado de puertas y ventanas deberá ser considerado como borde libre.

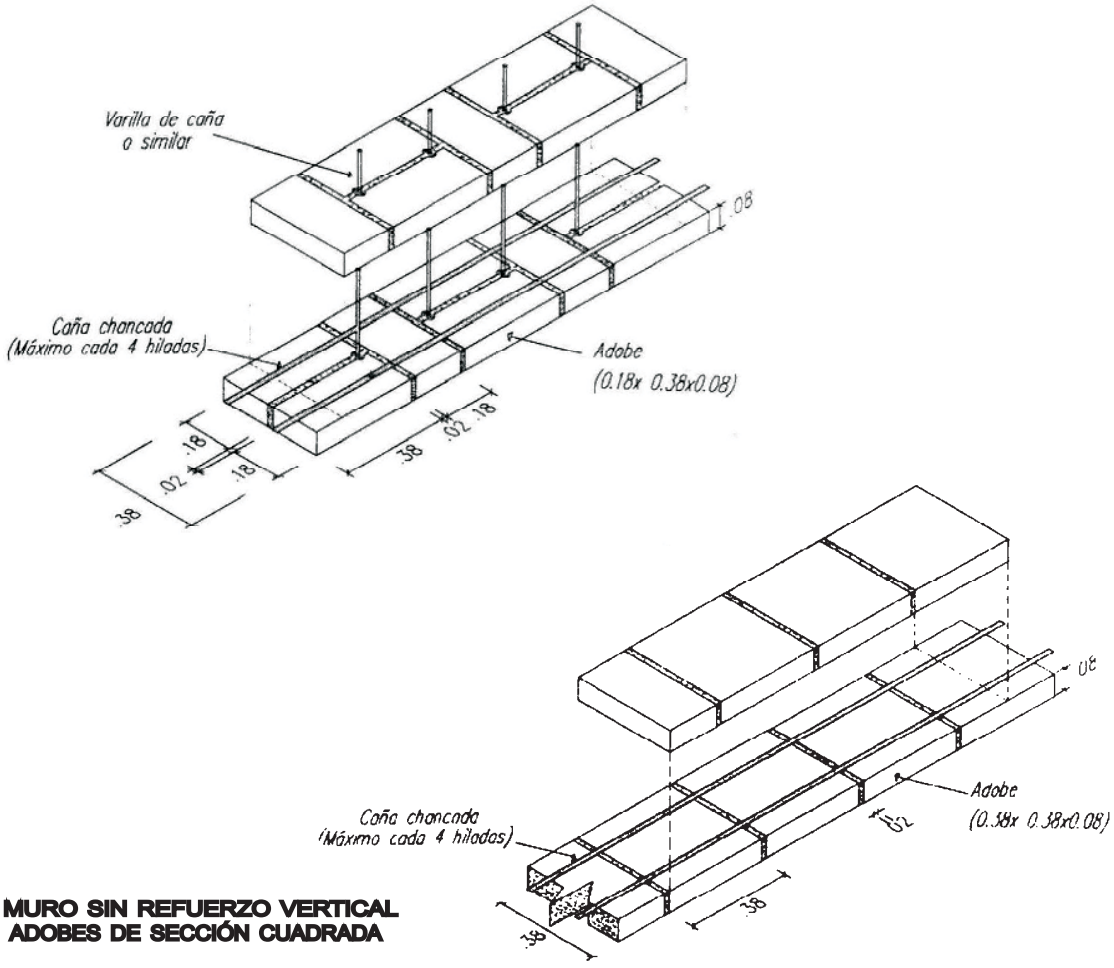
El ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro y la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro. Se exceptúa la condición de 3 veces el espesor del muro en el caso que el muro esté arriostrado al extremo (Ver Figura N° 5)

e) Como refuerzo se podrá utilizar cualquier material de los especificados en la Artículo 6 (6.4).

f) Los muros deberán ser diseñados para garantizar su resistencia, según lo especificado en la Artículo 8.

g) En caso de muros cuyos encuentros sean diferentes a 90° se diseñarán bloques especiales detallándose los encuentros.

FIGURA 3
MURO REFORZADO CON CAÑA O SIMILAR VERTICAL Y HORIZONTAL



MURO SIN REFUERZO VERTICAL ADOBES DE SECCIÓN CUADRADA

FIGURA 4
TIPOS AMARRE EN ENCUENTROS DE MUROS DE ADOBE CON O SIN REFUERZO

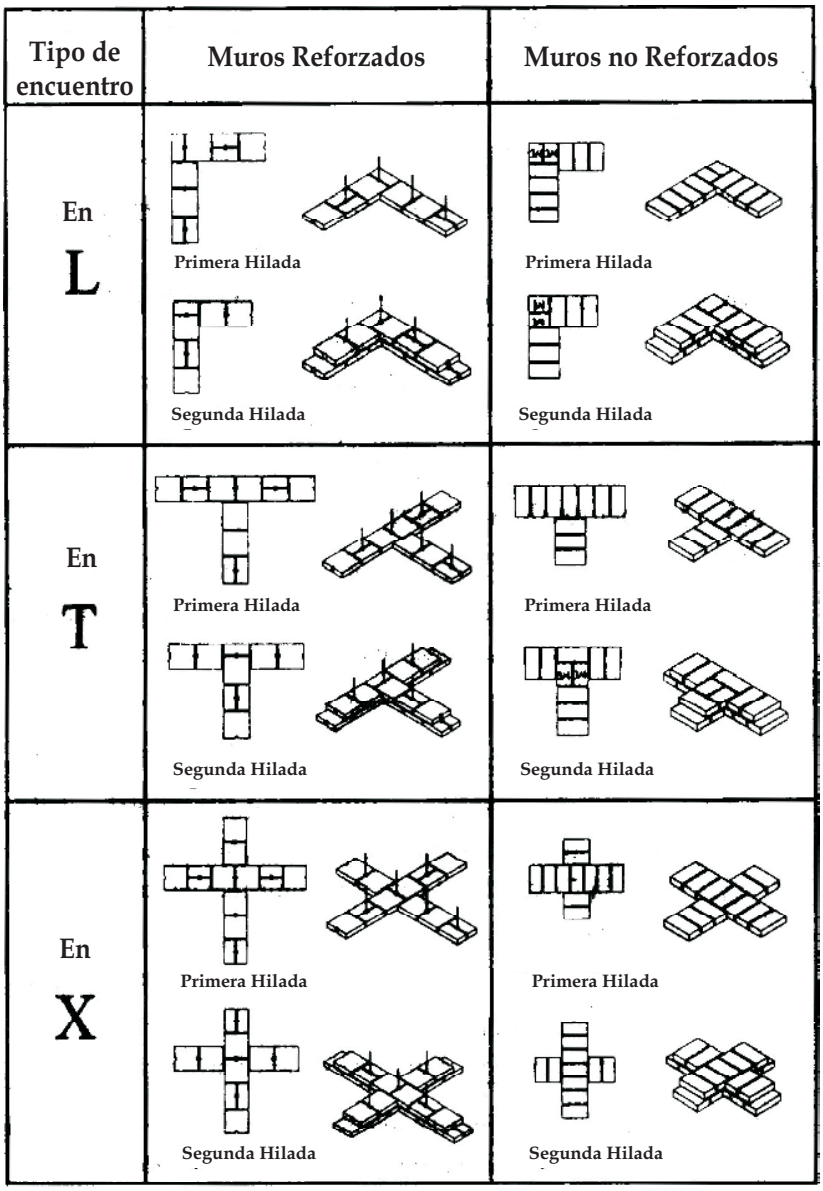
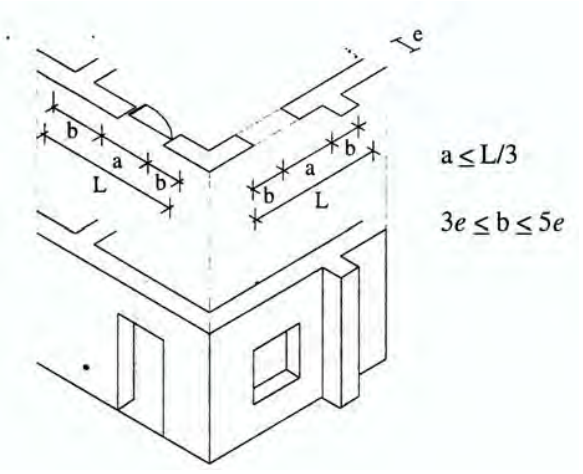


FIGURA 5



6.3. Elementos de Arriostre

a) Para que un muro se considere arriostrado deberá existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriostre, para garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos.

b) Los elementos de arriostre serán verticales y horizontales.

c) Los arriostres verticales serán muros transversales o contrafuertes especialmente diseñados. Tendrán una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir fuerzas cortantes a la cimentación.

Para que un muro o contrafuertes se considere como arriostre vertical tendrá una longitud en la base mayor o igual que 3 veces el espesor del muro que se desee arriostrar.

d) Pueden usarse como elementos de arriostre vertical, en lugar de los muros transversales o de los contrafuertes de adobe, refuerzos especiales como son las columnas de concreto armado que se detallan en la Sección 6.4, refuerzos especiales.

e) Los arriostres horizontales son elementos o conjunto de elementos que poseen una rigidez suficiente en el plano horizontal para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros.

Los elementos de arriostre horizontal más comunes son los denominados viga collar o solera. Estas pueden ser de madera o en casos especiales de concreto madera. (Ver Artículo 6 (6.4)).

f) Los elementos de arriostre horizontal se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerándose al muro como una losa vertical sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a él.

g) Se deberá garantizar la adecuada transferencia de esfuerzos entre el muro y sus arriostres, los que deberán conformar un sistema continuo e integrado.

6.4. Refuerzos Especiales

De acuerdo a la esbeltez de los muros que se indican en la Tabla 4, se requieren refuerzos especiales. Estos tienen como objetivo mejorar la conexión en los encuentros de muros o aumentar la ductilidad de los muros. Dentro de los refuerzos especiales más usados se tienen caña, madera o similares, malla de alambre y columnas de concreto armado.

Se detallarán especialmente los anclajes y empalmes de los refuerzos para garantizar su comportamiento eficaz.

TABLA 4

Esbeltez	Arriostres y Refuerzos Obligatorios	Espesor mín. Muro (m)	Altura mín. Muro (m)
$\lambda \leq 6$	Solera	0,4 – 0,5	2,4 – 3,0
$6 \leq \lambda \leq 8$	Solera + elementos de refuerzos horizontal y vertical en los encuentros de muros	0,3 – 0,5	2,4 – 4,0
$8 \leq \lambda I \leq 9$	Solera + elementos de refuerzos horizontal y vertical en toda la longitud de los muros	0,3 – 0,5	2,7 – 4,5

En casos especiales I podrá ser mayor de 9 pero menor de 12, siempre y cuando se respalde con un estudio técnico que considere refuerzos que garanticen la estabilidad de la estructura.

a) Caña madera o similares

Estos refuerzos serán tiras, colocadas horizontalmente cada cierto número de hiladas (máximo cada 4 hiladas) y estarán unidas entre sí mediante amarres adecuados en los encuentros y esquinas. Podrán usarse en los encuentros y esquineros de los muros o en toda la longitud de los muros, dependiendo de lo indicado en la Tabla 4.

En el caso de que se utilicen unidades cuya altura sea mayor de 10 cm, las tiras de caña tendrán un espaciamiento máximo de 40 cm.

Las tiras de caña o similares se colocarán necesariamente coincidentes con el nivel superior o inferior de todos los vanos.

Se colocarán cañas o elementos de características similares como refuerzos verticales, ya sea en un plano central entre unidades de adobe (Ver Figura 3), o en alvéolos de mínimo 5 cm de diámetro dejados en los adobes (Ver Figura 3).

En ambos casos se rellenarán los vacíos con mortero.

En esfuerzo vertical deberá estar anclado a la cimentación y fijado a la solera superior. Se usará caña madura y seca o elementos rectos y secos de eucalipto u otros similares.

Se podrá usar madera en dinteles de vanos y vigas soleras sobre los muros.

La viga solera se anclará adecuadamente al muro y al dintel si lo hubiese.

b) Malla de alambre

Se puede usar como refuerzo exterior aplicado sobre la superficie del muro y anclado adecuadamente a él. Deberá estar protegido por una capa de mortero de cemento – arena de 4 cm aproximadamente.

La colocación de la malla puede hacerse en una o dos caras del muro, en cuyo caso se unirá ambas capas mediante elementos de conexión a través del muro. Su uso es eficiente en las esquinas asegurado un traslape adecuado.

c) Columnas y vigas de concreto armado

La utilización de columnas de concreto armado como confinamiento de muros de adobe debe utilizarse en casos en que el espesor del muro no exceda los 25 cm y se utilice para unir los adobes un mortero que contenga cemento para poder anclar alambre de ¼» cada tres hiladas con la finalidad de conseguir una adecuada transmisión de esfuerzos entre el muro y la columna.

La utilización de vigas soleras de concreto armado tiene como objetivo contribuir a formar un diagrama rígido en el nivel en que se construya, puede ser colocado en varios niveles formando anillos cerrados, pero principalmente debe colocarse en la parte superior. Se puede combinar con elementos de refuerzo verticales como cañas o columnas de concreto armado.

De acuerdo al espesor de los muros, se deberá colocar el refuerzo que se indica en la Tabla 4.

En casos especiales se podrá considerar espesores de muro de 20 – 25 cm, siempre que se respalde por un estudio técnico que considere refuerzos verticales y horizontales.

6.5. Techos

a) Los techos deberán en lo posible ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros; además, deberán estar adecuadamente fijados a éstos a través de la viga solera.

b) Los techos deberán ser diseñados de tal manera que no produzcan en los muros, empujes laterales que provengan de las cargas gravitacionales.

c) En general, los techos livianos no pueden considerarse como diafragmas rígidos y por tanto no contribuyen a la distribución de fuerzas horizontales entre los muros. La distribución de las fuerzas de sismo se hará por zonas de influencia sobre cada muro longitudinal, considerando la propia masa y las fracciones pertinentes de las masas de los muros transversales y la del techo.

d) En el caso de utilizar tijerales, el sistema estructural del techado deberá garantizar la estabilidad lateral de los tijerales.

e) En los techos de las construcciones se deberá considerar las pendientes, las características de impermeabilidad, asilamiento térmico y longitud de los aleros de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar.

Artículo 7.- MORTEROS

Los morteros se clasificaran en dos grupos:

a) Tipo I (en base a tierra con algún aglomerante como cemento, cal, asfalto, etc.).

b) Tipo II (en base a tierra con paja).

Se considera que las juntas de la albañilería constituyen las zonas criticas, en consecuencia ellas deberán contener un mortero del tipo I ó II de buena calidad.

7.1. Mortero Tipo I

Mortero de suelo y algún aglomerante como cemento, cal o asfalto.

Deberá utilizarse la cantidad de agua que permita una adecuada trabajabilidad.

Las proporciones dependen de las características granulométricas de los agregados y de las características específicas de otros componentes que puedan emplearse.

7.2. Mortero Tipo II

La composición del mortero debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera tendrá una calidad menor que las mismas.

Deberá emplearse la cantidad de agua que sea necesaria para una mezcla trabajable.

Las juntas horizontales y verticales no deberán exceder de 2 cm y deberán ser llenadas completamente.

Artículo 8.- ESFUERZOS ADMISIBLES

Los ensayos para la obtención de los esfuerzos admisibles de diseño considerarán la variabilidad de los materiales a usarse.

Para fines de diseño se considerará los siguientes esfuerzos mínimos

- Resistencia a la compresión de la unidad:

$$f_o = 12 \ kg/cm^2$$

- Resistencia a la compresión de la albañilería:

$$f_m = 0{,}2 f_m^{'} \text{ ó } 2 \ kg/cm^2$$

• Resistencia a la compresión por aplastamiento:

$1{,}25\ f_m$

• Resistencia al corte de la albañilería:

$V_m = 0{,}25\ kg/cm^2$

8.1. Resistencia a la Compresión de la Unidad

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.

El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia ultima (f_o') como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de f_o' mínimo aceptable de 12 kg/cm^2.

La resistencia a la compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería.

8.2. Resistencia a la Compresión de la Albañilería

La resistencia a la compresión de la albañilería podrá determinarse por:

a) Ensayos de pilas con materiales y tecnología a usar en obra.

Las pilas estarán compuestas por el número entero de adobes necesarios para obtener un coeficiente de esbeltez (altura / espesor) del orden de aproximadamente tres (3), debiéndose tener especial cuidado en mantener su verticalidad.

El número mínimo de adobes será de cuatro (4) y el espesor de las juntas será de 2 cm. La disposición del ensayo será la mostrada en la Figura 6.

El tiempo de secado del mortero de las pilas será de 30 días y el número mínimo de pilas a ensayar será de tres (3).

Mediante estos ensayos se obtiene el esfuerzo último f_m' en compresión de la pila, considerándose aquel valor que sobrepasa en 2 de la 3 pilas ensayadas.

Es esfuerzo admisible a compresión del muro (f_m) se obtendrá con la siguiente expresión:

$$f_m = 0{,}25\ f_m'$$

Donde:

f_m' = esfuerzo de compresión último de la pila

b) Alternativamente cuando no se realicen ensayos de pilas, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible:

$f_m = 2{,}0\ Kg/cm^2$

8.3. Esfuerzo Admisible de Compresión por Aplastamiento

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento será: $1{,}25\ f_m$

8.4Resistencia al Corte de la Albañilería

La resistencia al corte de la albañilería se podrá determinar por:

a) Ensayos de compresión diagonal con materiales y tecnología a usarse en obra.

La disposición del ensayo será la mostrada en la Figura 7.

Se ensayarán un mínimo de tres (3) especimenes.

El esfuerzo admisible al corte del muro (V_m) se obtendrá con la expresión:

$V_m = 0{,}4\ f_t'$

Donde:

f_t' = esfuerzo último del murete de ensayo.

Este valor será el sobrepasado por 2 de cada 3 de los muretes ensayados.

b) Alternativamente cuando no se realicen ensayos de muretes, se podrá usar el siguiente esfuerzo admisible al corte:

$V_m = 0{,}25\ kg/cm^2$

Artículo 9.- DISEÑO DE MUROS

9.1. Diseño de Muros Longitudinales

La aplicación de la resistencia V_m se efectuará sobre el área transversal crítica de cada muro, descontando vanos si fuera el caso.

FIGURA 6
ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

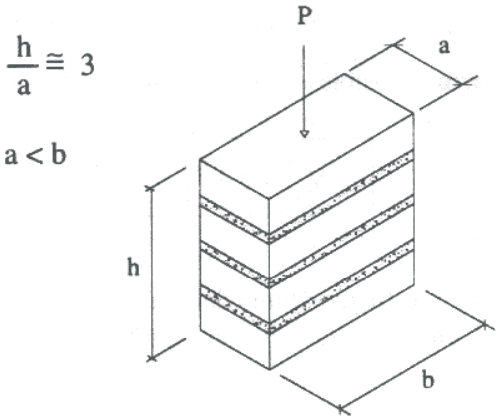
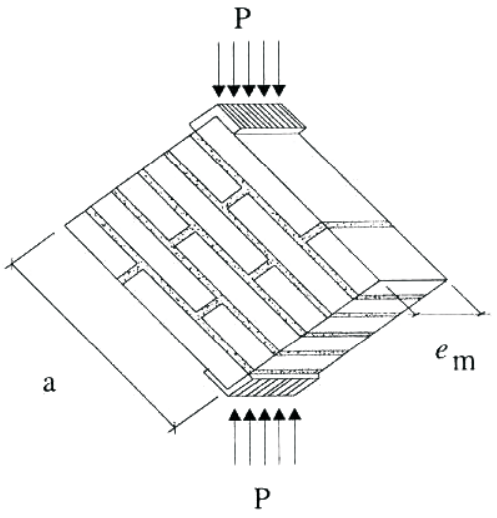


FIGURA 7
ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL

$$f_t' = \frac{p}{2ae_m}$$



ANEXO

ZONIFICACIÓN SÍSMICA

Las zonas sísmicas en que se divide el territorio peruano, para fines de esta Norma se muestran en la Figura 1.

A continuación se especifican las provincias de cada zona.

Zona 1

1. Departamento de Loreto. Provincias de Ramón Castilla, Maynas, y Requena.
2. Departamento de Ucayali. Provincia de Purús.
3. Departamento de Madre de Dios. Provincia de Tahuamanú.

Zona 2

1. Departamento de Loreto. Provincias de Loreto, Alto Amazonas y Ucayali.

2. Departamento de Amazonas. Todas las provincias.
3. Departamento de San Martín. Todas las provincias.
4. Departamento de Huánuco. Todas las provincias.
5. Departamento de Ucayali. Provincias de Coronel Portillo, Atalaya y Padre Abad.
6. Departamento de Cerro de Pasco. Todas las provincias.
7. Departamento de Junín. Todas las provincias.
8. Departamento de Huancavelica. Provincias de Acobamba, Angaraes, Churcampa, Tayacaja y Huancavelica.
9. Departamento de Ayacucho. Provincias de Sucre, Huamanga, Huanta y Vilcashuaman.
10. Departamento de Apurímac. Todas las provincias.
11. Departamento de Cusco. Todas las provincias.
12. Departamento de Madre de Dios. Provincias de Tambopata y Manú.
13. Departamento de Puno. Todas las provincias.

Zona 3

1. Departamento de Tumbes. Todas las provincias.
2. Departamento de Piura. Todas las provincias.
3. Departamento de Cajamarca. Todas las provincias.
4. Departamento de Lambayeque. Todas las provincias.
5. Departamento de La Libertad. Todas las provincias.
6. Departamento de Ancash. Todas las provincias.
7. Departamento de Lima. Todas las provincias.
8. Provincia Constitucional del Callao.
9. Departamento de Ica. Todas las provincias.
10. Departamento de Huancavelica. Provincias de Castrovirreyna y Huaytará.
11. Departamento de Ayacucho. Provincias de Cangallo, Huanca Sancos, Lucanas, Victor Fajardo, Parinacochas y Paucar del Sara Sara.
12. Departamento de Arequipa. Todas las provincias.
13. Departamento de Moquegua. Todas las provincias.
14. Departamento de Tacna. Todas las provincias.

NORMA E.090

ESTRUCTURAS METÁLICAS

SÍMBOLOS

El número de la Sección en paréntesis después de la definición de un símbolo se refiere a la Sección donde el símbolo es definido por primera vez

A Área de la sección transversal,mm^2 (6.1.1.2)
A_B Área cargada de concreto, mm^2 (9.2.4)
A_b Área nominal de un conector, mm^2 (10.3.7)
A_c Área de concreto, mm^2 (9.2.2)
A_c Área de la losa de concreto dentro de su ancho efectivo, mm^2 (9.5.2)
A_D Área de una varilla recalcada en función del mayor diámetro de su parte roscada, mm^2 (10.3.6)
A_e Área neta efectiva, mm^2 (2.3)
A_f Área del ala, mm^2 (Apéndice 6.3)
A_{fe} Área efectiva del ala en tracción, mm^2 (2.10)
A_{fg} Área total del ala, mm^2 (2.10)
A_{fn} Área neta del ala, mm^2 (2.10)
A_g Área total, mm^2 (1.5)
A_{gt} Área total sometida a tracción, mm^2 (10.4.3)
A_{gv} Área total sometida a corte, mm^2 (10.4.3)
A_n Área neta, mm^2 (2.2)
A_{nt} Área neta sometida a tracción, mm^2 (10.4.2)
A_{nv} Área neta sometida a corte, mm^2 (10.4.1)
A_{pb} Área proyectada de aplastamiento, mm^2 (10.8)
A_r Área de barras de refuerzo longitudinal, mm^2 (9.2.2)
A_s Área de la sección transversal de acero, mm^2 (9.2.2)
A_{sc} Área de la sección transversal del perno de corte, mm^2 (9.5.3)
A_{sf} Área de corte en la línea de falla, mm^2 (4.3)
A_w Área del alma, mm^2 (6.2.1)
A_1 Área de acero concentricamente cargada sobre un apoyo de concreto, mm^2 (10.9)
A_2 Área total de la sección transversal de un apoyo de concreto, mm^2 (10.9)
B Factor para esfuerzo de flexión en tees y ángulos dobles (6.1.1.2)
B Factor para esfuerzos de flexión en elementos con almas de peralte variable, mm, definido por las Ecuaciones A-6.3-8 a la A-6.3-11 (Apéndice 6.3)
B_1, B_2 Factores usados en determinar M_u flexo-compresión cuando se emplea un análisis de primer orden (3.1)
C_{PG} Coeficiente para Vigas de Plancha (7.2)
C_b Coeficiente de flexión dependiente de la gradiente de momentos (6.1.1.2a)
C_m Coeficiente aplicado al término de flexión en la fórmula de interacción para elementos prismáticos y dependiente de la curvatura de la columna causada por los momentos aplicados (3.1)
C_m' Coeficiente aplicado al término de flexión en la fórmula de interacción para elementos de peralte variable y dependiente del esfuerzo axial en el extremo menor del elemento (Apéndice 6.3)
C_p Coeficiente de empozamiento de agua para elemento principal en un techo plano (11.2)
C_s Coeficiente de empozamiento de agua para elemento secundario en un techo plano (11.2)
C_v Relación del esfuerzo crítico del alma, de acuerdo a la teoría de pandeo, elástico al esfuerzo de fluencia en corte del material del alma (7.3)
C_w Constante de alabeo, mm^6 (6.1.1.2a)
D Diámetro exterior de sección hueca circular. (Apéndice 2.5.3b)
D Carga muerta debido al peso propio de los elementos estructurales y los efectos permanentes sobre la estructura (1.4.1)
D Factor usado en la ecuación 7.4-1,dependiente del tipo de rigidizadores transversales usado en una viga de planchas (7.4)
E Módulo de elasticidad del acero (E = 200 000 MPa) (5.2.1)
E Carga del sísmo (1.4.1)
E_c Módulo de elasticidad del concreto, Mpa (9.2.2)
E_m Módulo de elasticidad modificado, Mpa (9.2.2)
F_{BM} Resistencia nominal del material de base a ser soldado, MPa (10.2.4)
F_{EXX} Resistencia mínima especificada del metal de soldadura, MPa (10.2.4)
F_L El menor valor de $(F_{yf} - F_r)$ o de F_{yw}, MPa (6.1.1.2a)
F_{bg} Esfuerzo de flexión para elementos de peralte variable definido por las Ecuaciones A-6.3-4 y A-6.3 – 5 (Apéndice 6.3.4)
F_{cr} Esfuerzo crítico, MPa (5.2)
$F_{crft}, F_{cry}, F_{crz}$ Esfuerzos de pandeo flexo – torsional en sesiones comprimidas de doble ángulo y secciones en forma de T, MPa (5.3)
F_e Esfuerzo de pandeo elástico, MPa (Apéndice 5.3)
F_{ex} Esfuerzo de pandeo elástico en flexión con respecto al eje mayor, MPa (Apéndice 5.3)
F_{ey} Esfuerzo de pandeo elástico en flexión con respecto al eje menor, MPa (Apéndice 5.3)
F_{ez} Esfuerzo de pandeo elástico torsional, MPa (Apéndice 5.3)
F_{my} Esfuerzo de fluencia modificado para columnas compuestas, MPa (9.2.2)
F_n Esfuerzo nominal cortante ó de tracción a la rotura MPa (10.3.6)
F_r Esfuerzo residual de compresión en el ala (70 MPa para laminado; 115 MPa para soldado) MPa (Tabla 2.5.1)
$F_{s\gamma}$ Esfuerzo para elementos de peralte variable definido por la Ecuación A-6.3-6, MPa (Apéndice 6.3)
F_u Resistencia mínima de tracción especificada para el tipo de acero que está usándose, MPa (2.10)
F_w Resistencia nominal del material del electrodo para soldadura, MPa (10.2.4)
$F_{w\gamma}$ Esfuerzo para elementos de peralte variable definido por la Ecuación A-6.3-7, MPa (Apéndice 6.3)
F_y Esfuerzo de fluencia mínimo especificado del tipo de acero que está usándose Mpa. Como se usa en esta especificación, «esfuerzo de fluencia» denota o el punto de fluencia mínimo especificado (para aquellos aceros que tengan punto de fluencia) o la

resistencia a la fluencia especificada (para aquellos aceros que no tengan punto de fluencia) (1.5)

F_{yf} Esfuerzo de fluencia mínimo especificado del ala, MPa (Tabla 2.5.1)

F_{yr} Esfuerzo de fluencia mínimo especificado de las barras de refuerzo, MPa (9.2.2)

F_{yst} Esfuerzo de fluencia mínimo especificado del material de los rigidizadores, MPa (7.4)

F_{yw} Esfuerzo de fluencia mínimo especificado del alma, MPa (Tabla 2.5.1)

G Módulo de elasticidad en corte del acero, MPa (77 200 MPa) (6.1.1.2)

H Fuerza Horizontal, N (3.1)

H Constante de flexión, (5.3)

H_s Longitud del perno de cortante después de soldarse, mm (9.3.5)

I Momento de inercia, mm^4 (6.1.1)

I_d Momento de inercia por unidad de ancho de la cobertura de acero apoyada en elementos secundarios, mm^4 por m (11.2)

I_p Momento de inercia de los elementos principales, mm^4 (11.2)

I_s Momento de inercia de los elementos secundarios, mm^4 (11.2)

I_{yc} Momento de inercia del ala en compresión con respecto al eje o si hay doble curvatura por flexión, el momento de inercia del ala más pequeña, mm^4 (Apéndice 6.1)

J Constante torsional para una sección, mm^4 (6.1.1.2)

K Factor de longitud efectiva para elemento prismático (2.7)

K_z Factor de longitud efectiva para pandeo torsional (Apéndice 5.3)

K_g Factor de longitud efectiva para elementos de peralte variable (Apéndice 6.3)

L Altura del piso, mm (3.1)

L Longitud de la conexión en dirección de la fuerza, mm (2.3)

L Carga viva debida al mobiliario y ocupantes (1.4.1)

L_b Longitud no arriostrada lateralmente; longitud entre puntos que están arriostrados contra desplazamientos laterales de ala en compresión o arriostrados contra la torsión de la sección transversal, mm (6.1.1.2)

L_c Longitud del conector de corte tipo canal, mm (9.5.4)

L_e Distancia del borde, mm (10.3.10)

L_p Longitud límite lateralmente sin arriostrar para desarrollar la capacidad total plástica a la flexión ($C_b = 1{,}0$), mm (6.1.1.2)

L_p Espaciamiento entre columnas en dirección de la viga principal, m (11.2)

L_{pd} Longitud límite no arriostrada lateralmente para análisis plástico, mm (6.1.1.2)

L_r Longitud límite no arriostrada lateralmente para pandeo inelástico lateral- torsional, mm (6.1.1.2)

L_r Carga viva en las azoteas (1.4.1)

L_s Espaciamiento entre columnas perpendicularmente a la dirección de la viga principal, m (11.2)

M_A Valor absoluto del momento en el cuarto de la luz del segmento de viga sin arriostrar, N-mm (6.1.1.2)

M_B Valor absoluto del momento en el punto medio del segmento de viga sin arriostrar, N-mm (6.1.1.2)

M_C Valor absoluto del momento a los tres cuartos de la luz del segmento de viga sin arriostrar, N-mm (6.1.1.2)

M_{cr} Momento de pandeo elástico, N-mm (6.1.1.2)

M_{lt} Resistencia requerida en flexión en el elemento como resultado solamente de la traslación lateral del pórtico, N-mm (3.1)

$M_{\max}$ Valor absoluto del máximo momento en el segmento de la viga sin arriostrar, N-mm (6.1.1.2)

M_n Resistencia nominal en flexión, N-mm (6.1.1)

M_{nt} Resistencia requerida en flexión en el elemento, asumiendo que no hay traslación lateral del pórtico, N - mm (3.1)

M_p Momento de flexión plástico, N - mm (6.1.1)

M_r Momento de pandeo límite, M_{cr}, cuando $\lambda = \lambda_r$ y $C_b = 1{,}0$, N-mm (6.1.1.2)

M_u Resistencia requerida en flexión, N-mm (3.1)

M_y Momento correspondiente al inicio de la fluencia en la fibra extrema debido a una distribución elástica de esfuerzos, N - mm (6.1.1.1)

M_1 Momento menor en los extremos de la longitud no arriostrada de la viga o de la viga columna, N-mm (6.1.1.2)

M_2 Momento mayor en los extremos de la longitud no arriostrada de la viga o de la viga-columna, N-mm (6.1.1.2)

N Longitud de apoyo, mm (11.1.3)

N_r Numero de pernos de cortante en un nervio en la intersección con la viga (9.3.5)

P_{e1}, P_{e2} Carga de pandeo elástico de Euler para pórtico arriostrado y no arriostrado, respectivamente, N (3.1)

P_n Resistencia axial nominal (tracción o compresión), N (4.1)

P_p Carga de compresión sobre el concreto, N(10.9)

P_u Resistencia axial requerida (tracción o compresión), N (Tabla 2.5.1)

P_y Resistencia a la fluencia, N (Tabla 2.5.1)

Q Factor de reducción total para elementos esbeltos en compresión (Apéndice 5.3)

Q_a Factor de reducción para elementos esbeltos en compresión rigidizados (Apéndice 2.5.3)

Q_n Resistencia nominal de un conector de corte, perno o canal, N (9.5)

Q_s Factor de reducción para elementos esbeltos en compresión no rigidizados (Apéndice 2.5.3)

R Carga por lluvia o granizo (1.4.1)

R_{PG} Factor de reducción de la resistencia por flexión para vigas de plancha (7.2)

R_e Factor de viga híbrida (7.2)

R_n Resistencia nominal (1.5.3)

R_v Resistencia del alma por corte, N (11.1.7)

S Módulo elástico de la sección, mm^3 (6.1.1.2)

S Espaciamiento de los elementos secundarios, m (11.2)

S Carga de nieve (1.4.1)

S_x' Módulo de sección, de la sección crítica en la longitud de viga no arriostrada bajo consideración, mm^3 (Apéndice 6.3)

S_{eff} Modulo de sección efectivo con respecto al eje mayor, mm^3 (Apéndice 6.1)

S_{xt}, S_{xc} Módulo de sección de la fibra extrema del ala en tracción y compresión respectivamente, mm^3 (Apéndice 6.1)

T Fuerza de tracción debida a las cargas de servicio, N (10.3.9)

T_b Fuerza mínima de tracción especificada en pernos de alta resistencia, N (10.3.9)

T_u Resistencia a la tracción requerida por las cargas amplificadas, N (10.3.9)

U Coeficiente de reducción usado para calcular el área neta efectiva (2.3)

V_n Resistencia nominal por corte, N (6.2.2)

V_u Resistencia requerida en corte, N (7.4)

W Carga de Viento, (1.4.1)

X_1 Factor de pandeo en vigas definido por la Ecuación 6.1-8 (6.1.1.2)

X_2 Factor de pandeo en vigas definido por la Ecuación 6.1-9 (6.1.1.2)

Z Módulo plástico de la sección, mm^3 (6.1.1)

a Distancia libre entre rigidizadores transversales, mm (Apéndice 6.2.2)

a Distancia entre conectores en un elemento armado, mm (5.4)

a La menor distancia entre el borde del agujero de un pasador al borde del elemento medida paralelamente a la dirección de la fuerza, mm (4.3)

a_r Relación entre el área del alma y el área del ala en compresión (7.2)

a' Longitud de soldadura, mm (2.10)

b Ancho del elemento en compresión, mm (2.5.1)

b_e Ancho reducido efectivo para elementos esbeltos en compresión, mm (Apéndice 2.5.3)

b_{eff} Distancia efectiva de borde, mm (4.3)

b_f Ancho de ala, mm (2.5.1)
c_1, c_2, c_3 Coeficientes numéricos (9.2.2)
d Diámetro nominal del perno, mm (10.3.3)
d Peralte total del elemento, mm,(2.5.1)
d Diámetro del pasador, mm (4.3)
d Diámetro de rodillo, mm (10.8)
d_L Peralte en el extremo mayor de un segmento de peralte variable, mm (Apéndice 6.3)
d_b Peralte de la viga, mm (11.1.7)
d_c Peralte de la columna, mm (11.1.7)
d_o Peralte en el extremo menor de un segmento de peralte variable, mm (Apéndice 6.3)
e Base de logaritmos naturales =2,71828...
f Esfuerzo elástico de compresión calculado en el elemento rigidizado, MPa (Apéndice 2.5.3)
f_{b1} El menor de los esfuerzos de flexión calculado en los extremos de un segmento de peralte variable, MPa (Apéndice 6.3)
f_{b2} El mayor de los esfuerzos de flexión calculado en los extremos de un segmento de peralte variable, MPa (Apéndice 6.3)
f_c' Resistencia especificada en compresión del concreto MPa (9.2.2)
f_{un} Esfuerzo normal requerido, MPa (8.2)
f_{uv} Esfuerzo cortante requerido, MPa (8.2)
f_v Esfuerzo cortante requerido debido a las cargas amplificadas en los pernos, MPa (10.3.7)
g Espaciamiento transversal centro a centro entre dos líneas de agujeros, mm(2.2)
h Distancia libre entre alas menos el filete o radio en la esquina de cada ala o para secciones armadas la distancia entre líneas adyacentes de pernos o la distancia libre entre alas cuando se emplea soldadura, mm (2.5.1)
h Distancia entre centroides de componentes individuales perpendicular al eje de pandeo del elemento, mm (5.4)
h_c El doble de la distancia desde el centroide a: la cara interior del ala en compresión menos el filete o radio de la esquina para perfiles laminados; a la línea mas cercana de pernos al ala compresión en secciones armadas o a la cara interior del ala en compresión cuando se emplea soldadura, mm (2.5.1)
h_r Altura nominal del nervio, mm (9.3.5)
h_s Factor usado en Ecuación A-6.3-6 para elementos con alma de peralte variable, (Apéndice 6.3)
h_w Factor usado en Ecuación A-6.3-7 para elementos con alma de peralte variable, (Apéndice 6.3)
j Factor definido por la Ecuación A-6.2-4 para el momento de inercia mínimo de un rigidizador transversal (Apéndice 6.2.3)
k Distancia desde la cara exterior del ala a la base del filete del alma, mm (11.1.3)
k_v Coeficiente de pandeo de la plancha del alma (Apéndice 6.2.2)
l Longitud sin arriostre lateral de un elemento en el punto de carga, mm (2.7)
l Longitud de aplastamiento, mm (10.8)
l Longitud de soldadura, mm (2.3)
m Relación entre el esfuerzo de fluencia del alma al esfuerzo de fluencia del ala o al esfuerzo crítico F_{cr} en vigas híbridas (7.2)
r Radio de giro que controla la esbeltez, mm (2.7)
r_{To} Rádio de giro de una sección en el extremo menor de un elemento de peralte variable, considerando solamente el ala en compresión mas un tercio del área del alma en compresión, con respecto a un eje en el plano del alma, mm (Apéndice 6.3.4)
r_i Radio mínimo de giro del componente individual en un elemento armado, mm (5.4)
r_{ib} Radio de giro del componente individual relativo a su eje centroidal paralelo al eje de pandeo del elemento, mm (5.4)
r_m Radio de giro de un perfil de acero o tubo en columnas compuestas. Para perfiles de acero no será menor que 0,3 veces el espesor total de la sección compuesta, mm (9.2)
r_o Radio polar de giro con respecto al centro de corte, mm (5.3)
r_{ox}, r_{oy} Radio de giro respecto a los ejes x e y, respectivamente, en el extremo de menor dimensión de un elemento de peralte variable, mm (Apéndice 6.3.3)
r_x, r_y Radio de giro respecto a los ejes x e y, respectivamente, mm (5.3)
r_{yc} Radio de giro del ala en compresión respecto al eje y, ó si hay doble curvatura por flexión, radio de giro del ala mas pequeña, mm (Apéndice 6.1)
s Espaciamiento longitudinal centro a centro entre, dos agujeros consecutivos, mm (2.2)
t Espesor de la plancha, mm (4.3)
t_f Espesor del ala, mm (2.5.1)
t_f Espesor del ala de un conector de corte tipo canal, mm (9.5.4)
t_w Espesor del alma de un conector de corte tipo canal, mm (9.5.4)
t_w Espesor del alma, mm (2.5.3)
w Ancho de la plancha; distancia entre soldaduras, mm (2.3)
w Peso unitario del concreto, Kg/m^3(9.2)
w_r Ancho promedio de concreto en el nervio, mm (9.3.5)
x Subíndice que relaciona el simbolo con la flexión según el eje mayor
x_o, y_o Coordenadas del centro de corte con respecto al centroide, mm (5.3)
$\bar{x}$ Excentricidad de la conexión, mm (2.3)
y Subíndice que relaciona el símbolo con la flexión según el eje menor
z Distancia desde el extremo menor de un elemento de peralte variable usado en la Ecuación A-6.3- 1, mm (Apéndice 6.3.1)
α Relación de separación para elementos armados en compresión = $\frac{h}{2r_{ib}}$ (5.4)
Δ_{oh} Deformación lateral de entre piso, mm (3.1)
γ Relación de variación del peralte (Apéndice 6.3). Subíndice para elementos de peralte variable (Apéndice 6.3)
γ Peso unitario del agua N/mm^3 (11.2)
λ_c Parámetro de esbeltez de columna (3.1)
λ_e Parámetro de esbeltez equivalente (Apéndice 5.3)
λ_{eff} Relación de esbeltez efectiva definida por la Ecuación A-6.3-2 (Apéndice 6.3)
λ_p Parámetro de esbeltez límite para elemento compacto (2.5.1)
λ_r Parámetro de esbeltez límite para elemento no compacto (2.5.1)
ϕ Factor de resistencia (1.5.3)
ϕ_b Factor de resistencia para flexión (6.1)
ϕ_c Factor de resistencia para compresión (1.5)
ϕ_c Factor de resistencia para columnas compuestas cargadas axialmente (9.2.2)
ϕ_{sf} Factor de resistencia para corte en el área de falla (4.3)
ϕ_t Factor de resistencia para tracción (4.1)
ϕ_v Factor de resistencia para corte (6.2.2)

CAPÍTULO 1
CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. ALCANCE

Esta Norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD) y el método por Esfuerzos Permisibles (ASD).

Su obligatoriedad se reglamenta en esta misma Norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional.

Las exigencias de esta Norma se consideran mínimas.

1.2. LÍMITES DE APLICABILIDAD

1.2.1. Definición de Acero Estructural

En la presente Norma, el término acero estructural se referirá a aquellos elementos de acero de sistemas estructurales de pórticos y reticulados que sean parte esencial para soportar las cargas de diseño. Se entiende como este tipo de elementos a: vigas, columnas, puntales, bri-

das, montantes y otros que intervienen en el sistema estructural de los edificios de acero. Para el diseño de secciones dobladas en frío o perfiles plegados se recomienda utilizar las Normas del American Iron and Steel Institute (AISI).

1.2.2. Tipos de Construcción

Tres son los tipos de construcciones aceptables bajo los alcances de esta Norma:

Tipo 1, comúnmente denominado pórtico rígido (pórtico continuo), el cual asume que las conexiones entre vigas y columnas son suficientemente rígidas para mantener sin cambios los ángulos entre elementos que se interceptan.

Tipo 2, conocido como pórtico simple (no restringido), que asume una condición de apoyo simple en sus extremos mediante conexiones sólo por corte y que se encuentran libres de rotar por cargas de gravedad.

Tipo 3, denominado pórtico semirrígido (parcialmente restringido) que asume que las conexiones entre elementos poseen cierta capacidad conocida de rotación, que se encuentra entre la conexión rígida del Tipo1 y la conexión simple del Tipo 2.

El diseño de las conexiones debe ser consistente con lo asumido en cada tipo de sistema estructural, y debe plasmarse en los planos de diseño.

Las construcciones de edificios del Tipo 2 deben cumplir que:

(1) Las conexiones y los elementos conectados serán adecuados para resistir las cargas de gravedad como vigas simplemente apoyadas.

(2) Las conexiones y elementos conectados serán adecuados para resistir las cargas laterales.

(3) Las conexiones tendrán una adecuada capacidad de rotación inelástica que evite sobrecargar a los conectores o soldaduras frente a la acción combinada de fuerzas horizontales y de gravedad.

Las construcciones semirrígidas del Tipo 3 pueden necesitar una deformación inelástica, pero autolimitada, de alguna zona de acero estructural.

1.3. MATERIAL

1.3.1. Acero Estructural

1.3.1a. Designaciones ASTM

Bajo esta Norma se aprobará el uso del material que cumpla algunas de las siguientes especificaciones:

- Acero estructural, ASTM A36 (AASHTO M270 Grado 36)
- Tubos redondos de acero negro y galvanizado, soldados y sin costura, ASTM A53, Gr. B.
- Acero de alta resistencia y baja aleación, ASTM A242
- Tubos estructurales de acero al carbono, doblados en frío, soldados y sin costura, ASTM A500.
- Tubos estructurales de acero al carbono, doblados en caliente, solados y sin costura, ASTM A501.
- Planchas de acero aleado, templado y revenido, de alta resistencia, adecuadas para soldadura, ASTM A514 (AASHTO M270 Grado 100 y 100W)
- Acero al Carbono – Manganeso, de alta resistencia, de calidad estructural, ASTM A529.
- Planchas y flejes de acero al carbono, laminadas en caliente, de calidad estructural, ASTM A570, Gr. 275, 310 y 345
- Acero de alta resistencia y baja aleación al niobio - vanadio, de calidad estructural, ASTM A572 (AASHTO M270 Grado 50)
- Acero estructural de alta resistencia y baja aleación, con un límite de fluencia mínimo de 345 MPa, de hasta 100 mm de espesor, ASTM A588 (AASHTO M270 Grado 50W)
- Planchas y flejes de acero de alta resistencia y baja aleación, laminadas en caliente y laminadas en frío, con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica, ASTM A606.
- Planchas y flejes de acero de alta resistencia y baja aleación, con Niobio o Vanadio o ambos, laminadas en caliente y laminadas en frío, ASTM A607.
- Tubos estructurales de alta resistencia y baja aleación, soldados y sin costura, formados en caliente, ASTM A618.
- Planchas de acero estructural de baja aleación, templado y revenido, con límite de fluencia mínimo de 485 MPa, de hasta 100 mm de espesor, ASTM A852 (AASHTO M270 Grado 70W)
- Acero estructural para puentes, ASTM A709 Grado 36, 50, 50W, 70W, 100 y 100W

Reportes de ensayos certificados de planta o reportes de ensayos certificados realizados por el fabricante o por un laboratorio de ensayos de acuerdo con la Norma ASTM A6 o A568, la que sea aplicable, constituirán suficiente evidencia de conformidad con uno de los estándares indicados anteriormente. Si es requerido, el fabricante proveerá una declaración jurada declarando que el acero estructural suministrado cumple los requerimientos de los grados especificados.

1.3.1b. Acero no Identificado

Se permite el uso de acero no identificado, si su superficie se encuentra libre de imperfecciones de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma ASTM A6, en elementos o detalles de menor importancia, donde las propiedades físicas precisas y su soldabilidad no afecten la resistencia de la estructura.

1.3.1c. Perfiles Pesados

Para las secciones laminadas de los Grupos 4 y 5 de la Norma ASTM A6 a ser usadas como elementos sujetos a esfuerzos primarios de tracción debido a tracción o flexión, no se necesita especificar la tenacidad si los empalmes son empernados. Si tales elementos son empalmados con soldadura de penetración total, el acero especificado será suministrado con ensayos de impacto Charpy de entalle en V de acuerdo con la Norma ASTM A6, Requisito Suplementario S5. El ensayo de impacto deberá alcanzar un valor promedio mínimo de 27 J de energía absorbida a +20°C y será realizado de acuerdo con la Norma ASTM A673, con las siguientes excepciones:

(1) El eje longitudinal central de la probeta estará situado tan cerca como sea práctico a la mitad entre la superficie interna del ala y el centro del espesor del ala en la intersección con la mitad del espesor del alma.

(2) Los ensayos serán realizados por el fabricante en material seleccionado de la parte superior de cada lingote o parte de lingote usado para fabricar el producto representado por estos ensayos.

Para las planchas con espesores mayores de 50 mm, que se usen para construir secciones armadas con empalmes empernados y sujetas a esfuerzos primarios de tracción debido a tracción o flexión, no se necesita especificar la tenacidad del material. Si tales secciones son empalmadas usando soldadura de penetración total, el acero especificado será suministrado con ensayos de impacto Charpy de entalle en V de acuerdo con la Norma ASTM A6, Requisito Suplementario S5. El ensayo de impacto será realizado por el fabricante de acuerdo a la Norma ASTM A673, Frecuencia P, y deberá alcanzar un valor promedio mínimo de 27 J de energía absorbida a +20°C.

Los requisitos suplementarios indicados anteriormente también se aplican cuando se usan juntas soldadas de penetración total en todo el espesor de perfiles de los Grupos 4 y 5 del ASTM A6 y secciones armadas con espesores mayores de 50 mm en conexiones sujetas a esfuerzos primarios de tracción debido a tracción o flexión de tales elementos. Los requisitos no necesitan aplicarse a perfiles de los Grupos 4 y 5 del ASTM A6 y secciones armadas con espesores mayores de 50 mm a los cuales se conectan elementos diferentes que los perfiles de los Grupos 4 y 5 del ASTM A6 y secciones armadas por medio de juntas soldadas de penetración total en todo el espesor del material más delgado a la cara del material más grueso.

1.3.2. Fundiciones y Piezas Forjadas de Acero

El acero fundido cumplirá una de las siguientes especificaciones estándar:

- Fundiciones de acero al carbono de baja a media resistencia para aplicaciones generales, ASTM A27, Gr. 450 - 240.

- Fundiciones de acero de alta resistencia para uso estructural, ASTM A418, Gr. 550 - 345.

Las piezas forjadas de acero deberán estar de acuerdo a la siguiente especificación estándar:

- Piezas forjadas de acero al carbono y de aleación para uso industrial general, ASTM A668.

Reportes de ensayos certificados constituirán suficiente evidencia de conformidad con los estándares.

1.3.3. Pernos, Arandelas y Tuercas

Los pernos, arandelas y tuercas de acero cumplirán una de las siguientes especificaciones estándar:

- Tuercas de acero al carbono y de aleación para pernos para servicio de alta presión y alta temperatura, ASTM A194.
- Pernos y pernos de cortante de acero al carbono, de resistencia a la tracción 414 MPa, ASTM A307.
- Pernos estructurales, de acero, tratados térmicamente, de resistencia mínima a la tracción 830/725 MPa, ASTM A325.
- Pernos y pernos de cortante de acero templado y revenido, ASTM A449.
- Pernos estructurales de acero tratado térmicamente, de resistencia mínima a la tracción 1040 MPa, ASTM A490.
- Tuercas de acero al carbono y de aleación, ASTM A563.
- Arandelas de acero endurecido, ASTM F436.

Los pernos A449 son permitidos solamente en conexiones con diámetros de pernos mayores de 33 mm, y no deben usarse en conexiones críticas de deslizamiento.

La certificación del fabricante constituirá suficiente evidencia de conformidad con los estándares.

1.3.4. Pernos de Anclaje y Varillas Roscadas

Los pernos de anclaje y varillas roscadas cumplirán una de las siguientes especificaciones estándar:

- Acero estructural, ASTM A36.
- Materiales para pernos de acero de aleación e inoxidable para servicio de alta temperatura, ASTM A193.
- Pernos, pernos de cortante y otros conectores roscados externamente, de acero de aleación, templado y revenido, ASTM A354.
- Acero de alta resistencia, de baja aleación, de niobio-vanadio, de calidad estructural, ASTM A572.
- Acero estructural de alta resistencia, de baja aleación, con un límite de fluencia mínimo de 345 MPa y hasta 100 mm de espesor, ASTM A588.
- Pernos y pernos de cortante de acero de alta resistencia, sin recalcar, ASTM A687.

Las roscas en pernos y varillas cumplirán las series estándar unificadas de ANSI B18.1 y tendrán tolerancias de la clase 2A.

Se permite el uso como pernos de anclaje de los pernos de acero que estén de acuerdo a otras provisiones de la Sección A3.3. El acero de calidad A449 es aceptable para pernos de anclaje de alta resistencia y varillas roscadas de cualquier diámetro.

La certificación del fabricante constituirá suficiente evidencia de conformidad con los estándares.

1.3.5. Metal de Aporte y Fundente para el Proceso de Soldadura

Los electrodos y fundentes para soldadura cumplirán con algunas de las siguientes especificaciones de la American Welding Society (AWS):

- Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco protegido, AWS A5.1.
- Especificación para electrodos de baja aleación para soldadura de arco con cubierta, AWS A5.5.
- Especificación para electrodos y fundentes de acero al carbono para soldadura de arco sumergido, AWS A5.17.
- Especificación para metales de aporte de acero al carbono para soldadura de arco con atmósfera protegida, AWS A5.18.
- Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco con alambre tubular, AWS A5.20.
- Especificación para electrodos y fundentes de acero de baja aleación para soldadura de arco sumergido, AWS A5.23.
- Especificación para metales de aporte de aceros de baja aleación para soldadura de arco con atmósfera protegida, AWS A5.28.
- Especificación para electrodos de acero de baja aleación para soldadura de arco con alambre tubular, AWS A5.29.

La Certificación del fabricante constituirá suficiente evidencia de conformidad con los estándares. Deben seleccionarse electrodos (metal de aporte) adecuados para el uso propuesto. La tenacidad en entalles del metal de la soldadura generalmente no es crítica para la construcción de edificios.

1.3.6. Conectores de Pernos de Cortante

Los conectores de pernos de cortante de acero cumplirán los requisitos de la Norma Structural Welding Code - Steel, AWS D1.1.

La certificación del fabricante constituirá suficiente evidencia de conformidad con la Norma.

1.4. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGA

Las cargas nominales serán las cargas mínimas de diseño establecidas en la Norma E.020 Cargas.

1.4.1. Cargas, Factores de Carga y Combinación de Cargas

Las siguientes cargas nominales deben ser consideradas:

D : Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.
L : Carga viva debida al mobiliario y ocupantes.
L_r : Carga viva en las azoteas.
W : Carga de viento.
S : Carga de nieve.
E : Carga de sismo de acuerdo a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
R : Carga por lluvia o granizo.

La resistencia requerida de la estructura y sus elementos debe ser determinada para la adecuada combinación crítica de cargas factorizadas. El efecto crítico puede ocurrir cuando una o más cargas no estén actuando. Para la aplicación del método LRFD, las siguientes combinaciones deben ser investigadas:

$$1{,}4D \qquad (1.4\text{-}1)$$

$$1{,}2D + 1{,}6L + 0{,}5\left(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R\right) \qquad (1.4\text{-}2)$$

$$1{,}2D + 1{,}6\left(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R\right) + \left(0{,}5L \text{ ó } 0{,}8W\right) \qquad (1.4\text{-}3)$$

$$1{,}2D + 1{,}3W + 0{,}5L + 0{,}5\left(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R\right) \qquad (1.4\text{-}4)$$

$$1{,}2D \pm 1{,}0E + 0{,}5L + 0{,}2S \qquad (1.4\text{-}5)$$

$$0{,}9D \pm \left(1{,}3W \text{ ó } 1{,}0E\right) \qquad (1.4\text{-}6)$$

En las combinaciones 1.4-3, 1.4-4 y 1.4-5 el factor de cargas para L debe ser considerado como 1,0 en el caso de estacionamientos, auditorios y todo lugar donde la carga viva sea mayor a 4800 Pa.

Para la aplicación del método ASD las cargas se combinarán con factores iguales a 1,0, la solicitación sísmica se debe considerar dividida entre 1,4 y no se considerará que el viento y sismo actúan simultáneamente.

1.4.2. Impacto

En el caso de estructuras que soporten carga viva que produce impacto, deberá considerarse un incremento en la carga viva nominal debido a este efecto. En el caso del método LRFD, este incremento se aplica en las Combinaciones 1.4-2 y 1.4-3.

Si no hay indicación en contrario, los incrementos serán los siguientes:

(a) Para apoyos de ascensores: 100%.
(b) Para apoyos de maquinaria liviana accionada por ejes o motores: 20%.
(c) Para apoyos de máquinas reciprocantes: 50%.
(d) Para tirantes que soportan pisos y voladizos: 33%.

(e) Para vigas de puentes grúas con cabina de operador y sus conexiones: 25%.
(f) Para vigas de puentes grúas con control colgante y sus conexiones: 10%.

1.4.3. Fuerzas Horizontales en Puentes Grúa
La fuerza lateral nominal en la vía del puente grúa que se genera por el movimiento del polipasto no debe ser menor al 20% de la suma del peso izado y del peso del polipasto, no debe incluirse el peso de otras partes de la grúa. Esta fuerza debe aplicarse en la parte superior de los rieles actuando en la dirección normal al desplazamiento del puente grúa, y debe ser distribuida considerando la rigidez lateral de la estructura que soporta los rieles.
La fuerza longitudinal nominal tendrá un valor mínimo de 10% de las máximas cargas de rueda de la grúa aplicada en la parte alta del riel, a menos que se especifique otra cosa.

1.5. BASES DE DISEÑO

1.5.1. Resistencia Requerida
La resistencia requerida de los elementos estructurales y sus conexiones debe ser determinada mediante un análisis estructural para las cargas que actúan sobre la estructura, combinadas como indica en la Sección 1. 4.
Se permite que el diseño se haga empleando análisis elástico o plástico, excepto que el diseño para análisis plástico se permite sólo para aceros con un esfuerzo de fluencia especificado que no exceda de 450 MPa y cumpliendo lo indicado en las Secciones 2.5.2, 3.2, 5.1.2, 6.1.1.2d, 8.1 y 9.1.
Las vigas con secciones compactas, como se define en la Sección 2.5.1, que tengan longitudes entre puntos arriostrados que cumplan con la Sección 6.1.1.2d (incluyendo elementos compuestos), y que sean continuas sobre sus apoyos o rígidamente unidas a las columnas, podrán ser diseñadas para el 90% del momento negativo por carga de gravedad en sus apoyos. En este caso el máximo momento positivo deberá incrementarse en el 10% del promedio de los momentos negativos. Esta reducción no se permite en voladizos ni en vigas híbridas ni en las que empleen aceros A514. Esta reducción de momentos puede emplearse para el diseño en flexo-compresión de las columnas si la fuerza axial no excede a $0,15\phi_c A_g F_y$ si se emplea el método LRFD o si el esfuerzo f_a no excede de $0,15 F_a$ si se emplea el método ASD.

1.5.2. Estados Límites
El diseño de una estructura debe asegurar que ningún estado límite pertinente sea excedido por la aplicación de las combinaciones de cargas externas.
Los estados límites de resistencia están relacionados con la seguridad y tratan de la capacidad de carga máxima. Los estados límites de servicio están relacionados con el comportamiento frente a cargas normales de servicio.

1.5.3. Diseño por Condiciones de Resistencia
Para el método LRFD la resistencia de diseño de cada sistema o componente estructural deberá ser igual o mayor a la resistencia requerida por las cargas factorizadas. La resistencia de diseño ϕR_n para cada estado límite se calculará multiplicando la resistencia nominal R_n por el factor de resistencia ϕ.
La resistencia requerida se determinará para cada combinación de carga aplicable como se indica en la Sección 1.4. Las resistencias nominales R_n y factores de resistencia ϕ se presentan en los Capítulos 4 a 11.
Para el método ASD los esfuerzos debidos a las cargas externas en cada sistema o componente o componente estructural no deberán exceder los esfuerzos admisibles que se presentan en los Capítulos 4 a 11. Los esfuerzos admisibles pueden incrementarse en 1/3 cuando actúan cargas de sismo o viento solas o en combinación con cargas vivas o de gravedad, de manera que la sección calculada bajo este criterio no sea menor que la requerida cuando no se hace el incremento de 1/3 de los esfuerzo admisibles.

1.5.4. Diseño por Condiciones de Servicio
La estructura como un todo y sus elementos individuales, conexiones y conectores deben ser verificados por condiciones de servicio de acuerdo con las recomendaciones del Capitulo 12.

1.6. REFERENCIA A CÓDIGOS Y NORMAS
Esta Norma hace referencia a los siguientes documentos:

American National Standards Institute
ANSI B18.1-72

American Society of Civil Engineers
ASCE 7-88

American Society for Testing and Materials

ASTM A6-91b	ASTM A27-87	ASTM A36- 91
ASTM A53-88	ASTM A148-84	ASTM A193-91
ASTM A194-91	ASTM A242-91a	ASTM A307-91
ASTM A325-91c	ASTM A354-91	ASTM A449-91a
ASTM A490-91	ASTM A500-90a	ASTM A501-89
ASTM A502-91	ASTM A514-91	ASTM A529-89
ASTM A563-91c	ASTM A570-91	ASTM A572-91
ASTM A588-91a	ASTM A606-91a	ASTM A607-91
ASTM A618-90a	ASTM-A668-85a	ASTM A687-89
ASTM A709-91	ASTM A852-91	ASTM C33-90
ASTM C330-89	ASTM F436-91	

American Welding Society

AWS D.1.1-92	AWS A5.1-91	AWS A5.5-81
AWS A5.17-89	AWS A5.18-79	AWS A5.20-79
AWS A5.23-90	AWS A5.28-79	AWS A5.29-80

Research Council on Structural Connections
Especificaciones LRFD para juntas estructurales usando pernos ASTM A325 ó A490, 1988.

American Iron and Steel Institute
Especificación LRFD para elementos de acero formados en frío, 1991
American Institute of Steel Construction
Código de Práctica Estándar para edificios y puentes de acero, 1992
Requisitos sísmicos para edificios de acero estructural, 1992.
Especificación para el diseño por el método LRFD de elementos de un sólo ángulo, 1993

1.7. DOCUMENTOS DE DISEÑO

1.7.1. Planos
Los planos deben mostrar los detalles completos del diseño con secciones y la ubicación relativa de los diferentes elementos. Deben indicarse los niveles de entrepiso y los centros de columna. Los planos deben dibujarse en una escala lo suficientemente grande como para mostrar claramente toda la información.
Deben indicar el tipo o tipos de construcción definida en la Sección 1.2.2 y los detalles de todas las conexiones típicas. Donde las conexiones sean empernadas se indicará su tipo (aplastamiento, de deslizamiento crítico o de tracción).
Se indicarán las contraflechas de armaduras y vigas cuando sea necesario.

1.7.2. Simbología y Nomenclatura
Los símbolos para soldadura e inspección que se empleen en los planos del proyecto y en los de taller serán los de American Welding Society. Para condiciones especiales no cubiertas por los símbolos de AWS es permitido el empleo de otros símbolos, siempre que figure en los planos una explicación completa de ellos.

1.7.3. Notas para la Soldadura
Las longitudes de soldadura que figuren en los planos deben ser las longitudes netas.

CAPÍTULO 2
REQUISITOS DE DISEÑO

Este Capítulo contiene los requisitos comunes a toda la Norma.

2.1 ÁREA TOTAL
El área total A_g de la sección de un miembro debe determinarse mediante la suma de los productos del espesor por el ancho total de cada elemento de la sección,

medido en un plano perpendicular al eje del miembro. Para los ángulos, el ancho total es la suma de los anchos de los lados menos el espesor.

2.2. ÁREA NETA

El área neta A_n de un miembro es la suma de los productos del espesor por el ancho neto para cada elemento, calculado como sigue:

Para el cálculo del área neta en tracción y corte, el ancho de un agujero para perno se tomará como 2 mm mayor que la dimensión nominal del agujero.

Para una cadena de agujeros que se extienden en una diagonal o una línea en zigzag, el ancho neto se debe obtener deduciendo del ancho total la suma de las dimensiones de los agujeros como se indica en la Sección 10.3.2, para toda la cadena, y sumando, para cada espacio de la cadena, la cantidad $s^2/4g$ donde:

s = espaciamiento longitudinal centro a centro entre dos agujeros consecutivos.

g = espaciamiento transversal centro a centro entre dos líneas de agujeros.

Para los ángulos, el valor de g para agujeros en lados opuestos será la suma de las distancias g medidas desde la espalda del ángulo menos el espesor.

Cuando se calcula el área neta a través de soldaduras de tapón o de ranura, el metal de la soldadura no se tomará en cuenta.

2.3. ÁREA NETA EFECTIVA PARA MIEMBROS EN TRACCIÓN

1. Cuando la tracción es transmitida directamente a cada elemento de la sección por medio de conectores o soldadura, el área neta efectiva A_e es igual al área neta, A_n.

2. Cuando la tracción es transmitida por conectores o soldadura a través de algunos pero no todos los elementos de la sección, el área neta efectiva A_e debe de calcularse como:

$$A_e = AU \qquad (2.3\text{-}1)$$

donde

A = el área como se define a continuación.

U = coeficiente de reducción.

$$= 1 - \left(\bar{x}/L\right) \leq 0{,}9 \qquad (2.3\text{-}2)$$

$\bar{x}$ = excentricidad de la conexión.

L = longitud de la conexión en la dirección de la fuerza.

Se permiten valores mayores de U cuando se justifican por ensayos u otros criterios racionales.

(a) Cuando la tracción es transmitida sólo por pernos.

$$A = A_n$$

(b) Cuando la tracción es transmitida sólo por soldaduras longitudinales a elementos que no son una plancha, ó por soldaduras longitudinales combinadas con transversales.

$$A = A_g$$

(c) Cuando la tracción es transmitida sólo por soldaduras transversales.

A = *área de los elementos directamente conectados*
U = 1,0

(d) Cuando la tracción es transmitida a una plancha a través de soldaduras longitudinales a lo largo de los bordes de ésta, la longitud de la soldadura no debe ser menor que el ancho de la plancha.

A = área de la plancha.

Cuando $l \geq 2w$: U = 1,00

Cuando $2w > l \geq 1{,}5w$: U = 0,87

Cuando $1{,}5w > l \geq w$: .U = 0,75

donde

l = longitud de la soldadura.
w = ancho de la plancha (distancia entre soldaduras).

Para el área efectiva de los elementos de conexión, ver la Sección 10.5.2.

2.4. ESTABILIDAD

Se debe proveer a la estructura de una estabilidad de conjunto y para cada uno de sus miembros.

Debe considerarse los efectos significativos de las cargas sobre la configuración deformada de la estructura y los elementos individuales.

2.5. PANDEO LOCAL

2.5.1. Clasificación de las Secciones de Acero

Las secciones de acero se clasifican en compactas, no-compactas y esbeltas. Para que una sección clasifique como compacta, sus alas deben estar conectadas en forma continua al alma o almas y las relaciones ancho / espesor de sus elementos en compresión no deben exceder los límites de las relaciones ancho /espesor λ_p que se presentan en la Tabla 2.5.1. Las secciones que no clasifiquen como compactas serán calificadas como no-compactas siempre que las relaciones ancho /espesor de sus elementos en compresión no excedan los límites para secciones no-compactas λ_r de la Tabla 2.5.1. Si las relaciones ancho /espesor de algún elemento, sobrepasan los valores λ_r De la Tabla 2.5.1, la sección será clasificada como esbelta en compresión.

Los elementos no rigidizados de una sección son aquellos que son soportados en un solo borde paralelo a la dirección de la fuerza de compresión, y su ancho se tomara como sigue:

(a) Para alas de perfiles en forma de I y T, el ancho b es la mitad del ancho total del ala b_f.

(b) Para lados de ángulos y alas de canales y perfiles en forma de **z**, el ancho b es toda la dimensión nominal.

(c) Para planchas, el ancho b es la distancia del borde libre a la primera fila de conectores o línea de soldadura.

(d) Para el alma de perfiles en forma de T, d es todo el peralte nominal.

Los elementos rigidizados de una sección son aquellos que son soportados a lo largo de dos bordes paralelos a la dirección de la fuerza de compresión, y su ancho se tomará como sigue:

(a) Para el alma de secciones laminadas o formadas, h es la distancia libre entre alas menos el filete o radio en la esquina de cada ala, y h_c es el doble de la distancia del centroide a la cara interior del ala en compresión menos el filete o radio de la esquina.

(b) Para el alma de secciones armadas, h es la distancia entre líneas adyacentes de conectores o la distancia libre entre alas cuando se emplea soldadura, y h_c es el doble de la distancia del centroide a la línea más cercana de conectores en el ala en compresión o a la cara interior del ala en compresión cuando se emplea soldadura.

(c) Para las planchas de ala o de diafragma en secciones armadas, el ancho b es la distancia entre líneas adyacentes de conectores o líneas de soldadura.

(d) Para las alas de las secciones estructurales rectangulares huecas, el ancho b es la distancia libre entre almas menos el radio de la esquina interior en cada lado. Si no se conoce el radio interior se puede tomar el ancho como el ancho total de la sección menos tres veces el espesor.

Para alas de espesores variable de secciones laminadas, el espesor es el valor nominal en el punto medio entre el borde libre y la cara del alma.

TABLA 2.5.1
RELACIONES LÍMITE ANCHO/ESPESOR PARA ELEMENTOS EN COMPRESIÓN (Fy en MPa)

	Descripción del elemento	Relación ancho/espesor	Relación Límites ancho/espesor para elementos en compresión	
			λ_p (compacto)	λ_r (no compacto)
Elementos no Rigidizados [e]	Alas de vigas laminadas en forma de I, y canales en flexión	b/t	$170/\sqrt{F_y}$ [c]	$370/\sqrt{F_y - 70}$
	Alas de vigas soldadas o híbridas en forma de I, en flexión	b/t	$170/\sqrt{F_{yf}}$	$\frac{425}{\sqrt{(F_{yf} - 115)/k_c}}$
	Alas que se proyectan de elementos armados en compresión	b/t	ND	$285/\sqrt{F_y/k_c}$ [e]
	Lados que se proyectan de pares de ángulos en compresión en contacto continuo, alas de perfiles en forma de I y canales en compresión axial; ángulos y planchas que se proyectan de vigas o de elementos en compresión	b/t	ND	$250/\sqrt{F_y}$
	Lados de puntales de un solo ángulo en compresión; lados de puntales en compresión formados por dos ángulos con separadores; elementos no rigidizados o sea apoyados a lo largo de un borde.	b/t	ND	$200/\sqrt{F_y}$
	Almas de secciones T	d/t	ND	$335/\sqrt{F_y}$
Elementos Rigidizados	Alas de secciones estructurales, huecas, cuadradas y rectangulares, y de sección cajón y de espesor uniforme, sometidas a flexión o compresión; platabandas y planchas de diafragmas entre líneas de conectores o soldaduras.	b/t	$500/\sqrt{F_y}$	$625/\sqrt{F_y}$
	Ancho no soportado de platabandas [b] perforadas con una sucesión de huecos de acceso.	b/t	ND	$830/\sqrt{F_y}$
	Almas en compresión por flexión. [a]	h/t_w	$1680/\sqrt{F_y}$ [c]	$2550/\sqrt{F_y}$ [f]
	Almas en flexo-compresión	h/t_w	Para $P_u/\phi_b P_y \le 0{,}125$ [c] $\frac{1680}{\sqrt{F_y}}\left(1-\frac{2{,}75P_u}{\phi_b P_y}\right)$ Para $P_u/\phi_b P_y > 0{,}125$ [c] $\frac{500}{\sqrt{F_y}}\left(2{,}33-\frac{P_u}{\phi_b P_y}\right) \ge \frac{665}{\sqrt{F_y}}$	[f] $\frac{2550}{\sqrt{F_y}}\left(1-0{,}74\frac{P_u}{\phi_b P_y}\right)$
	Cualquier otro elemento rigidizado uniformenenre comprendido	b/t h/t_w	ND	$665/\sqrt{F_y}$
	Secciones circulares huecas en compresión axial en flexión	D/t	ND [d] $22\,000/F_y$	$14\,000/F_y$ $62\,000/F_y$

[a]Para vigas híbridas usar el esfuerzo de fluencia del ala F_{yf} en lugar de F_y.
[b]Se asume el área neta de la plancha en el agujero más ancho
[c]Asume una capacidad de rotación inelástica de 3. Para estructuras en zonas de alta sismicidad, puede ser necesaria una mayor capacidad de rotación.
[d]Para diseño plástico emplear 9000/ F_y.
[e] $k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$, con $0{,}35 \le k_c \le 0{,}763$[f]Para elementos con alas desiguales, ver el Apéndice 2.5.1. F_y es el esfuerzo de fluencia mínimo especificado del tipo de acero que está siendo usado.

2.5.2. Diseño por Análisis Plástico

El diseño a partir de un análisis plástico está permitido cuando las alas sujetas a compresión que desarrollan rótulas plásticas y todas las almas poseen relaciones ancho espesor menores o iguales a λ_p de la Tabla 2.5.1. Para secciones circulares huecas ver la nota d en el pie de la Tabla 2.5.1.

El diseño por análisis plástico está sujeto a las limitaciones de la Sección 1.5.1.

2.5.3. Secciones con Elementos Esbeltos en Compresión.

Para el diseño en flexión de secciones en forma de I, canales y secciones circulares o rectangulares que posean elementos esbeltos en las alas, ver el Apéndice 6.1. Para otras secciones en flexión o miembros en compresión axial con elementos esbeltos ver el Apéndice 2.5.3. Para vigas de planchas con elementos esbeltos en el alma, ver el Capítulo 7.

2.6. RESTRICCIONES DE ROTACIÓN EN PUNTOS DE APOYO

En los puntos de apoyo de vigas y armaduras debe de proveerse restricciones de rotación alrededor del eje longitudinal de la sección.

2.7. RELACIONES DE ESBELTEZ LÍMITE

Para elementos cuyo diseño se basa en fuerzas de compresión, las relaciones de esbeltez (Kl/r) no deben exceder, preferentemente, de 200. Los valores de K se calculan de acuerdo a la Sección 3.2.

Para elementos cuyo diseño esta basado en fuerzas de tracción, las relaciones de esbeltez l/r no deben exceder, preferentemente, de 300. Esta recomendación no se aplica a varillas en tracción. Los elementos en los que el diseño se hace para fuerzas de tracción, pero que pueden estar sometidos a una compresión reducida en otra condición de carga, no necesitan cumplir el límite de esbeltez en compresión.

2.8. TRAMOS SIMPLEMENTE APOYADOS

Las vigas y armaduras diseñadas como tramos simplemente apoyados tendrán una luz de cálculo igual a la distancia entre centros de gravedad de sus elementos de apoyo.

2.9. RESTRICCIÓN DE APOYO

Cuando se diseña asumiendo que existe una restricción parcial o total debido a continuidad, semicontinuidad o acción de voladizo, las vigas y armaduras, así como los elementos a los que se conectan, deben ser diseñados para soportar los momentos, cortantes y cualquier otra fuerza que actúe de manera que no se sobrepasen las resistencias de diseño que se presentan en los Capítulos 4 á 11, excepto que se permite una deformación inelástica, pero autolimitada, de alguna parte de la conexión.

2.10 DIMENSIONES DE VIGAS

Los perfiles laminados o soldados, vigas de planchas y vigas con platabandas serán, en general, diseñados en base al momento de inercia de su sección total. No deberá hacerse reducciones debido a huecos de pernos en cualquiera de las alas si se cumple que:

$$0{,}75F_u A_{fn} \geq 0{,}9F_y A_{fg} \qquad (2.10\text{-}1)$$

donde A_{fg} es el área total del ala y A_{fn} es el área neta del ala calculada de acuerdo a las Secciones B1 y B2 y F_u es la resistencia mínima en tracción.

$$\text{Si: } 0{,}75F_u A_{fn} < 0{,}9F_y A_{fg} \qquad (2.10\text{-}2)$$

las propiedades del elemento en flexión deberán basarse en el área efectiva del ala en tracción A_{fe}.

$$A_{fe} = \frac{5}{6}\frac{F_u}{F_y}A_{fn} \qquad (2.10\text{-}3)$$

Las vigas híbridas pueden ser diseñadas en base al momento de inercia de la sección total, sujetas a las previsiones de la Sección 7.1, siempre que no requieran resistir una fuerza axial mayor a $0{,}15\,\phi_b F_{yf} A_g$, donde F_{yf} es el punto de fluencia especificado del material del ala y A_g es el área total. No se especifican límites para el esfuerzo en el alma producido por el momento de flexión aplicado para el cual la viga híbrida es diseñada, con excepción de las previsiones de la Sección 11.3. Para calificar como viga híbrida, las alas en cualquier sección deberán tener la misma área transversal y ser fabricadas de acero del mismo grado.

Las alas de las vigas soldadas pueden variar su espesor o ancho empalmando una serie de planchas o usando platabandas.

El área total de platabandas en vigas con uniones empernadas no deberá exceder del 70% del área total del ala.

Los pernos de alta resistencia o soldaduras que conecten el ala al alma o platabandas al ala, deberán diseñarse para resistir el corte horizontal total que resulte de las fuerzas de flexión en la viga. La distribución longitudinal de estos pernos o soldaduras intermitentes estará en proporción a la intensidad del corte. Sin embargo, el espaciamiento longitudinal no deberá exceder el máximo permitido para miembros en compresión o tracción por las Secciones 5.4 ó 4.2 respectivamente. Los pernos o soldaduras que conecten el ala al alma también serán diseñados para transmitir al alma cualquier carga aplicada directamente al ala, a menos que se tomen medidas para transmitir dichas cargas por aplastamiento directo.

Las platabandas de longitud parcial deberán extenderse más allá del punto teórico de corte y la porción extendida deberá unirse a la viga con pernos de alta resistencia en una conexión de deslizamiento crítico o por soldadura de filete. La unión deberá ser la adecuada, con los esfuerzos aplicables dados en las Secciones 10.2.2, 10.3.8 ó 11.3, para desarrollar la porción que toma la platabanda de la resistencia de diseño en flexión en la viga en el punto teórico de corte.

Para platabandas soldadas, las soldaduras que conectan los extremos de la platabanda con la viga en una longitud a', que se define a continuación, deberán ser las adecuadas, a la resistencia de diseño aplicable, para desarrollar la porción que toma la platabanda de la resistencia de diseño en la viga a una distancia a' medida desde el extremo de la platabanda. La longitud a' medida desde el extremo de la platabanda deberá ser:

(a) Una distancia igual al ancho de la platabanda cuando existe una soldadura continua igual o mayor que 3/4 del espesor de la platabanda a lo largo del extremo de la plancha y soldadura continua en ambos bordes de la platabanda en la longitud a'.

(b) Una distancia igual a 1-1/2 veces el ancho de la platabanda cuando hay una soldadura continua menor que 3/4 del espesor de la platabanda a lo largo del extremo de la plancha y soldadura continua a lo largo de ambos bordes de la platabanda en la longitud a'.

(c) Una distancia igual a dos veces el ancho de la platabanda cuando no hay soldadura a lo largo del extremo de la plancha, pero existe soldadura continua a lo largo de ambos bordes de la platabanda en la longitud a'.

CAPÍTULO 3
PÓRTICOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

Este Capítulo contiene los requisitos generales para la estabilidad de la estructura como un todo.

3.1 EFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

En el diseño de pórticos deben considerarse los efectos de segundo orden (PΔ).

En las estructuras diseñadas sobre la base de análisis plástico, la resistencia requerida en flexión M_u debe determinarse a partir de un análisis plástico de segundo orden que satisfaga los requerimientos de la Sección 3.2. En las estructuras diseñadas sobre la base del análisis elástico, el valor de M_u para flexo-compresión, conexiones y elementos conectados, debe determinarse a partir de un análisis elástico de segundo orden o del siguiente procedimiento aproximado de análisis de segundo orden:

$$M_u = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \qquad (3.1\text{-}1)$$

donde

M_{nt} = resistencia requerida en flexión en el elemento, asumiendo que no hay traslación lateral del pórtico.

M_{lt} = resistencia requerida en flexión en el elemento como resultado solamente de la traslación lateral del pórtico.

$$B_1 = \frac{C_m}{\left(1 - P_u/P_{e1}\right)} \geq 1 \qquad (3.1\text{-}2)$$

$P_{e1} = A_g F_y / \lambda_c^2$, donde λ_c es el parámetro de esbeltez, en el cual el factor K de longitud efectiva en el plano de flexión deberá determinarse de acuerdo a la Sección 3.2.1 para el pórtico arriostrado.

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi}\sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

P_u = resistencia requerida en compresión axial para el elemento bajo consideración.

C_m = coeficiente basado en el análisis elástico de primer orden asumiendo que no hay traslación lateral del pórtico, cuyo valor deberá tomarse como sigue:

(a) Para los elementos en compresión no sujetos a cargas transversales entre sus apoyos en el plano de flexión,

$$C_m = 0{,}6 - 0{,}4\left(M_1/M_2\right) \qquad (3.1\text{-}3)$$

donde M_1/M_2 es la relación de los valores absolutos del momento menor al mayor en los extremos de la porción del elemento no arriostrado en el plano de flexión bajo consideración. M_1/M_2 es positivo cuando el elemento se flexiona en doble curvatura, y negativo cuando se flecta en curvatura simple.

(b) Para los elementos en compresión sujetos a cargas transversales entre sus apoyos, el valor de C_m deberá determinarse según un análisis racional o por el uso de los siguientes valores:

Para los elementos cuyos extremos están restringidos contra rotación en el plano de flexión: C_m = 0,85.

Para los elementos cuyos extremos no están restringidos contra rotación en el plano de flexión: C_m = 1,00.

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_U}{\sum H}\left(\frac{\Delta_{oh}}{L}\right)} \qquad (3.1\text{-}4)$$

ó

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_{e2}}} \qquad (3.1\text{-}5)$$

ΣP_u = resistencia axial requerida de todas las columnas en un piso.

Δ_{oh} = deformación lateral de entrepiso.

ΣH = suma de todas las fuerzas horizontales de piso que producen Δ_{oh}.

L = altura del piso.

$P_{e2} = A_g F_y / \lambda_c^2$, donde λ_c es el parámetro de esbeltez, en el cual, el factor K de longitud efectiva en el plano de flexión deberá determinarse de acuerdo a la Sección 3.2.2, para el pórtico no arriostrado.

3.2. ESTABILIDAD DE PÓRTICOS

3.2.1. Pórticos Arriostrados

En armaduras y pórticos donde la estabilidad lateral la proporcionan arriostres diagonales, muros de corte o sistemas equivalentes, el factor K de longitud efectiva para los elementos de compresión debe tomarse como la unidad, a menos que un análisis estructural muestre que puede usarse un valor menor.

Debe verificarse mediante un análisis estructural, que el sistema de arriostramiento vertical para un pórtico arriostrado de varios pisos sea adecuado para prevenir que la estructura pandee y mantenga su estabilidad lateral, incluyendo los efectos de volteo por desplazamiento lateral, bajo las cargas dadas en la Sección 1.4.

El sistema de arriostramiento vertical para pórticos arriostrados de varios pisos puede considerarse que trabaja en conjunto con los muros exteriores e interiores resistente al corte, losas de pisos y de azoteas, los cuales deben estar adecuadamente conectados a los pórticos estructurales. Las columnas, las vigas y elementos diagonales, cuando se usan como sistema de arriostramiento vertical, pueden considerarse como una armadura vertical en voladizo simplemente conectada para los análisis de pandeo y estabilidad lateral del pórtico. La deformación axial de todos los elementos del sistema de arriostramiento vertical deberá incluirse en el análisis de la estabilidad lateral.

En las estructuras diseñadas sobre la base del análisis plástico, la fuerza axial en estos elementos debido a las cargas de gravedad factorizadas más las cargas horizontales factorizadas no deberá exceder de $0{,}85\phi_c A_g F_y$.

Las vigas incluidas en el sistema de arriostramiento vertical de pórticos de varios pisos deberán ser diseñadas para las fuerzas axiales y momentos causados por las cargas de gravedad y horizontales factorizadas.

3.2.2. Pórticos no Arriostrados

En los pórticos donde la estabilidad lateral depende de la rigidez a flexión de las vigas y columnas rígidamente conectadas, el factor K de longitud efectiva para los elementos en compresión deberá determinarse por el análisis estructural. Los efectos desestabilizadores de las columnas con cargas de gravedad cuyas conexiones simples al pórtico no proporcionan resistencia a las cargas laterales deberán incluirse en el diseño de las columnas del pórtico resistente a momentos. Se permite el ajuste de la reducción de la rigidez debido al comportamiento inelástico de las columnas.

El análisis de la resistencia requerida para los pórticos no arriostrados de varios pisos incluirá los efectos de la inestabilidad del pórtico y la deformación axial de las columnas bajo las cargas amplificadas dadas en la Sección 1.4.

En las estructuras diseñadas sobre la base del análisis plástico, la fuerza axial en las columnas causada por las cargas de gravedad factorizadas más las cargas horizontales factorizadas no deberán exceder de $0{,}75\phi_c A_g F_y$.

CAPÍTULO 4
ELEMENTOS EN TRACCIÓN

Este Capítulo se aplica a elementos prismáticos, sujetos a tracción axial, debido a cargas estáticas que actúan a través del eje centroidal. Para elementos sujetos a esfuerzos combinados de tracción y flexión, véase la Sección 8.1.1.1 o la 8.1.2.1. Para varillas roscadas, véase la Sección 10.3. Para la resistencia a la rotura por bloque de corte en las conexiones de extremo en los elementos en tracción, véase la Sección 10.4.3. Para la resistencia de diseño a la tracción de elementos de conexión, véase la Sección 10.5.2. Para elementos sujetos a fatiga, véase la Sección 11.3.

4.1. RESISTENCIA DE DISEÑO EN TRACCIÓN

4.1.1. Método LRFD

La resistencia de diseño de elementos en tracción $\phi_t P_n$ debe ser el menor valor obtenido de acuerdo a los estados límites de fluencia en el área total y de rotura en el área neta.

(a) Para fluencia en el área total:

ϕ_t = 0,90

$$P_n = F_y A_g \qquad (4.1\text{-}1)$$

(b) Para rotura en el área neta:

ϕ_t = 0,75

$$P_n = F_u A_e \qquad (4.1\text{-}2)$$

donde

A_e = área neta efectiva.
A_g = área total del elemento.
F_y = esfuerzo mínimo de fluencia especificado.
F_u = resistencia mínima a la tracción especificada.
P_n = resistencia axial nominal.

Cuando los miembros sin agujeros estén totalmente conectados por medio de soldadura, el área neta efectiva usada en la Ecuación 4.1-2 será como se define en la Sección 2.3. Cuando existan agujeros en miembros con conexiones de extremo soldadas o en conexiones soldadas con soldadura de tapón o soldadura de canal, deberá usarse el área neta a través de los agujeros en la Ecuación 4.1-2.

4.1.2. Método ASD

El esfuerzo admisible F_t no debe exceder de $0{,}60F_y$ en el área total, ni de $0{,}50F_u$ en el área neta efectiva. Además los elementos conectados con pasadores y barras de ojo deberán cumplir los requisitos de la Sección 4.3 en el agujero del pasador.

La resistencia por bloque de corte en las conexiones de extremo de los elementos en tracción deberá verificarse de acuerdo con la Sección 10.4.3.

Las barras de ojo deberán cumplir con los requisitos de la Sección 4.3

4.2 ELEMENTOS ARMADOS

Para limitaciones en el espaciamiento longitudinal de conectores entre elementos en contacto continuo, ya sea entre una plancha y un perfil o entre dos planchas, véase la Sección 10.3.5.

El espaciamiento longitudinal de conectores entre componentes deberá, de preferencia, limitar la relación de esbeltez de cualquier componente entre conectores a 300.

Tanto las platabandas perforadas como las planchas de enlace sin diagonales podrán usarse en los lados abiertos de elementos armados en tracción. Las planchas de enlace tendrán una longitud no menor de 2/3 de la distancia entre las líneas de soldadura o pernos que los conectan a los componentes del elemento. El espesor de dichas planchas de enlace no debe ser menor a 1/50 de la distancia entre estas líneas. El espaciamiento longitudinal en soldaduras intermitentes o conectores en las planchas de enla-

ce no debe exceder de 150 mm. El espaciamiento entre planchas de enlace debe ser tal que la relación de esbeltez de cualquier componente en la longitud entre planchas de enlace de preferencia no exceda de 300.

4.3. ELEMENTOS CONECTADOS CON PASADORES Y BARRAS DE OJO

El diámetro del pasador no debe ser menor a 7/8 del ancho del cuerpo de la barra de ojo.

El diámetro del agujero para el pasador no excederá en más de 1,0 mm al diámetro del pasador.

Para aceros con un esfuerzo de fluencia mayor que 485 MPa, el diámetro del agujero no debe exceder cinco veces el espesor de la plancha y el ancho del cuerpo de la barra de ojo deberá reducirse concordantemente.

En elementos conectados con pasadores, el agujero para el pasador debe centrarse entre los bordes del elemento en la dirección normal a la aplicación de la fuerza. El ancho de la plancha más allá del agujero del pasador no deberá ser menor que el ancho efectivo en cualquier lado del agujero del pasador.

En planchas conectadas con pasadores, distintas a las barras de ojo, el área neta mínima más allá del extremo de contacto del agujero del pasador, paralelo al eje del elemento, no debe ser menor que 2/3 del área neta requerida para la resistencia transversal del agujero del pasador.

Las esquinas más allá del agujero del pasador pueden cortarse a 45° con el eje del elemento, siempre y cuando el área neta más allá del agujero del pasador, en un plano perpendicular al corte, no sea menor que la requerida más allá del agujero del pasador en dirección paralela al eje del elemento.

La resistencia de diseño de las barras de ojo debe determinarse en concordancia con la Sección 4.1, tomando A_g como el área transversal del cuerpo.

Las barras de ojo serán de espesor uniforme, sin refuerzos en los agujeros del pasador, y deben tener cabezas circulares cuyo perímetro sea concéntrico con el agujero del pasador.

El radio de transición entre la cabeza circular y el cuerpo de la barra de ojo no debe ser menor que el diámetro de la cabeza.

El ancho del cuerpo de las barras de ojo no debe exceder de 8 veces su espesor.

Un espesor menor de 13 mm es permitido sólo si se colocan tuercas externas para ajustar las planchas del pasador y planchas de relleno. El ancho b desde el borde del agujero al borde de la plancha perpendicular a la dirección de la aplicación de la carga debe ser mayor que 2/3 y, para propósito de cálculo, no más de 3/4 del ancho del cuerpo de la barra de ojo.

Para el método LRFD, la resistencia de diseño para elementos conectados con pasadores ϕP_n debe ser el menor valor de los siguientes estados límites:

(a) Tracción en el área neta efectiva:

$\phi = \phi_t = 0{,}75$

$$P_n = 2tb_{eff}F_u \qquad (4.3\text{-}1)$$

(b) Corte en el área efectiva:

$\phi_{sf} = 0{,}75$

$$P_n = 0{,}6A_{sf}F_u \qquad (4.3\text{-}2)$$

(c) Para aplastamiento en el área proyectada del pasador, véase la Sección 10.8.

(d) Para fluencia en el área total, usar la Ecuación 4.1-1.

donde

a = la menor distancia entre el borde del agujero del pasador al borde del elemento, medida paralelamente a la dirección de la fuerza.

$A_{sf} = 2t(a + d/2)$

b_{eff} = 2t + 16 mm, pero no mayor que la distancia entre el borde del agujero al borde de la parte medida en la dirección normal a la fuerza aplicada.

d = diámetro del pasador.

t = espesor de la plancha.

Para el método ASD, el esfuerzo admisible en el área neta del agujero del pasador para elementos conectados *con pasadores es* $0{,}45F_y$. El esfuerzo de aplastamiento en el área proyectada del pasador no debe exceder el esfuerzo admisible de la Sección 10.8.

El esfuerzo admisible en barras de ojo que cumplen con los requerimientos de esta Sección es $0{,}60F_y$ en el área del cuerpo.

CAPÍTULO 5

COLUMNAS Y OTROS ELEMENTOS EN COMPRESIÓN

Este Capítulo es aplicable a elementos prismáticos compactos y no compactos sujetos a compresión axial. Para elementos sujetos a flexo-compresión, véase la Sección 8.1.1.2 ó 8.1.2.2. Para miembros con elementos esbeltos en compresión véase el Apéndice 2.5.3. Para miembros con peralte variable véase el Apéndice 6.3. Para elementos de un solo ángulo véase Specification for Load and Resistance Design of Single Angle Members del AISC.

5.1 LONGITUD EFECTIVA Y LIMITACIONES DE ESBELTEZ

5.1.1. Longitud Efectiva

El factor de longitud efectiva K deberá determinarse de acuerdo a la Sección 3.2.

5.1.2. Diseño por Análisis Plástico

El diseño por análisis plástico, con las limitaciones de la Sección 1.5.1, es permitido si el parámetro de esbeltez en la columna λ_c no excede 1,5K.

5.2. RESISTENCIA DE DISEÑO EN COMPRESIÓN PARA PANDEO POR FLEXIÓN.

5.2.1. Método LRFD

La resistencia de diseño para pandeo por flexión en miembros comprimidos en los que sus elementos tienen una relación ancho - espesor menor a λ_r de la Sección 2.5.1 es $\phi_c P_n$ donde:

ϕ_c =0,85

$$P_n = A_g F_{cr} \qquad (5.2\text{-}1)$$

(a) Para $\lambda_c \leq 1{,}5$

$$F_{cr} = \left(0{,}658^{\lambda_c^2}\right)F_y \qquad (5.2\text{-}2)$$

(b) Para $\lambda_c > 1{,}5$

$$F_{cr} = \left(\frac{0{,}877}{\lambda_c^2}\right)F_y \qquad (5.2\text{-}3)$$

donde

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r\pi}\sqrt{\frac{F_y}{E}} \qquad (5.2\text{-}4)$$

A_g = área total del miembro
F_y = esfuerzo de fluencia especificada.
E = módulo de Elasticidad.
K = factor de longitud efectiva
l = longitud lateralmente no arriostrada.
r = radio de giro respecto del eje de pandeo.

Para miembros cuyos elementos no cumplen los requerimientos de la Sección 2.5.1 véase el Apéndice 2.5.3.

5.2.2. Método ASD

En secciones cargadas axialmente que cumplen los requerimientos de la Tabla 2.5.1, el esfuerzo de compresión en el segmento no arriostrado será:

(a) Cuando $(Kl/r) \leq C_c$

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right)F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} \qquad (5.2\text{-}5)$$

donde

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}}$$

(b) Cuando $(Kl/r) > C_c$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \qquad (5.2\text{-}6)$$

5.3. RESISTENCIA DE DISEÑO EN COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXO–TORSIONAL

En caso de emplearse el método ASD y de manera simplificada se puede considerar que P_u es igual a dos veces la fuerza de compresión axial de servicio.

La resistencia de diseño en compresión por pandeo flexo–torsional en secciones comprimidas de doble ángulo y secciones en forma de T cuyos elementos tengan relaciones ancho - espesor menores que λ_r de la Sección 2.5.1 será $\phi_c P_n$:

$\phi_c = 0{,}85$
$P_n = A_g F_{crft}$

$$F_{crft} = \left(\frac{F_{cry}+F_{crz}}{2H}\right)\left(1-\sqrt{1-\frac{4F_{cry}F_{crz}H}{(F_{cry}+F_{crz})^2}}\right) \qquad (5.3\text{-}1)$$

donde

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A\bar{r}_o^2}$$

$\bar{r}_o$ = radio polar de giro con respecto al centro de corte (véase la Ecuación A-5.3-8).

$$H = 1-\left(\frac{x_0^2+y_0^2}{\bar{r}_o^2}\right)$$

x_0, y_0 = son las coordenadas del centro de corte con respecto al centroide.

x_0 = 0 para ángulos dobles y secciones T, (el eje **y** es el eje de simetría)

F_{cry} es determinado de acuerdo a la Sección 5.2 para pandeo por flexión alrededor del eje **y** de simetría para

$$\lambda_c = \frac{Kl}{r_y\pi}\sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Para miembros de ángulos dobles y secciones T cuyos elementos no cumplen con los requerimientos de la Sección 2.5.1, deberá consultarse el Apéndice 2.5.3 para determinar el valor de F_{cry} a ser usado en la Ecuación 5.3-1.

Otras columnas de sección simétrica o asimétrica y columnas con doble simetría como secciones en cruz o columnas armadas, con espesores muy delgados, deberán diseñarse para los estados limites de flexo-torsión y pandeo torsional de acuerdo al Apéndice 5.3.

5.4. ELEMENTOS ARMADOS

En los extremos de elementos armados en compresión, apoyados sobre planchas de base o superficies cepilladas, todos los componentes en contacto con otro deberán conectarse por soldadura teniendo una longitud no menor al máximo ancho del elemento o por pernos donde el espaciamiento longitudinal entre ellos no será mayor a cuatro veces su diámetro, en una distancia igual 1 ½ veces el máximo ancho del elemento.

Los elementos armados requieren, a lo largo de la longitud entre conexiones de sus extremos descritos anteriormente, de un espaciamiento longitudinal adecuado entre soldaduras intermitentes o pernos para transferir las fuerzas requeridas. Para las limitaciones de espaciamiento longitudinal de conectores entre elementos en contacto continuo, consistentes en una platina y un perfil o dos platinas, véase la Sección 10.3.5. En donde un componente de un elemento armado en compresión consiste en una placa exterior, el máximo espaciamiento no deberá exceder $335/\sqrt{F_y}$ por el espesor de la placa exterior más delgada o 300 mm, cuando se use soldadura intermitente a lo largo de los bordes de los componentes o cuando los conectores se encuentran a lo largo de todas las líneas en cada sección. Cuando los conectores están colocados en zigzag, el espaciamiento máximo en cada línea no deberá exceder $500/\sqrt{F_y}$ por el espesor de la placa exterior más delgada o 450 mm.

Los componentes individuales de elementos en compresión compuestos por dos o más perfiles deberán conectarse uno a otro en intervalos a, tal que las relaciones de esbeltez efectivas ka/r_i de cada perfil, entre los conectores, no excedan ¾ veces la relación de esbeltez que controla al elemento armado. El radio de giro mínimo r_i debe usarse para calcular la relación de esbeltez de cada componente. La conexión de extremo será soldada o con pernos ajustados y requintados con superficies limpias de la cascarilla de laminación o arenadas con revestimiento de Clase A.

La resistencia de diseño de elementos armados compuestos de dos o más perfiles debe ser determinado de acuerdo a la Sección 5.2 y Sección 5.3 sujeta a la siguiente modificación. Si el modo de pandeo involucra deformaciones relativas que producen fuerzas de corte en los conectores entre secciones individuales, Kl/r es reemplazado por $(Kl/r)_m$ que se determina como sigue:

(a) Para conectores intermedios con pernos ajustados sin requintar:

$$\left(\frac{Kl}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{Kl}{r}\right)_0^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2} \qquad (5.4.1)$$

(b) Para conectores intermedios que son soldados o con pernos ajustados y requintados.

$$\left(\frac{Kl}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{Kl}{r}\right)_0^2 + 0{,}82\frac{\alpha^2}{(1+\alpha^2)}\left(\frac{a}{r_{ib}}\right)^2} \qquad (5.4\text{-}2)$$

donde

$\left(\frac{Kl}{r}\right)_0$ = esbeltez del elemento armado actuando como una unidad.

$\left(\frac{Kl}{r}\right)_m$ = esbeltez modificada del elemento armado.

$\frac{a}{r_i}$ = esbeltez mayor de los componentes individuales.

$\frac{a}{r_{ib}}$ = esbeltez de los componentes individuales relativas a su eje centroidal. paralelo al eje de pandeo.

a = distancia entre conectores.

r_i = radio mínimo de giro del componente individual.

r_{ib} = radio de giro del componente individual relativo a su eje centroidal paralelo al eje de pandeo del elemento.

α = relación de separación $= h/2r_{ib}$.

h = distancia entre centroides de componentes individuales perpendicular al eje de pandeo del elemento.

En los lados abiertos de elementos en compresión fabricados de planchas o perfiles, deberán colocarse platabandas continuas con una sucesión de perforaciones de acceso. El ancho no apoyado de estas planchas en las perforaciones de acceso, como se define en la Sección 2.5.1, se asume que contribuyen a la resistencia de diseño si se cumple que:

(1) La relación ancho - espesor cumple las limitaciones de la Sección 2.5.1.

(2) La relación de la longitud (en la dirección del esfuerzo) al ancho de la perforación no deberá de exceder de 2.

(3) La distancia libre entre agujeros en la dirección del esfuerzo no deberá ser menor que la distancia transversal entre las líneas mas cercanas de conectores o soldaduras.

(4) La periferia de los agujeros en todos los puntos deberá tener un radio mínimo de 38 mm.

Como una alternativa a las platabandas perforadas, se permite la conección con planchas de enlace en cada extremo y en puntos intermedios si el enlace se interrumpe. Las planchas de enlace se colocarán tan cercanas de los extremos como sea posible. En elementos principales

que desarrollan la resistencia de diseño, las planchas de enlace en los extremos tendrán una longitud no menor que la distancia entre líneas de soldadura o conectores que los unen a los componentes del elemento. Las planchas de enlace intermedias tendrán una longitud no menor a la mitad de esta distancia. El espesor de las planchas de enlace será mayor o igual a 1/50 de la distancia entre líneas de soldaduras o conectores que los unen a estos elementos. En construcciones soldadas, la soldadura en cada línea que conecta una plancha de enlace tendrá una longitud igual o mayor a 1/3 de la longitud de la plancha. En conexiones con pernos, el espaciamiento en la dirección del esfuerzo en las planchas de conexión será igual o menor que 6 diámetros y la plancha de enlace deberá ser conectada en cada segmento por al menos 3 pernos.

Los enlaces, incluyendo platinas, ángulos, canales u otros perfiles empleados como enlaces, se espaciarán de manera que el l/r de las alas entre sus conexiones no excedan la relación de esbeltez que controla el elemento armado. Los enlaces deberán proporcionar una resistencia al corte normal al eje del elemento igual al 2% de la resistencia de diseño por compresión en el elemento. La relación l/r para las barras de enlace simple no deberá exceder de 140.

Para el caso de enlaces dobles la relación l/r no excederá de 200. Las barras de enlace doble deben ser unidas en sus intersecciones. Para barras de enlace en compresión se permite tomar como la longitud no soportada del enlace entre soldaduras o conectores para enlaces simples y 70% de esa distancia en el caso de enlaces dobles. La inclinación de las barras de enlace con respecto al eje del elemento deberá ser preferentemente igual o mayor a 60° para enlaces simples y de 45° para enlaces dobles. Cuando la distancia entre líneas de soldadura o conectores en las alas es mayor a 375 mm, el enlace deberá ser preferentemente doble o hecho con ángulos.

Para requisitos adicionales de espaciamientos, véase la Sección 10.3.

5.5. ELEMENTOS EN COMPRESIÓN CONECTADOS POR PASADORES

Las conexiones de pasadores en elementos conectados con pasadores deben de cumplir los requisitos de la Sección 4.3 excepto las Ecuaciones 4.3-1 y 4.3-2 que no son aplicables.

CAPÍTULO 6
VIGAS Y OTROS ELEMENTOS EN FLEXIÓN

Este Capítulo se aplica a los elementos prismáticos compactos y no compactos sujetos a flexión y cortante. Para vigas fabricadas de planchas véase el Capítulo 7. Para elementos sujetos a flexión compuesta véase la Sección 8.1. Para elementos sujetos a fatiga véase la Sección 11.3. Para miembros con elementos esbeltos en compresión véase el Apéndice 2.5. Para elementos de sección variable en el alma véase el Apéndice 6.3. Para elementos con almas esbeltas véase el Capítulo 7. Para elementos de un solo ángulo véase la Specification for Load and Resistance Factor Design of Single Angle Members del AISC.

6.1 DISEÑO POR FLEXIÒN

6.1.1. Método LRFD

La resistencia nominal en flexión M_n es el menor valor obtenido de acuerdo a los estados límites de: (a) fluencia; (b) pandeo lateral torsional; (c) pandeo local del ala y, (d) pandeo local del alma. Para vigas compactas arriostradas lateralmente con $L_b \le L_p$, solamente es aplicable el estado límite de fluencia. Para vigas compactas no arriostradas, tees no compactas y ángulos dobles, solamente son aplicables los estados límites de fluencia y pandeo lateral torsional. El estado límite de pandeo lateral torsional no es aplicable a elementos sujetos a flexión con respecto a su eje menor o perfiles cuadrados o circulares.

Esta sección se aplica a perfiles híbridos y homogéneos con al menos un eje de simetría y que están sujetos a flexión simple con respecto a un eje principal. Para flexión simple la viga es cargada en un plano paralelo a un eje principal que pasa a través del centro de corte ó la viga está restringida contra la torsión en los puntos de aplicación de las cargas y en sus apoyos. Solamente los estados límites de fluencia y pandeo lateral torsional se consideran en esta sección. Las prescripciones sobre pandeo lateral torsional se limitan a perfiles de doble simetría, canales, ángulos dobles y tees. Para el pandeo lateral torsional de otros perfiles de simetría simple y para los estados límites de pandeo local de las alas y pandeo local del alma de secciones no compactas o con elementos esbeltos véase el Apéndice 6.1. Para perfiles sin simetría y vigas sujetas a torsión combinada con flexión, véase la Sección 8.2. Para flexión biaxial, la Sección 8.1.

6.1.1.1. Fluencia

La resistencia de diseño a flexión de vigas, determinada por el estado límite de fluencia, es $\phi_b M_n$:

ϕ_b = 0,90

$M_n = M_p$ (6.1-1)

donde

M_p = momento plástico (= $F_y Z \le 1{,}5 M_y$ para secciones homogéneas).

M_y = momento correspondiente al inicio de la fluencia en la fibra extrema debido a una distribución elástica de esfuerzos (= $F_y S$ para secciones homogéneas y $F_{yf} S$ para secciones híbridas).

6.1.1.2. Pandeo Lateral Torsional

Este estado límite solamente es aplicable a elementos sujetos a flexión con respecto a su eje mayor. La resistencia de diseño a la flexión, determinada por el estado límite de pandeo lateral torsional, es $\phi_b M_n$:

ϕ_b = 0,90

M_n = resistencia nominal determinada como sigue:

6.1.1.2a. Perfiles con Simetría Doble y Canales con $L_b \le L_r$

La resistencia nominal en flexión es:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - M_r)\left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \le M_p \qquad (6.1\text{-}2)$$

donde

L_b = distancia entre puntos de arriostre contra el desplazamiento lateral del ala en compresión, ó entre puntos arriostrados para prevenir la torsión de la sección recta.

En la ecuación anterior, C_b es un factor de modificación para diagramas de momentos no uniformes donde, cuando ambos extremos del segmento de viga están arriostrados:

$$C_b = \frac{12{,}5\, M_{máx}}{2{,}5\, M_{máx} + 3\, M_A + 4\, M_B + 3\, M_C} \qquad (6.1\text{-}3)$$

donde

M_{max} = valor absoluto del máximo momento en el segmento sin arriostrar.

M_A = valor absoluto del momento en el cuarto de la luz del segmento de viga sin arriostrar.

M_B = valor absoluto del momento en el punto medio del segmento de viga sin arriostrar.

M_C = valor absoluto del momento a los tres cuartos de la luz del segmento de viga sin arriostrar.

Se permite que C_b tome conservadoramente el valor 1,0 para todos los casos. Para voladizos y elementos sobresalidos donde el extremo libre no está arriostrado, C_b = 1,0

La longitud límite sin arriostrar para desarrollar la capacidad total plástica a la flexión, L_p, se determinará como sigue:

(a) Para elementos de sección I incluyendo secciones híbridas y canales:

$$L_p = \frac{788 r_y}{\sqrt{F_{yf}}} \qquad (6.1\text{-}4)$$

(b) Para barras rectangulares sólidas y secciones cajón:

$$L_p = \frac{26000\, r_y \sqrt{JA}}{M_p} \qquad (6.1\text{-}5)$$

donde

A = área de la sección.
J = constante de torsión.

La longitud lateral no arriostrada límite L_r y el correspondiente momento de pandeo M_r se determinarán como sigue:

(a) Para elementos de sección I con simetría doble y canales:

$$L_r = \frac{r_y X_1}{F_L}\sqrt{1+\sqrt{1+X_2 F_L^2}} \qquad (6.1\text{-}6)$$

$$M_r = F_L S_x \qquad (6.1\text{-}7)$$

donde

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x}\sqrt{\frac{E G J A}{2}} \qquad (6.1\text{-}8)$$

$$X_2 = 4\frac{C_w}{I_y}\left(\frac{S_x}{G J}\right)^2 \qquad (6.1\text{-}9)$$

S_x = módulo de sección alrededor del eje mayor.
E = módulo de elasticidad del acero (200 000 MPa)
G = módulo de elasticidad al corte del acero (77 200 MPa)
F_L = el menor valor de (F_{yf} - F_r) ó F_{yw}
F_r = esfuerzo de compresión residual en el ala, 70 MPa para perfiles laminados, 115 MPa para perfiles soldados.
F_{yf} = esfuerzo de fluencia del ala.
F_{yw} = esfuerzo de fluencia del alma.
I_y = momento de inercia alrededor del eje -Y.
C_w = constante de alabeo.

Las Ecuaciones 6.1-4 y 6.1– 6 están basadas conservadoramente en $C_b = 1{,}0$

(b) Para barras rectangulares sólidas y secciones cajón:

$$L_r = \frac{400000\, r_y \sqrt{J A}}{M_r} \qquad (6.1\text{-}10)$$

$$M_r = F_{yf} S_x \qquad (6.1\text{-}11)$$

6.1.1.2b. Perfiles con Simetría Doble y Canales con $L_b > L_r$.
La resistencia nominal en flexión es:

$$M_n = M_{cr} \le M_p \qquad (6.1\text{-}12)$$

donde M_{cr} es el momento elástico crítico, determinado como sigue:

(a) Para elementos de sección I con simetría doble y canales:

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b}\sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L_b}\right)^2 I_y C_w} \qquad (6.1\text{-}13)$$

$$= \frac{C_b S_x X_1 \sqrt{2}}{L_b/r_y}\sqrt{1+\frac{X_1^2 X_2}{2\left(L_b/r_y\right)^2}}$$

(b) Para barras rectangulares sólidas y secciones cajón simétricas:

$$M_{cr} = \frac{400000 C_b \sqrt{J A}}{L_b/r_y} \qquad (6.1\text{-}14)$$

6.1.1.2c. Tees y Ángulos Dobles.
Para vigas T y de ángulos dobles cargados en el plano de simetría:

$$M_n = M_{cr} = \frac{p\sqrt{E I_y G J}}{L_b}\left[B+\sqrt{1+B^2}\right] \qquad (6.1\text{-}15)$$

donde

$M_n \le 1{,}5 M_y$ para almas en tracción.
$M_n \le 1{,}0 M_y$ para almas en compresión.

$$B = \pm 2{,}3\left(d/L_b\right)\sqrt{I_y/J} \qquad (6.1\text{-}16)$$

El signo positivo para B se aplica cuando el alma está en tracción, y el signo negativo cuando el alma está en compresión. Si la fibra extrema del alma está en compresión en cualquier punto a lo largo de la longitud no arriostrada, use el valor negativo de B.

6.1.1.2d. Longitud no Arriostrada para Diseño por Análisis Plástico.
El diseño por análisis plástico, con las limitaciones de la Sección 1.5.1, está permitido para elementos de sección compacta que flectan alrededor del eje mayor cuando la longitud lateral no arriostrada L_b del ala en compresión adyacente a la localización de la rótula plástica asociada con el mecanismo de falla, no exceda L_{pd}, determinada como sigue:

(a) Para elementos de sección I de simetría doble y de simetría simple con el ala en compresión igual o mayor que el ala en tracción (incluyendo elementos híbridos) cargados en el plano del alma:

$$L_{pd} = \left[25\,000 + 15\,200\left(\frac{M_1}{M_2}\right)\right]\left(\frac{r_y}{F_y}\right) \qquad (6.1\text{-}17)$$

donde

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado del ala en compresión.
M_1 = momento menor en los extremos de la longitud no arriostrada de la viga.
M_2 = momento mayor en los extremos de la longitud no arriostrada de la viga.
r_y = radio de giro alrededor del eje menor.

$\left(M_1/M_2\right)$ es positivo cuando los momentos causan curvatura doble y negativa para curvatura simple.

(b) Para barras rectangulares sólidas y vigas cajón simétricas:

$$L_{pd} = \left[34\,000 + 20\,000\left(\frac{M_1}{M_2}\right)\right]\left(\frac{r_y}{F_y}\right) \ge \frac{20\,000 r_y}{F_y} \qquad (6.1\text{-}18)$$

No hay límites para L_b en elementos con secciones circulares o cuadradas ni para cualquier viga flexionada alrededor de su eje menor.
En la región de formación de la última rótula plástica y en regiones no adyacentes a una rótula plástica, la resistencia de diseño a la flexión se determinará de acuerdo con la Sección 6.1.1.2.

6.1.2. Método ASD

6.1.2.1. Elementos de Sección I y Canales con Flexión Alrededor del Eje Mayor

6.1.2.1a. Elementos con Secciones Compactas
Para elementos con secciones compactas tal como se definen en la Sección 2.5.1 (excluyendo las vigas híbridas y elementos con esfuerzos de fluencia mayores que 450 MPa), simétricas y cargadas en el plano de su eje menor, el esfuerzo admisible es:

$$F_b = 0{,}66 F_y \qquad (6.1\text{-}19)$$

siempre que las alas estén conectadas continuamente al alma o almas y que la longitud lateral no soportada del ala en compresión L_b no exceda el valor de L_c dado por el menor valor de:

$$\frac{200 b_f}{\sqrt{F_y}} \quad \text{ó} \quad \frac{138000}{\left(d/A_f\right)F_y} \qquad (6.1\text{-}20)$$

6.1.2.1b. Elementos con Secciones no Compactas

Para elementos que cumplan los requerimientos de la Sección 6.1.2.1a, excepto que sus alas sean no compactas (excluyendo elementos armados y elementos con esfuerzos de fluencia mayores que 450 MPa), el esfuerzo admisible es:

$$F_b = F_y\left[0{,}79 - 0{,}00076\frac{b_f}{2t_f}\sqrt{F_y}\right] \quad (6.1\text{-}21)$$

Para elementos armados que cumplan los requerimientos de la Sección 6.1.2.1a excepto que sus alas son no compactas (excluyendo vigas híbridas y elementos con esfuerzos de fluencia mayores que 450 MPa), el esfuerzo admisible es:

$$F_b = F_y\left[0{,}79 - 0{,}00076\frac{b_f}{2t_f}\sqrt{\frac{F_y}{k_c}}\right] \quad (6.1\text{-}22)$$

donde

$$kc = \frac{4{,}05}{\left(h/t_w\right)^{0{,}46}}$$ si $\frac{h}{t_w}$ >70, de otro modo kc = 1,0

Para elementos con secciones no compactas (Sección 2.5), no incluidos en los párrafos anteriores, cargados a través del centro de corte y arriostrados lateralmente en la región de esfuerzos de compresión a intervalos que no excedan de $\frac{200b_f}{\sqrt{F_y}}$, el esfuerzo admisible es:

$$F_b = 0{,}60F_y \quad (6.1\text{-}23)$$

6.1.2.1c. Elementos con secciones compactas y no compactas con longitudes no arriostradas mayores que L_c

Para elementos en flexión con secciones compactas o no compactas tal como se define en la Sección 2.5.1 y con longitudes no arriostradas mayores que L_c, tal como se define en la Sección 6.2.1a, el esfuerzo admisible de tracción por flexión se determina por la Ecuación (6.1-23).

Para tales elementos con un eje de simetría y cargados en el plano de su alma, el esfuerzo admisible de compresión por flexión se determina como el mayor valor de las Ecuaciones (6.1-24) ó (6.1-25) y (6.1-26), excepto que la Ecuación (6.1-26) es aplicable solamente a secciones con un ala en compresión que sea sólida y aproximadamente rectangular en su sección recta y que tenga un área no menor que la del ala en tracción. Se permiten valores mayores de los esfuerzos admisibles en compresión si se justifican con un análisis mas preciso. Los esfuerzos no excederán aquellos permitidos por el Capítulo 7, si es aplicable.

Para canales con flexión alrededor de su eje mayor, el esfuerzo admisible de compresión se determina de la Ecuación (6.1-26).

Cuando

$$\sqrt{\frac{703\times10^3 C_b}{F_y}} \le \frac{l}{r_T} \le \sqrt{\frac{3516\times10^3 C_b}{F_y}}$$

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y\left(l/r_T\right)^2}{10550\times10^3\times C_b}\right]F_y \le 0{,}60F_y \quad (6.1\text{-}24)$$

Cuando $\frac{l}{r_T} \ge \sqrt{\frac{3516\times10^3 C_b}{F_y}}$

$$F_b = \frac{1172\times10^3 C_b}{\left(\frac{l}{r_T}\right)^2} \le 0{,}60\times F_y \quad (6.1\text{-}25)$$

Para cualquier valor de l/r_T :

$$F_b = \frac{83\times10^3 C_b}{\left(\frac{ld}{A_f}\right)} \le 0{,}60\times F_y \quad (6.1\text{-}26)$$

donde

l = distancia entre secciones rectas arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral del ala en compresión. Para volados arriostrados contra la torsión solamente en el apoyo, l puede conservadoramente tomarse como la longitud del volado.

r_T = radio de giro de una sección que comprende el ala en compresión más 1/3 del área en compresión del alma, tomado alrededor de un eje en el plano medio del alma.

A_f = área del ala en compresión

C_b = véase (6.1-3)

Para vigas de plancha híbridas, el valor de F_y en las Ecuaciones (6.1-24) y (6.1-25) es el esfuerzo de fluencia del ala en compresión. La Ecuación (6.1-26) no se aplicará a vigas híbridas.

La Sección 6.1.2.1c no se aplica a secciones T sí el alma esta en compresión en algún punto a lo largo de la longitud no arriostrada.

6.1.2.2. Elementos de Sección I, Barras Sólidas y Planchas Rectangulares con Flexión Alrededor del Eje Menor

No se requiere arriostramiento lateral para elementos cargados a través del centro de corte alrededor de su eje menor ni para elementos de igual resistencia alrededor de ambos ejes.

6.1.2.2a. Elementos con Secciones Compactas

Para elementos de perfiles I y H doblemente simétricos con alas compactas (Sección 2.5) continuamente conectadas al alma y que se flexionan alrededor de su eje menor (excepto elementos con esfuerzos de fluencia mayores que 450 MPa); barras sólidas redondas y cuadradas; y secciones rectangulares sólidas que se flexionan alrededor de su eje menor, el esfuerzo admisible es:

$$F_b = 0{,}75F_y \quad (6.1\text{-}27)$$

6.1.2.2b. Elementos con Secciones no Compactas

Para los elementos que no cumplan los requerimientos para secciones compactas de la Sección 2.5 y no cubiertos en la Sección 6.3, que se flexionan alrededor de su eje menor, el esfuerzo admisible es:

$$F_b = 0{,}60F_y \quad (6.1\text{-}28)$$

Elementos de perfiles I y H doblemente simétricos que se flexionan alrededor de su eje menor (excepto elementos con esfuerzos de fluencia mayores que 450 MPa) con alas no compactas (Sección 2.5) continuamente conectadas al alma pueden diseñarse sobre la base de un esfuerzo admisible de:

$$F_b = F_y\left(1{,}075 - 0{,}0019\left(\frac{b_f}{2t_f}\right)\sqrt{F_y}\right) \quad (6.1\text{-}29)$$

6.1.2.3. Flexión de Elementos de Sección Cajón, Tubos Rectangulares y Circulares

6.1.2.3a. Elementos con Secciones Compactas

Para elementos que se flexionan alrededor de su eje mayor o menor, elementos con secciones compactas tal como se define en la Sección 2.5 y con alas continuamente conectadas a las almas, el esfuerzo admisible es

$$F_b = 0{,}66F_y \quad (6.1\text{-}30)$$

Para ser clasificado como una sección compacta, un elemento de sección cajón tendrá, en adición a los requerimientos de la Sección 2.5, un peralte no mayor que 6 veces el ancho, un espesor de ala no mayor que 2 veces el espesor del alma y una longitud lateralmente no arriostrada L_b menor o igual que:

$$L_b = \left(13500 + 8300\frac{M_1}{M_2}\right)\frac{b}{F_y} \qquad (6.1\text{-}31)$$

excepto que no necesita ser menor que 8300 $\left(b/F_y\right)$, donde M_1 es el menor y M_2 es el mayor momento de flexión en los extremos de la longitud no arriostrada, tomada alrededor del eje mayor del elemento y donde M_1/M_2, es positiva cuando M_1 y M_2 tienen el mismo signo (doble curvatura) y negativa cuando ellos son de signo opuesto (curvatura simple).

6.1.2.3b. Elementos con Secciones no Compactas
Para elementos en flexión tipo cajón y tubulares que cumplen los requerimientos de secciones no compactas de la Sección 2.5, el esfuerzo admisible es:

$$F_b = 0{,}60\,F_y \qquad (6.1\text{-}32)$$

No se requiere arriostramiento lateral para una sección cajón cuyo peralte es menor que seis veces su ancho. Los requerimientos de soporte lateral para secciones cajón con relaciones altura/ancho mayores se deben determinar por un análisis especial.

6.2. DISEÑO POR CORTE
Esta sección se aplica a vigas de simetría doble y simple con almas no rigidizadas, incluyendo vigas híbridas y canales sometidos a corte en el plano del alma. Para la resistencia de diseño a corte de almas con rigidizadores, véase el Apéndice 6.2 ó la Sección 7.3. Para corte en la dirección menor de perfiles indicados anteriormente, tubos y secciones asimétricas, véase la Sección 8.2. Para paneles de alma sometidos a cortantes elevados, véase la Sección 11.1.7. Para la resistencia al corte en conexiones, véase las Secciones 10.4 y 10.5.

6.2.1. Determinación del Área del Alma.
El área del alma A_w se tomará como el peralte total d multiplicado por el espesor de alma t_w.

6.2.2. Diseño por Corte

6.2.2.1. Método LRFD

La resistencia de diseño por corte para almas no rigidizadas, con $h/t_w \le 260$, es $\phi_v V_n$,

donde

ϕ_v = 0,90
V_n = Resistencia nominal por corte definida como sigue

Para $h/t_w \le 1098/\sqrt{F_{yw}}$

$$V_n = 0{,}6\,F_{yw}\,A_w \qquad (6.2\text{-}1)$$

Para $1098/\sqrt{F_{yw}} < h/t_w \le 1373/\sqrt{F_{yw}}$

$$V_n = 0{,}6\,F_{yw}\,A_w\left(\frac{1098/\sqrt{F_{yw}}}{h/t_w}\right) \qquad (6.2\text{-}2)$$

Para $1373/\sqrt{F_{yw}} < h/t_w \le 260$

$$V_n = A_w\left(\frac{910000}{(h/t_w)^2}\right) \qquad (6.2\text{-}3)$$

El diseño general de resistencia al corte de almas con o sin rigidizadores se da en el Apéndice 6.2.2 y un método alternativo que utiliza la acción del campo de tensiones se da en el Capítulo 7.3.

6.2.2.2. Método ASD

Para $\frac{h}{t_w} \le \frac{1000}{\sqrt{F_y}}$, el esfuerzo admisible de corte es:

$$F_v = 0{,}40\,F_y \qquad (6.2\text{-}4)$$

Para $\frac{h}{t_w} > \frac{1000}{\sqrt{F_y}}$, el esfuerzo admisible de corte es:

$$F_v = \frac{F_y}{2{,}89}(C_v) \le 0{,}40F_y \qquad (6.2\text{-}5)$$

donde:

$C_v = \dfrac{310000k_v}{F_y\left(\frac{h}{t_w}\right)^2}$, cuando C_v es menor que 0,8.

$C_v = \dfrac{500}{\frac{h}{t_w^w}}\sqrt{\dfrac{k_v}{F_y}}$, cuando C_v es mayor que 0,80.

$k_v = 4{,}00 + \dfrac{5{,}34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$, cuando a/h es menor que 1,0.

$k_v = 5{,}34 + \dfrac{4{,}00}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$, cuando a/h es mayor que 1,0.

t_w = espesor del alma.
a = distancia libre entre rigidizadores transversales.
h = distancia libre entre alas en la sección bajo investigación.

6.2.2.3. Rigidizadores Transversales
Véase el Apéndice 6.2.3.

6.3. MIEMBROS DE ALMA VARIABLE
Véase el Apéndice 6.3.

6.4. VIGAS CON ABERTURAS EN EL ALMA
Se determinará el efecto de todas las aberturas en el alma sobre la resistencia de diseño de las vigas de acero y compuestas. Se proporcionará un refuerzo adecuado cuando la resistencia requerida exceda a la resistencia neta del elemento en la abertura.

CAPÍTULO 7

VIGAS FABRICADAS DE PLANCHAS

Las vigas fabricadas de planchas de sección I se distinguirán de las vigas laminadas de sección "I" en base a la esbeltez del alma h/t_w. Cuando este valor es mayor que λ_r se aplicaran las provisiones de las Secciones 7.1 y 7.2 para la resistencia de diseño a la flexión. Para $h/t_w \le \lambda_r$, se aplicaran las provisiones del Capítulo 6. o Apéndice 6 para la resistencia de diseño a la flexión. Para vigas de planchas con alas desiguales véase el Apéndice 2.5.1.
La resistencia de diseño al corte y el diseño de los rigidizadores transversales se basará en la Sección 6.2 (sin acción de campo de tensiones) o en el Sección 7.3 (con acción del campo de tensiones). Para vigas de planchas con alas desiguales, véase el Apéndice 2.5.1.

7.1. LIMITACIONES
Las vigas de plancha con un alma de simetría doble y simple, no híbridas e híbridas cargadas en el plano del alma deben ser dimensionadas de acuerdo a lo previsto en este Capítulo o en la Sección 6.2, siempre que se cumplan las siguientes limitaciones:

(a). Para $\frac{a}{h} \le 1{,}5$:

$$\frac{h}{tw} \le \frac{5250}{\sqrt{F_{yf}}} \qquad (7.1\text{-}1)$$

(b) Para $\frac{a}{h} > 1{,}5$

$$\frac{h}{tw} \le \frac{96500}{\sqrt{F_y\left(F_{yf} + 115\right)}} \qquad (7.1\text{-}2)$$

donde

a = distancia libre entre rigizadores.
h = distancia libre entre alas menos el filete o radio en la esquina para secciones laminadas; para secciones armadas, la distancia entre líneas adyacentes de conectores o la distancia libre entre alas cuando se emplea soldadura.
t_w = espesor del alma.
F_{yf} = esfuerzo de fluencia mínimo especificado del ala, MPa.

Para el caso de vigas de plancha sin rigidizadores la relación h/t_w no excederá 260.

7.2. DISEÑO POR FLEXIÓN

La resistencia de diseño por flexión para vigas de plancha con almas esbeltas será $\Phi_b M_n$, donde $\Phi_b = 0,90$ y M_n es el menor valor obtenido de acuerdo a los estados límites de fluencia en el ala en tracción y pandeo del ala en compresión. Para vigas de plancha con alas desiguales, ver el Apéndice 2.5.1 para la determinación de λ_r para el estado límite de pandeo del alma.

(a) Para fluencia del ala en tracción:

$$M_n = S_{xt} R_e F_{yt} \qquad (7.2\text{-}1)$$

(b) Para pandeo del ala en compresión:

$$M_n = S_{xc} R_{PG} R_e F_{cr} \qquad (7.2\text{-}2)$$

donde

$$R_{PG} = 1 - \left(\frac{a_r}{1200 + 300 a_r} \right) \left(\frac{h_c}{t_w} - \frac{2550}{\sqrt{F_{cr}}} \right) \le 1 \qquad (7.2\text{-}3)$$

R_e = factor de viga híbrida $= \dfrac{12 + a_r\left(3m - m^3\right)}{12 + 2a_r} \le 1$ (para vigas no híbridas $R_E = 1$)
a_r = relación entre el área del alma y el área del ala en compresión (≤10).
m = relación entre el esfuerzo de fluencia del alma al esfuerzo de fluencia del ala o al esfuerzo crítico F_{cr}.
F_{cr} = esfuerzo crítico de compresión del ala, MPa.
F_{yt} = esfuerzo de fluencia del ala en tracción.
S_{xc} = módulo de sección con respecto al ala en compresión.
S_{xt} = módulo de sección con respecto al ala en tracción.
h_c = el doble de la distancia del centroide a la línea mas cercana de conectores en el ala en compresión o a la cara interior del ala en compresión cuando se usa soldadura.

El esfuerzo crítico F_{cr} a ser usado depende de los parámetros de esbeltez $\lambda, \lambda_p, \lambda_r$, y C_{PG} como sigue:

Para $\lambda \le \lambda_p$: $\quad F_{cr} = F_{yf}$ (7.2-4)

Para $\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$: $\quad F_{cr} = C_b F_{yf} \left(1 - 0,5 \dfrac{\left(\lambda - \lambda_p\right)}{\left(\lambda_r - \lambda_p\right)} \right) \le F_{yf}$ (7.2-5)

Para $\lambda > \lambda_r$: $\quad F_{cr} = \dfrac{C_{PG}}{\lambda^2}$ (7.2-6)

En el párrafo anterior, el parámetro de esbeltez deberá determinarse para los estados limites de pandeo lateral torsional y de pandeo local del ala; el parámetro de esbeltez que resulte en el menor valor de F_{cr} será el empleado.

(a) Para el estado limite de pandeo lateral torsional.

$$\lambda = \frac{L_b}{r_T} \qquad (7.2\text{-}7)$$

$$\lambda_p = \frac{788}{\sqrt{F_{yf}}} \qquad (7.2\text{-}8)$$

$$\lambda_r = \frac{1985}{\sqrt{F_{yf}}} \qquad (7.2\text{-}9)$$

$$C_{PG} = 1970000 C_b \qquad (7.2\text{-}10)$$

donde

C_b = ver la Sección 6.1.1.2, Ecuación 6.1-3.
r_T = radio de giro del ala en compresión mas un tercio de la porción comprimida del alma.

(b) Para el estado límite del pandeo local del ala:

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \qquad (7.2\text{-}11)$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_{yf}}} \qquad (7.2\text{-}12)$$

$$\lambda_r = \frac{604}{\sqrt{F_{yf} / k_c}} \qquad (7.2\text{-}13)$$

$$C_{PG} = 180690 k_c \qquad (7.2\text{-}14)$$

$C_b = 1,0$

donde, $k_c = 4/\sqrt{h/t_w}$ y $0,35 \le k_c \le 0,763$

El estado límite de pandeo local del alma por flexión no se aplica.

7.3. RESISTENCIA DE DISEÑO POR CORTE CON ACCIÒN DE CAMPO DE TENSIONES

La resistencia de diseño por corte bajo la acción de campo de tensiones deberá ser $\phi_V V_n$, donde ϕ_V = 0,90 y V_n se determina a continuación:

Para $h/t_w \le 492\sqrt{k_v/F_{yw}}$

$$V_n = 0,6 A_w F_{yw} \qquad (7.3\text{-}1)$$

Para $h/t_w > 492\sqrt{k_v/F_{yw}}$

$$V_n = 0,6 A_w F_{yw} \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1,15\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right] \qquad (7.3\text{-}2)$$

donde

C_v = relación del esfuerzo critico del alma, de acuerdo a la teoría de pandeo elástico, al esfuerzo de fluencia en corte del material del alma.

Véase también las Secciones 7.4 y 7.5.

Para los paneles extremos en vigas de planchas no híbridas, para todos los paneles en vigas de plancha híbridas y de peralte variable, y cuando a/h excede 3,0 o $[260/(h/t_w)]^2$ la acción de campo de tensiones no esta permitida y

$$V_n = 0,6 A_w F_{yw} C_v \qquad (7.3\text{-}3)$$

El coeficiente de pandeo de la plancha del alma k_v se define como

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \qquad (7.3\text{-}4)$$

con excepto de que k_v se tomara igual a 5,0 si a/h excede 3,0 ó $[260/(h/t_w)]^2$.

El coeficiente de corte C_v se determina como sigue:

(a) Para $492\sqrt{k_v/F_{yw}} \le h/t_w \le 615\sqrt{k_v/F_{yw}}$:

$$C_v = \frac{492\sqrt{k_v / F_{yw}}}{h/t_w} \qquad (7.3\text{-}5)$$

(b) Para $h/t_w > 615\sqrt{k_v/F_{yw}}$:

$$C_v = \frac{304000 k_v}{(h/t_w)^2 F_{yw}} \qquad (7.3\text{-}6)$$

7.4. RIGIDIZADORES TRANSVERSALES

Los rigidizadores transversales no son necesarios en vigas de plancha cuando $h/t_w \le 1098/\sqrt{F_{yw}}$ ó cuando el corte requerido V_u, determinado por el análisis estructural de cargas factorizadas, es menor o igual a $0,6\phi_V A_w F_{yw} C_v$ donde C_v se determina para $k_v = 5$ y

$\phi_v = 0,90$. Los rigidizadores pueden ser requeridos en ciertas porciones de la viga de plancha para desarrollar el corte requerido o satisfacer las limitaciones dadas en la Sección 7.1. Los rigidizadores transversales deberán satisfacer los requisitos del Apéndice 6.2.3.

Cuando se diseñe para la acción de un campo de tensiones, el área A_{st} del rigidizador no deberá ser menor que:

$$\left(F_{yw}/F_{yst}\right)\left\{\frac{0,15Dht_w(1-C_v)V_u}{\phi_v V_n}-18t_w^2\right\}\geq 0 \qquad (7.4\text{-}1)$$

donde

F_{yst} = esfuerzo de fluencia del material del rigidizador.
D = 1 para rigidizadores en pares.
= 1,8 para rigidizadores de un solo ángulo.
= 2,4 para rigidizadores de una sola placa .

C_v y V_n se definen en la Sección 7.3, y V_u es el corte requerido en la posición del rigidizador.

7.5. INTERACCION FLEXIÓN - CORTE

Para $0,6\phi V_n \leq V_u \leq \phi V_n (\phi = 0,90)$ y para $0,75\phi M_n \leq M_u \leq \phi M_n (\phi = 0,90)$, , las vigas de plancha con almas diseñadas para la acción de campo de tensiones, deberán satisfacer adicionalmente el siguiente criterio de interacción flexión – corte:

$$\frac{M_u}{\phi M_n}+0,625\frac{V_u}{\phi V_n}\leq 1,375 \qquad (7.5\text{-}1)$$

donde M_n es la resistencia nominal en flexión de la viga de plancha de acuerdo a la Sección 7.2 ó a la Sección 6.1, $\phi = 0,90$ y V_n es la resistencia nominal al corte de acuerdo a la Sección 7.3.

CAPÍTULO 8

ELEMENTOS SOMETIDOS A FUERZAS COMBINADAS Y TORSIÓN

Este Capítulo se aplica a elementos prismáticos sometidos a fuerza axial y flexión alrededor de uno ó ambos ejes de simetría, con ó sin torsión, y torsión solamente. Para elementos con almas de peralte variable, véase el Apéndice 6.3.

8.1. ELEMENTOS SIMÉTRICOS SOMETIDOS A FLEXIÓN Y FUERZA AXIAL

8.1.1. Método LRFD

8.1.1.1. Elementos con Simetría Simple y Doble en Flexión y Tracción

La interacción de la flexión y tracción en secciones simétricas estará limitada por las Ecuaciones 8.1-1a y 8.1-1b.

(a) Para $\frac{P_u}{\phi P_n}\geq 0,2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n}+\frac{8}{9}\left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}}+\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}}\right)\leq 1,0 \qquad (8.1\text{-}1a)$$

(b) Para $\frac{P_u}{\phi P_n}<0,2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n}+\left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}}+\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}}\right)\leq 1,0 \qquad (8.1\text{-}1b)$$

donde

P_u = resistencia requerida a la tracción.
P_n = resistencia nominal a la tracción determinada de acuerdo a la Sección 4.1.1.
M_u = resistencia requerida a la flexión determinada de acuerdo a la Sección 3.1.
M_n = resistencia nominal a la flexión determinada de acuerdo a la Sección 6.1.1.
x = subíndice relativo al eje mayor de flexión.
y = subíndice relativo al eje menor de flexión.
$\phi = \phi_t$ = factor de resistencia a la tracción (ver Sección 4.1.1).
ϕ_b = factor de resistencia a la flexión = 0,90

Se permite un análisis más detallado de la interacción de flexión y tracción en lugar de las Ecuaciones 8.1-1a y 8.1-1b .

8.1.1.2. Elementos con Simetría Simple y Doble en Flexión y compresión

La interacción de la flexión y compresión en secciones simétricas estará limitada por las Ecuaciones 8.1-1a y 8.1-1b donde:

P_u = resistencia requerida a la compresión.
P_n = resistencia nominal a la compresión determinada de acuerdo a la Sección 5.2.1.
M_u = resistencia requerida a la flexión determinada de acuerdo a la Sección 3.1.
M_n = resistencia nominal a la flexión determinada de acuerdo a la Sección 6.1.1.
x = subíndice relativo al eje mayor de flexión.
y = subíndice relativo al eje menor de flexión.
$\phi = \phi_c$ = factor de resistencia a la compresión = 0,85 (ver Sección 5.2.1.).
ϕ_b = factor de resistencia a la flexión = 0,90

8.1.2. Método ASD

8.1.2.1. Elementos con Simetría Simple y Doble en Flexión y Tracción

La interacción de la flexión y tracción en secciones simétricas estará limitada por la Ecuación 8.1-2a

$$\frac{f_a}{F_t}+\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\leq 1,0 \qquad (8.1\text{-}2a)$$

donde

f_a = esfuerzo calculado en tracción.
f_b = esfuerzo calculado en flexión.
F_t = esfuerzo admisible en tracción, como se define en la Sección 4.1.2.
F_b = esfuerzo admisible en flexión, como se define en la Sección 6.1.2.
x = *subíndice relativo al eje mayor de flexión.*
y = *subíndice relativo al eje menor de flexión.*

8.1.2.2. Elementos con Simetría Simple y Doble en Flexión y Compresión

La interacción de la flexión y compresión en secciones simétricas estará limitada por las Ecuaciones 8.1-2b y 8.1-2c

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{C_{mx}f_{bx}}{\left(1-\frac{f_a}{F'_{ex}}\right)F_{bx}}+\frac{C_{my}f_{by}}{\left(1-\frac{f_a}{F'_{ey}}\right)F_{by}}\leq 1,0 \qquad (8.1\text{-}2b)$$

$$\frac{f_a}{0,60F_y}+\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\leq 1,0 \qquad (8.1\text{-}2c)$$

Para $f_a/F_a \leq 0,15$, se permite el empleo de la Ecuación 8.1-2d en lugar de las Ecuaciones 8.1-2b y 8.1-2c

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\leq 1,0 \qquad (8.1\text{-}2d)$$

En las Ecuaciones anteriores:

f_a = esfuerzo calculado en compresión.
f_b = esfuerzo calculado en flexión.
F'_a = esfuerzo admisible en compresión, como se define en la Sección 5.2.2.
F_b = esfuerzo admisible en flexión, como se definen la Sección 6.1.2.

$F'_e = \frac{12\pi^2 E}{23\left(kl_b/r_b\right)^2}$; F'_e puede incrementarse en 1/3 como se indica en la Sección 1.5.3.

C_m = coeficiente que puede tomar los siguientes valores:

(a) Para elementos en compresión de pórticos que pueden tener desplazamientos laterales,

$$C_m = 0{,}85$$

(b) Para elementos en compresión con restricción de giro en pórticos arriostrados contra desplazamiento lateral y sin carga transversal entre sus apoyos en el plano de flexión,

$$C_m = 0{,}6 - 0{,}4\left(M_1/M_2\right)$$

donde $\left(M_1/M_2\right)$ es la relación del momento menor al mayor en los extremos de la longitud arriostrada. $\left(M_1/M_2\right)$ es positivo cuando el elemento tiene doble curvatura y negativo cuando tiene curvatura simple.

(c) Para elementos en compresión en pórticos arriostrados contra desplazamientos lateral y con carga transversal entre sus apoyos el valor de C_m debe determinarse analíticamente. Sin embargo se permite el empleo de los siguientes valores:

1. Para elementos cuyos extremos tienen restricción de giro en el plano de flexión, $C_m = 0{,}85$.
2. Para elementos cuyos extremos no tienen restricción de giro en ele plano de flexión, $C_m = 1{,}0$.

x = subíndice relativo al eje mayor de flexión.
y = subíndice relativo al eje menor de flexión.
b = en el valor de F_e', subíndice relativo al plano de flexión.

8.2. ELEMENTOS ASIMÉTRICOS Y ELEMENTOS SOMETIDOS A TORSIÓN Y TORSIÓN COMBINADA CON FLEXION, CORTE Y/O FUERZA AXIAL

La resistencia de diseño ϕF_y de los elementos deberá ser igual o mayor que la resistencia requerida expresada en términos del esfuerzo normal f_{un} o del esfuerzo cortante f_{uv}, determinados por un análisis elástico con cargas factorizadas:

(a) Para el estado limite de fluencia bajo esfuerzos normales:

$$f_{un} \le \phi F_y \qquad (8.2\text{-}1)$$

$\phi = 0{,}90$

(b) Para el estado limite de fluencia bajo esfuerzos cortantes:

$$f_{uv} \le 0{,}6\phi F_y \qquad (8.2\text{-}2)$$

$\phi = 0{,}90$

(c) Para el estado limite de pandeo:

f_{un} ó $f_{uv} \le \phi_c F_{cr}$, como sea aplicable (8.2-3)

$\phi_c = 0{,}85$

Se permite alguna fluencia local restringida adyacente a las áreas que permanecen elásticas.

CAPÍTULO 9
ELEMENTOS COMPUESTOS

Este Capítulo se aplica a columnas compuestas de perfiles laminados o armados, tubos y concreto estructural actuando conjuntamente, y a vigas de acero que soportan una losa de concreto armado conectada de forma que las vigas y la losa actúan en conjunto para resistir la flexión. Se incluyen las vigas compuestas simples y continuas con conectores de corte y las vigas embebidas en concreto, construidas con o sin apuntalamiento temporal.

9.1. HIPÓTESIS DE DISEÑO

Determinación de Fuerzas. En la determinación de las fuerzas en elementos y conexiones de una estructura que incluye vigas compuestas, se deberá considerar las secciones efectivas en el momento en que se aplica cada incremento de cargas.

Análisis Elástico. Para un análisis elástico de vigas compuestas continuas sin extremos acartelados, es admisible asumir que la rigidez de la viga es uniforme a lo largo de su longitud. Se permite calcular la rigidez usando el momento de inercia de la sección compuesta transformada en la región de momento positivo.

Análisis Plástico. Cuando se usa análisis plástico la resistencia a la flexión de los elementos compuestos se determinará sobre la base de una distribución de esfuerzos en etapa plástica.

Distribución de Esfuerzos Plásticos en Regiones de Momento Positivo. Si la losa en la región de momento positivo esta conectada a la viga de acero con conectores de corte, se permite asumir una distribución uniforme de esfuerzos en el concreto de $0{,}85 f_c'$ a través de la zona efectiva de compresión. Se despreciara la resistencia del concreto en tracción. En la sección de acero estructural, se asumirá una distribución uniforme de esfuerzos en el acero de F_y a través de la zona de tracción y a través de la zona de compresión. La fuerza de tracción neta en la sección de acero será igual a fuerza de compresión en la losa de concreto.

Distribución de Esfuerzos Plásticos en Regiones de Momento Negativo. Si la losa en la región de momento negativo esta conectada a la viga de acero con conectores de corte, se asumirá un esfuerzo de tracción de F_{yr} en todas las barras de refuerzo longitudinal adecuadamente desarrolladas dentro del ancho efectivo de la losa de concreto. Se despreciara la resistencia del concreto a la tracción. En la sección estructural de acero se asumirá una distribución uniforme de esfuerzos en el acero de F_y a través de la zona de tracción y a través de la zona de compresión. La fuerza de compresión neta en la sección de acero será igual a la fuerza de tracción total en el acero de refuerzo.

Distribución de Esfuerzos Elásticos. Cuando se necesite determinar la distribución de esfuerzos elásticos, las deformaciones en el acero y concreto se asumirán directamente proporcionales a sus distancias al eje neutro. Los esfuerzos serán iguales a las deformaciones multiplicadas por el módulo de elasticidad del acero, E, ó el modulo de elasticidad del concreto, E_c. Se despreciara la resistencia a la tracción del concreto. El máximo esfuerzo en el acero no excederá F_y. El máximo esfuerzo de compresión en el concreto no excederá $0{,}85 f_c'$ siendo f_c' la resistencia a la compresión especificada del concreto. En vigas compuestas híbridas, el esfuerzo máximo en las alas de acero no excederá F_{yf} pudiendo la deformación en el alma exceder la deformación de fluencia; el esfuerzo se tomara como F_{yw} en tal ubicación.

Vigas Totalmente Compuestas. Se proporcionaran conectores de corte en numero suficiente para desarrollar la máxima resistencia a la flexión de la viga compuesta. Para una distribución de esfuerzos elásticos se asumirá que no ocurre deslizamiento.

Vigas Parcialmente Compuestas. La resistencia al corte de los conectores determina la resistencia a la flexión de las vigas parcialmente compuestas. Los cálculos elásticos de deflexiones, fatiga y vibraciones incluirán el efecto de deslizamiento.

Vigas Embebidas en Concreto. Una viga totalmente embebida en concreto vaciado integralmente con la losa se puede asumir que esta interconectada con el concreto por adherencia natural sin anclaje adicional, siempre que: (1) el recubrimiento de concreto sobre los lados de la viga y la cara inferior de las alas sea 50 mm; (2) la cara superior de la viga está por lo menos 40 mm debajo del borde superior de la losa y por lo menos 50 mm sobre la cara inferior de la losa; y, (3) el concreto que embebe la viga contiene una malla u otro refuerzo de acero para prevenir el despostillado del concreto.

Columnas Compuestas. Las columnas de acero fabricadas de perfiles laminados o armados, embebidas en concreto estructural, ó fabricadas de tubos de acero rellenos con concreto estructural se diseñaran en concordancia con la Sección 9.2.

9.2. ELEMENTOS EN COMPRESIÓN

9.2.1. Limitaciones

Para calificar como una columna compuesta, se debe cumplir con las siguientes limitaciones:

(1) El área de la sección del perfil de acero o tubo será por lo menos 4% del área total de la sección compuesta.

(2) El concreto que embebe el núcleo de acero será reforzado con barras longitudinales que tomen carga, ba-

rras longitudinales para restringir el concreto y estribos laterales. Las barras longitudinales que toman carga serán continuas a través de los niveles de las vigas, las barras longitudinales de restricción pueden interrumpirse en los niveles de las vigas. El espaciamiento de los estribos no será mayor a los 2/3 de la dimensión menor de la sección compuesta. El área del refuerzo transversal y longitudinal será por lo menos 180 mm^2 por metro de espaciamiento de barras.

El recubrimiento de concreto será por lo menos 40 mm para el refuerzo transversal y longitudinal.

(3) El concreto tendrá una resistencia especificada a la compresión f'_c no menor de 20 MPa ni mayor que 55 MPa para concreto normal y no menor que 27 MPa para concreto liviano.

(4) Para el cálculo de la resistencia de una columna compuesta, el esfuerzo de fluencia para el acero estructural y barras de refuerzo se limitará a 380 MPa.

(5) El espesor mínimo de pared de los tubos de acero estructural llenos con concreto será igual a $b\sqrt{F_y/3E}$ por cada cara de ancho b en secciones rectangulares y $D\sqrt{F_y/8E}$ para secciones circulares de diámetro exterior D.

9.2.2. Resistencia de Diseño

La resistencia de diseño de columnas compuestas cargadas axialmente en $\phi_c P_n$,

donde

ϕ_c = 0,85

P_n = resistencia nominal en compresión axial determinada de las Ecuaciones E2-1 a E2-4 con las siguientes modificaciones:

(1) A_s = área total del perfil de acero o tubo (reemplaza a A_g).

r_m = radio de giro del perfil de acero o tubo, excepto que para perfiles de acero no será menor que 0,3 veces el espesor total de la sección compuesta en el plano de pandeo (reemplaza a r).

(2) Reemplazar F_y con el esfuerzo de fluencia modificado F_{my} de la Ecuación 9.2-1 y reemplazar E con el módulo de elasticidad modificado E_m de la Ecuación 9.2-2.

$$F_{my} = F_y + c_1 F_{yr}\left(A_r/A_s\right) + c_2 f'_c\left(A_c/A_s\right) \qquad (9.2\text{-}1)$$

$$E_m = E + c_3 E_c\left(A_c/A_s\right) \qquad (9.2\text{-}2)$$

donde:

A_c = área de concreto.

A_r = área de barras de refuerzo longitudinal.

A_s = área de acero.

E_s = *módulo de elasticidad del acero.*

E_c = módulo de elasticidad del concreto. Se permite calcularlo (en MPa) de $E_c = 0{,}041 w^{1{,}5}\sqrt{f'_c}$ donde w es el peso unitario del concreto en Kg/m^3 y f'_c en MPa

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado en perfil de acero ó tubo.

F_{yr} = esfuerzo de fluencia mínimo especificado de las barras de refuerzo longitudinal.

f'_c = resistencia especificada en compresión del concreto.

c_1, c_2, c_3 = coeficientes numéricos.

Para tubos rellenos con concreto: c_1=1,0, c_2 =0,85 y c_3 =0,4;

Para perfiles embebidos en concreto: c_1=0,7, c_2 =0,6 y c_3 =0,2.

9.2.3. Columnas con Múltiples Perfiles de Acero

Si la sección recta compuesta incluye dos ó más perfiles de acero, los perfiles estarán interconectados con enlaces o planchas de conexión para prevenir el pandeo de los perfiles individuales antes del endurecimiento del concreto.

9.2.4. Transferencia de Carga

La porción de la resistencia de diseño de columnas cargadas axialmente resistida por el concreto será trasmitida por aplastamiento directo en las conexiones. Cuando el área del concreto de apoyo es más ancha que el área cargada en uno o más lados y además está restringida contra la expansión lateral de los lados restantes, la máxima resistencia de diseño del concreto será $1{,}7\phi_c f'_c A_B$,

donde:

ϕ_c = 0,60

A_B = área cargada

9.3. ELEMENTOS EN FLEXIÓN

9.3.1. Ancho Efectivo

El ancho efectivo de la losa de concreto a cada lado del eje de la viga no será mayor que:

(a) un octavo de la luz de la viga, entre centros de apoyos.

(b) la mitad de la distancia entre ejes de vigas adyacentes; o,

(c) la distancia al borde de la losa.

9.3.2. Resistencia de Vigas con Conectores de Corte

La resistencia de diseño positiva en flexión $\phi_b M_n$ será determinada como sigue:

(a) Para $h/t_w \le 1680/\sqrt{F_{yf}}$

ϕ_b = 0,85; M_n se determinará en base a una distribución plástica de esfuerzos sobre la sección compuesta.

(b) Para $h/t_w > 1680/\sqrt{F_{yf}}$

ϕ_b = 0,90; M_n se determinará en base a la superposición de esfuerzos elásticos considerando los efectos del apuntalamiento.

La resistencia de diseño negativa en flexión $\phi_b M_n$ será determinada para la sección de acero solamente, de acuerdo con los requerimientos del Capítulo 6.

Alternativamente, la resistencia de diseño negativa en flexión $\phi_b M_n$ será calculada con: ϕ_b = 0,85 y M_n determinado de una distribución plástica de esfuerzos sobre la sección compuesta, siempre que:

(1) La viga de acero sea una sección compacta adecuadamente arriostrada, tal como se define en la Sección B5.

(2) Los conectores de corte conecten la losa a la viga en la región de momento negativo.

(3) El refuerzo de la losa, paralelo a la viga de acero, dentro del ancho efectivo, tenga su longitud adecuado de desarrollo.

9.3.3. Resistencia de Vigas Embebidas en Concreto

La resistencia de diseño en flexión $\phi_b M_n$ será calculada con ϕ_b = 0,90 y M_n determinado superponiendo esfuerzos elásticos, considerando los efectos del apuntalamiento.

Alternativamente, la resistencia de diseño en flexión $\phi_b M_n$ será calculada con ϕ_b = 0,90 y M_n determinado en base a una distribución plástica de esfuerzos solamente sobre la sección de acero.

9.3.4. Resistencia Durante la Construcción

Cuando no se use apuntalamiento temporal, la sección de acero sola deberá tener una resistencia adecuada para soportar todas las cargas aplicadas antes que el concreto haya alcanzado el 75% de su resistencia especificada f'_c. La resistencia de diseño en flexión de la sección de acero será determinada de acuerdo con los requerimientos de la Sección 6.1.

9.3.5. Tableros de Planchas Preformadas de Acero

9.3.5a. Generalidades

La resistencia de diseño a la flexión $\phi_b M_n$ de construcciones compuestas consistentes de losa de concreto sobre tableros preformados de acero conectados a vigas de acero será determinada por las partes aplicables de la Sección 9.3.2 con las siguientes modificaciones.

Esta Sección es aplicable a tableros con alturas nominales de nervios no mayores que 75 mm. El ancho promedio de concreto del nervio ó ensanche, w_r no será me-

nor de 50 mm, pero no se tomará en los cálculos mayor que el mínimo ancho libre cerca de la parte superior del tablero de acero. (Véase la Sección 9.3.5c para restricciones adicionales).

La losa de concreto será conectada a la viga de acero con pernos de corte soldados, de 20 mm de diámetro ó menores (AWS D1.1). Los pernos de corte se soldarán a través del tablero o directamente a la viga de acero. Después de su instalación los pernos de corte se extenderán no menos de 40 mm encima de la parte superior del tablero de acero.

El espesor de losa encima del tablero de acero no será menor a 50 mm.

9.3.5b. Nervios de Tableros Orientados Perpendicularmente a la Viga de Acero

Para nervios de tableros orientados perpendicularmente a la viga de acero, el concreto debajo del nivel superior del tablero de acero se despreciará en la determinación de las propiedades de la sección y en el cálculo de A_c.

El espaciamiento de pernos de corte a lo largo de una viga de apoyo no excederá 900 mm.

La resistencia nominal de un perno de corte será el valor estipulado en la Sección 9.5 multiplicado por el siguiente factor de reducción:

$$\frac{0,85}{\sqrt{N_r}}(w_r/h_r)\left[(H_s/h_r)-1,0\right]\leq 1,0 \qquad (9.3\text{-}1)$$

donde

h_r = altura nominal del nervio, mm .

H_s = la longitud del perno de corte después de soldado, mm, no excederá el valor (h_r +75 mm) en los cálculos, pudiendo ser mayor su longitud real.

N_r = el número de pernos de corte en un nervio en la intersección con una viga, no excederá de tres en los cálculos, pudiendo estar instalados más de tres pernos de corte.

w_r = ancho promedio de concreto en el nervio o ensanche (como se define en la Sección 9.3.5a), mm .

Para resistir el levantamiento, el tablero de acero estará anclado a todos los elementos de soporte con un espaciamiento que no exceda 450 mm. Tal anclaje será proporcionado por pernos de corte, una combinación de pernos de corte y soldadura por puntos u otro dispositivo especificado por el diseñador.

9.3.5c. Nervios del Tablero Orientados Paralelamente a la Viga de Acero

El concreto debajo del nivel superior del tablero de acero puede ser incluido en la determinación de las propiedades de la sección y será incluido en el cálculo de A_c en la Sección 9.5.

Los nervios del tablero de acero sobre las vigas de apoyo pueden ser cortados longitudinalmente y separados para formar un ensanche de concreto.

Cuando la altura nominal del tablero de acero es 40 mm o mayor, el ancho promedio w_r del ensanche o del nervio no será menor que 50 mm para el primer perno de corte en la fila transversal más cuatro diámetros del perno para cada perno adicional.

La resistencia nominal de un perno de corte será el valor estipulado en la Sección 9.5, excepto que cuando w_r/h_r es menor que 1,5, el valor de la Sección 9.5 se multiplicará por el siguiente factor de reducción:

$$0,6(w_r/h_r)\left[(H_s/h_r)-1,0\right]\leq 1,0 \qquad (9.3\text{-}2)$$

donde h_r y H_s se han definido en la Sección 9.3.5b y w_r es el ancho promedio de concreto en el nervio o ensanche tal como se ha definido en la Sección 9.3-5a.

9.3.6. Resistencia de Diseño al Corte

La resistencia de diseño al corte de vigas compuestas será determinada por la resistencia al corte del alma de acero, de acuerdo con la Sección 6.2.

9.4. FLEXIÓN Y COMPRESIÓN COMBINADAS

La interacción de compresión axial y flexión en el plano de simetría de secciones compuestas estará limitada por la Sección 8.1.1.2 con las siguientes modificaciones:

M_p = resistencia nominal en flexión determinada de una distribución plástica de esfuerzos sobre la sección compuesta excepto como se indica a continuación.

P_{e1}, P_{e2} = $A_s F_{my}/\lambda_c^2$ carga de pandeo elástico.

F_{my} = esfuerzo de fluencia modificado, ver la Sección 9.2.

ϕ_b = factor de resistencia en flexión de la Sección 9,3.

ϕ_c = factor de resistencia en compresión = 0,85.

λ_c = parámetro de esbeltez de columna definido por la Ecuación 5.2-4, tal como se modifica en la Sección 9.2.2.

Cuando el término axial en las Ecuaciones 8.1-1a y 8.1-1b es menor que 0,3, la resistencia nominal en flexión M_n será determinada interpolando linealmente entre la resistencia en flexión obtenida de la distribución plástica sobre la sección compuesta en $(P_u/\phi_c P_n)=0,3$ y la resistencia en flexión en $P_u=0$ como se determina en la Sección 9.3. Si se requieren conectores de corte en $P_u=0$, se proporcionarán siempre que $(P_u/\phi_c P_n)$ sea menor que 0,3.

9.5. CONECTORES DE CORTE

Esta Sección se aplica al diseño de conectores de corte, sean pernos ó canales. Para conectores de otro tipo, ver la Sección 9.6.

9.5.1. Materiales

Los conectores de corte serán pernos de acero con cabeza, con una longitud no menor de cuatro diámetros del perno después de instalados, o canales de acero laminados en caliente. Los pernos cumplirán los requerimientos de la Sección 1.3.6. Los canales cumplirán los requerimientos de la Sección 1.3. Los conectores de corte estarán embebidos en losas de concreto hechas con agregados que cumplan con la Norma ASTM C33.

9.5.2. Fuerza de Corte Horizontal

Excepto para vigas embebidas en concreto tal como se definen en la Sección 9.1, el cortante horizontal total en la interfase entre la viga de acero y la losa de concreto se asumirá que es transferido por los conectores de corte. Para acción compuesta con el concreto sometido a compresión por flexión, la fuerza cortante horizontal total entre el punto de máximo momento positivo y el punto de momento cero se tomará como el menor de los siguientes valores: (1) $0,85f'_c A_c$; (2) $A_s F_y$; y (3) ΣQ_n;

donde

f'_c = resistencia a la compresión especificada del concreto.

A_c = área de la losa de concreto dentro de su ancho efectivo.

A_s = área de la sección de acero.

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado.

ΣQ_n = suma de las resistencias nominales de los conectores de corte entre el punto de momento positivo máximo y el punto de momento cero.

Para vigas híbridas, la fuerza de fluencia se calculará separadamente para cada componente de la sección; $A_s F_y$ de la sección total es la suma de las fuerzas de fluencia de los componentes.

En el caso de vigas compuestas continuas donde el refuerzo longitudinal de acero en la región de momento negativo se considera que actúa conjuntamente con la viga de acero, la fuerza de corte horizontal total entre el punto de máximo momento negativo y el punto de momento cero se tomará como el menor valor de $A_r F_{yr}$ y ΣQ_n;

donde

A_r = área del refuerzo longitudinal de acero adecuadamente desarrollado dentro del ancho efectivo de la losa de concreto.

F_{yr} = esfuerzo de fluencia mínimo especificado del acero de refuerzo.

ΣQ_n = suma de las resistencias nominales de los conectores de corte entre el punto de máximo momento negativo y el punto de momento cero.

9.5.3. Resistencia de los Pernos de Corte

La resistencia nominal de un perno de corte embebido en una losa sólida de concreto es

$$Q_n = 0{,}5A_{sc}\sqrt{f'_c E_c} \le A_{sc}F_u \quad (9.5\text{-}1)$$

donde

A_{sc} = área de la sección transversal del perno de corte.
f'_c = resistencia a la compresión especificada del concreto.
F_u = resistencia a la tracción mínima especificada de un perno de corte.
E_c = módulo de elasticidad del concreto.

Para conectores tipo perno de corte embebidos en una losa sobre un tablero de acero preformado, referirse a la Sección 9.3 para los factores de reducción dados por las Ecuaciones 9.3-1 y 9.3-2 tal como sean aplicables. Los factores de reducción se aplican solamente al término $0{,}5A_{sc}\sqrt{f'_c E_c}$ de la Ecuación 9.5-1.

9.5.4. Resistencia de los Conectores de Corte Tipo Canal

La resistencia nominal de un conector de corte tipo canal embebido en una losa sólida de concreto es

$$Q_n = 0{,}3\left(t_f + 0{,}5t_w\right)L_c\sqrt{f'_c E_c} \quad (9.5\text{-}2)$$

donde

t_f = espesor del ala del conector de corte tipo canal.
t_w = espesor del alma del conector de corte tipo canal.
L_c = longitud del conector de corte tipo canal.

9.5.5. Número Requerido de Conectores de Corte

El número requerido de conectores de corte entre la sección de máximo momento de flexión positivo o negativo y la sección adyacente de momento cero será igual a la fuerza cortante horizontal como se determina en la Sección 9.5.2 dividida por la resistencia nominal de un conector de corte tal como se determina de las Secciones 9.5.3 ó 9.5.4.

9.5.6. Colocación y Espaciamiento de los Conectores de Corte

A menos que se especifique de otro modo, los conectores de corte requeridos a cada lado del punto de máximo momento de flexión, positivo o negativo, serán distribuidos uniformemente entre este punto y los puntos adyacentes de momento cero. Sin embargo el número de conectores de corte colocados entre cualquier carga concentrada y el punto de momento cero más cercano será suficiente para desarrollar el máximo momento requerido en el punto de aplicación de la carga concentrada.

Excepto para conectores instalados en los nervios de tableros de acero preformado, los conectores de corte tendrán por lo menos 25 mm de recubrimiento lateral de concreto. A menos que estén ubicados sobre el alma, el diámetro de los pernos no será mayor que 2,5 veces el espesor del ala a la que son soldados. El espaciamiento mínimo centro a centro de los pernos de corte será seis diámetros a lo largo del eje longitudinal de la viga compuesta de apoyo y cuatro diámetros en el sentido transversal, excepto que dentro del nervio de los tableros preformados de acero el espaciamiento centro a centro puede ser tan pequeño como cuatro diámetros en cualquier dirección. El espaciamiento máximo centro a centro de conectores de corte no excederá ocho veces el espesor total de la losa. Véase también la Sección 9.3.5b.

9.6. CASOS ESPECIALES

Cuando la construcción compuesta no esta de acuerdo a los requerimientos de las Secciones 9.1 a 9.5, la resistencia de los conectores de corte y sus detalles de construcción se establecerán por un programa de ensayos adecuado.

CAPÍTULO 10
CONEXIONES

Este Capítulo se aplica a los elementos de conexión, los conectores y los elementos afectados de los miembros que se conectan, sometidos a cargas estáticas. Para conexiones sometidas a fatiga, véase 11.3.

10.1. CONSIDERACIONES GENERALES

10.1.1. Bases de Diseño

Las conexiones están formadas por las partes involucradas de los miembros que se conectan (por ejemplo, las almas de las vigas), los elementos de conexión (por ejemplo, planchas de nudo, ángulos, cartelas) y los conectores (soldaduras, pernos). Estos componentes deben ser dimensionados de manera que su resistencia iguale o exceda la determinada por el análisis estructural para las cargas actuantes en la estructura o una proporción especificada de la capacidad de los elementos conectados, la que sea adecuada.

10.1.2. Conexiones Simples

Salvo que en los planos aparezca una indicación en contrario, las conexiones de vigas o armaduras deben de diseñarse como flexibles para resistir solamente las reacciones de corte. Las conexiones flexibles de las vigas deben permitir los giros de ellas como simplemente apoyadas. Para cumplir esto, se permite una deformación inelástica limitada.

10.1.3. Conexiones de Momento

Las conexiones de vigas o armaduras restringidas en sus extremos, deben diseñarse para la acción combinada de fuerzas resultantes de la acción de cortantes y momentos inducidos por la rigidez de las conexiones.

10.1.4. Miembros en Compresión con Juntas de Aplastamiento

Cuando las columnas se apoyan en planchas de base o son acabadas para tener empalmes por aplastamiento, debe haber una cantidad suficiente de conectores para unir de manera segura todas las partes conectadas.

Cuando otros miembros en compresión son acabados para tener empalmes por aplastamiento, el material de los empalmes y sus conectores serán adecuados para mantener todas las partes alineadas y serán capaces de soportar el 50% de la resistencia requerida del miembro.

Todas las juntas en compresión deben diseñarse para resistir cualquier tracción desarrollada por cargas amplificadas especificadas en la Combinación 1.4-6 para el método LRFD o para las cargas laterales actuando en conjunto con un 75% de las cargas permanentes y sin carga viva para el método ASD.

10.1.5. Recortes de Vigas y Huecos de Acceso a Soldaduras

Todos los huecos de acceso a soldaduras, necesarios para facilitar las operaciones de soldadura, tendrán una longitud mínima desde el extremo inferior de la zona preparada para la soldadura de 1 1/2 veces el espesor del material en el que esta hecho el hueco. La altura del hueco de acceso será adecuada para la colocación sin defectos del metal de la soldadura en las planchas adyacentes y dejará espacio libre para la prolongación del cordón de soldadura para la soldadura en el material en que esta hecho el hueco, pero no será menor que el espesor del material. En perfiles laminados y armados, todos los recortes de vigas y huecos de acceso a soldaduras se harán libres de entalladuras y esquinas agudas reentrantes excepto que, cuando se emplean soldaduras de filete en la unión del alma al ala de secciones armadas, se permite que los huecos de acceso terminen perpendiculares al ala.

10.1.6. Resistencia Mínima de Conexiones

Excepto para elementos secundarios, como enlaces o arriostres de viguetas o viguetas de revestimiento, las conexiones que transmiten esfuerzos de diseño deberán ser diseñadas para soportar una carga amplificada no menor a 45 kN para el método LRFD o a 27 kN para el método ASD.

Las conexiones en los extremos de elementos en tracción o compresión de armaduras deben transmitir las fuerzas debidas a las cargas de diseño, pero no menos del 50% de la resistencia efectiva del elemento, a menos que se justifique un porcentaje menor por un análisis de ingeniería que considere otros factores como el manipuleo, transporte y montaje.

10.1.7. Ubicación de Soldaduras y Pernos

Los grupos de soldaduras o de pernos en los extremos de cualquier elemento que trasmitan fuerzas axiales a ese elemento serán ubicados de manera que el centro de gravedad del grupo coincida con el centro de gravedad del elemento, a menos que se tome en cuenta la excentricidad en el diseño. La consideración anterior no es aplicable a las conexiones de extremo de ángulos simples, ángulos dobles y elementos similares sometidos a cargas estáticas.

10.1.8. Pernos en Combinación con Soldaduras

En obras nuevas, no debe considerarse que los pernos A307 o de alta resistencia, diseñados en conexiones de aplastamiento, comparten los esfuerzos en combinación con soldaduras. Las soldaduras, si se usan, serán diseñadas para la fuerza total en la conexión. En conexiones de deslizamiento crítico, se permite que se considere que los pernos de alta resistencia comparten la carga con las soldaduras.

Cuando se hacen modificaciones soldadas a estructuras, los remaches y pernos de alta resistencia existentes y ajustados según lo exigido para conexiones de deslizamiento crítico, se permite que sean utilizados para resistir las cargas actuantes al tiempo de la modificación y que la soldadura sea diseñada sólo para la resistencia adicional necesaria.

10.1.9. Limitaciones en las Conexiones Empernadas y Soldadas

Para las siguientes conexiones se emplearán soldaduras o pernos de alta resistencia totalmente traccionados (Véase Tabla 10.3.1):

- Empalmes de columnas en todas las estructuras de varios pisos de 60 m ó más de altura.
- Empalmes de columnas en las estructuras de varios pisos de 30 a 60 m de altura, si la dimensión horizontal más pequeña es menor que el 40 por ciento de la altura.
- Empalmes de columnas en las estructuras de varios pisos de altura menor a 30 m, si la dimensión horizontal más pequeña es menor que el 25 por ciento de la altura.
- Conexiones de todas las vigas a columnas y de cualquier otra viga de la que dependa el arriostramiento de las columnas, en estructuras de más de 38 m de altura.
- En todas las estructuras que soporten grúas de más de 45 KN de capacidad: empalmes en armaduras de techos y conexiones de armaduras a columnas, empalmes de columnas, arriostramientos de columnas y soportes de grúas.
- Conexiones para el soporte de maquinaria en funcionamiento, o de cualquier carga viva que produce impacto o inversión de esfuerzos.
- Cualquier otra conexión indicada de esta manera en los planos.

En todos los otros casos se permite que las conexiones sean hechas con pernos A307 o con pernos de alta resistencia ajustados sin requintar.

Para el propósito de esta sección, la altura de una estructura de varios pisos se tomará como la distancia vertical entre el nivel de la vereda y el punto más alto de las vigas del techo en el caso de techos planos, o al punto medio de la pendiente en el caso de techos con una inclinación mayor de 20 por ciento. Cuando no esta definido el nivel de la vereda o cuando la estructura no esta junto a una calle, el nivel medio del terreno adyacente será usado en lugar del nivel de la vereda. Se permite excluir los penthouses para el cálculo de la altura de la estructura.

10.2. SOLDADURAS

Todo lo especificado en el Structural Welding Code Steel, AWS D1.1-96 de la American Welding Society, es aplicable bajo esta Norma, con excepción del Capítulo 10 – Estructuras Tubulares, que esta fuera de sus alcances, y las siguientes secciones que son aplicables bajo esta Norma en lugar de las del Código AWS que se indican:

Sección 10.1.5 en lugar de la Sección 3.2.5 de AWS.
Sección 10.2.2 en lugar de la Sección 2.3.2.4 de AWS.
Tabla 10.2.5.1 y 10.2.5.2 en lugar de la Tabla 8.1 de AWS.
Sección 11.3 en lugar del Capítulo 9 de AWS.
Sección 13.2.2 en lugar de la Sección 3.2.2 de AWS.

10.2.1. Soldaduras Acanaladas

10.2.1a. Área Efectiva

El área efectiva de las soldaduras acanaladas debe considerarse como la longitud efectiva de la soldadura multiplicada por el espesor de la garganta efectiva.

La longitud efectiva de una soldadura acanalada será el ancho de la parte unida.

El espesor de la garganta efectiva de una soldadura acanalada de penetración total será el espesor de la parte más delgada a unir.

El espesor de la garganta efectiva de una soldadura acanalada de penetración parcial será como se muestra en la Tabla 10.2.1.

El espesor de la garganta efectiva de una soldadura acanalada abocinada cuando se nivela a la superficie de una barra o a un doblez de 90º en secciones dobladas será como se muestra en la Tabla 10.2.2. Un muestreo aleatorio de las soldaduras producidas por cada procedimiento o las que se exijan en los planos, se tomaran para verificar que se obtiene la garganta efectiva.

Se permiten tamaños mayores de la garganta efectiva que los que aparecen en la Tabla 10.2.2, siempre que el fabricante pueda justificar consistentemente por calificación estos valores. La calificación consistirá en seccionar la soldadura normalmente a su eje en los extremos y en la parte central. Este seccionamiento se hará en un número de combinaciones de tamaño de material que sea representativo del rango a usarse en la fabricación o como se exija por el proyectista.

10.2.1b. Limitaciones

El espesor mínimo de la garganta efectiva de una soldadura acanalada de penetración parcial se presenta en la Tabla 10.2.3. El tamaño de la soldadura esta determinado por la parte más gruesa a unir, excepto que el tamaño de la soldadura no necesita exceder el espesor de la parte más delgada cuando un mayor tamaño es requerido por los cálculos. En caso de esta excepción, debe tenerse particular cuidado de que se aplique un precalentamiento suficiente que asegure la calidad de la soldadura.

TABLA 10.2.1
Espesor de Garganta Efectiva de Soldadura Acanalada de Penetración Parcial

Proceso de soldadura	Posición de soldadura	Angulo incluido en la raíz del canal	Espesor de garganta efectiva
Arco metálico protegido (SMAW) Arco sumergido (SAW)	Todas	Junta en J ó U	Espesor del bisel
Arco protegido con gas externo (GMAW)		Bisel o junta en $V > 60^{o}$	
Arco con alambre tubular (FCAW)		Bisel o junta en $V < 60^{o}$ pero $> 45^{o}$	Espesor del bisel menos 3 mm

TABLA 10.2.2
Espesor de Garganta Efectiva de Soldadura Acanalada Abocinada

Tipo de soldadura	Radio (R)de la barra o doblez	Espesor de garganta efectiva
Canal biselado abocinado	Todos	5/16 R
Canal en V abocinado	Todos	1/2 R [a]
[a] Usar 3/8 R para la soldadura de arco protegida con gas externo (GMAW) (excepto para el proceso de transferencia por corto circuito) $cuando R \geq 25$ mm.		

TABLA 10.2.3
Espesor Mínimo de Garganta Efectiva de Soldadura Acanalada de Penetración Parcial

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	Espesor mínimo de la garganta efectiva [a] (mm)
Hasta 6 inclusive	3
Sobre 6 a 13	5
Sobre 13 a 19	6
Sobre 19 a 38	8
Sobre 38 a 57	10
Sobre 57 a 150	13
Sobre 150	16
[a] Véase la Sección J2.	

10.2.2. Soldadura de Filete

10.2.2a. Área Efectiva

El área efectiva de la soldadura de filete deberá tomarse como el producto de la longitud efectiva por el espesor de la garganta efectiva. Los esfuerzos en una soldadura de filete se considerarán aplicados a esta área efectiva para cualquier dirección en que se aplique la carga.

La longitud efectiva de la soldadura de filete, con excepción de las soldaduras en huecos y ranuras, deberá ser la longitud total del filete incluyendo los retornos de extremo.

El espesor de la garganta efectiva de la soldadura de filete será la menor distancia desde la raíz de la junta hasta la cara teórica de la soldadura, excepto que para soldaduras de filete hechas por el proceso de arco sumergido, el espesor de la garganta efectiva se tomará igual al lado del filete de soldadura para filetes de 10 mm o menos, e igual a la garganta teórica mas 3 mm para soldaduras de filete mayores a 10 mm.

Para soldaduras de filete en huecos o ranuras, la longitud efectiva será la longitud de la línea que pasa por el centro de la garganta efectiva. El área efectiva calculada de esta manera no excederá el área nominal de la sección del hueco o ranura en el plano de la superficie de contacto.

TABLA 10.2.4
Tamaño Mínimo de Soldaduras de Filete [b]

Espesor de la parte unida más gruesa (en mm)	Tamaño mínimo de la soldadura de filete [a] (en mm)
Hasta 6 inclusive	3
Sobre 6 a 13	5
Sobre 13 a 19	6
Sobre 19	8
[a] Dimensión del lado de la soldadura de filete. Debe emplearse soldadurasen sólo una pasada. [b] Ver la Sección J2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.	

10.2.2b. Limitaciones

El tamaño mínimo de la soldadura de filete no debe ser menor que el necesario para transmitir las fuerzas calculadas ni menor que el indicado en la Tabla 10.2.4.

El tamaño máximo de las soldaduras de filete en las partes conectadas será:

(a) A lo largo de bordes con material de espesor menor a 6 mm, no deberá ser mayor que el espesor del material.

(b) A lo largo de bordes con material de espesor igual o mayor a 6 mm, no deberá ser mayor que el espesor del material menos 2 mm a menos que la soldadura tenga indicaciones especiales en los planos para obtener el espesor de toda la garganta. En la soldadura ya ejecutada se permite que la distancia entre el borde del metal de base y el borde de la soldadura sea menor que 2 mm siempre que el tamaño de la soldadura se pueda verificar claramente.

(c) Para soldaduras entre el ala y el alma y conexiones similares, el tamaño de la soldadura no necesita ser mayor que el necesario para desarrollar la capacidad del alma, y no se necesita aplicar lo exigido en la Tabla 10.2.4.

La longitud efectiva mínima de las soldaduras de filete diseñadas sobre la base de resistencia no deberá ser menor a cuatro veces el tamaño nominal, en todo caso el tamaño de la soldadura se considerará que no excede 1/4 de su longitud efectiva. Si se emplea sólo soldadura de filetes longitudinales en una conexión de extremo de una platina en tracción, la longitud de cada filete longitudinal no deberá ser menor que la distancia perpendicular entre ellos. El espaciamiento transversal de filetes longitudinales empleados en conexiones de extremo de elementos en tracción cumplirá con lo indicado en la Sección 2.3.

La longitud efectiva máxima de las soldaduras de filete solicitadas por fuerzas paralelas a la soldadura, tal como empalmes traslapados, no excederá de 70 veces el tamaño de la soldadura. Se puede asumir una distribución uniforme de esfuerzos en toda la longitud efectiva máxima.

Las soldaduras de filetes intermitentes se pueden usar para transferir los esfuerzos calculados a lo largo de una junta o de superficies en contacto cuando la resistencia requerida es menor que la desarrollada por un filete continuo del tamaño más pequeño permitido, y para unir componentes de elementos armados. La longitud efectiva de cualquier segmento de soldadura de filete intermitente no será menor que 4 veces el tamaño de la soldadura, con un mínimo de 40 mm.

En juntas traslapadas, el mínimo traslape será de cinco veces el espesor de la parte de menor espesor a unir, pero no menos de 25 mm. Las juntas traslapadas en planchas o barras sujetas a esfuerzos axiales deben tener soldaduras de filete en los dos extremos de la parte traslapada, excepto cuando la deflexión entre las partes traslapadas esta suficientemente restringida para prevenir la abertura de la junta bajo la carga máxima.

La parte final de las soldaduras de filete no debe estar en las esquinas de las partes o miembros. Deben desarrollarse en forma continua alrededor de las esquinas por una distancia no menor a dos veces el tamaño nominal de la soldadura o deben terminar a una distancia no menor que el tamaño nominal de la soldadura, excepto en los casos que se indican a continuación. Para detalles y elementos estructurales tales como cartelas, asientos de vigas, ángulos de conexiones y planchas simples de extremo que están sometidas a fuerzas cíclicas fuera de su plano y/o momentos de frecuencia y magnitud que podrían tender a iniciar una falla progresiva de la soldadura, las soldaduras de filete deben tener un retorno alrededor de las esquinas por una distancia no menor que dos veces el tamaño nominal de la soldadura. Para conexiones de ángulos o de planchas simples de extremo que dependen de la flexibilidad de la parte que se proyecta para la flexibilidad de la conexión, si se emplean retornos de extremos, su longitud no debe exceder de cuatro veces el tamaño nominal de la soldadura. Las soldaduras de filete que se presentan en lados opuestos de un plano común deben interrumpirse en la esquina común a ambas soldaduras. Los retornos de extremo deben indicarse en los planos.

Las soldaduras de filete en huecos o ranuras pueden emplearse para transmitir el corte en juntas traslapadas o para prevenir el pandeo o separación de los elementos traslapados y para unir componentes de miembros armados. Tales soldaduras de filete pueden traslaparse, sujetas a lo indicado en la Sección 10.2. Las soldaduras de filete en huecos o ranuras no deben considerarse como soldaduras de ranura o tapón.

10.2.3. Soldadura de Ranura y Tapón

10.2.3a. Área Efectiva

El área efectiva en corte de las soldaduras de ranura y tapón debe considerarse como el área nominal de la sección transversal del hueco o ranura en el plano de la superficie de contacto.

10.2.3b. Limitaciones

Las soldaduras de ranura o tapón pueden emplearse para transmitir el corte en juntas traslapadas o para prevenir el pandeo de los elementos traslapados y para unir componentes de miembros armados.

El diámetro de los huecos para una soldadura de tapón no deberá ser menor que el espesor de la parte que la contiene más 8 mm y no mayor que el diámetro mínimo mas 3 mm o 2¼ veces el espesor de la soldadura.

El espaciamiento mínimo centro a centro de las soldaduras de tapón será de 4 veces el diámetro del hueco.

La longitud de la ranura para una soldadura de ranura no excederá de 10 veces el espesor de la soldadura. El ancho de la ranura no deberá ser menor que el espesor de la parte que la contiene más 8 mm y no mayor que 2¼ veces el espesor de la soldadura. Los extremos de la ranura serán semicirculares o tendrán las esquinas redondeadas con un radio no menor que el espesor de la parte que la contiene, excepto los extremos que se extienden al borde de la parte.

El espaciamiento mínimo de líneas de soldadura de ranura en una dirección transversal a su longitud será cuatro veces el ancho de la ranura. El espaciamiento mínimo centro a centro en una dirección longitudinal en cualquiera de las líneas será de dos veces la longitud de la ranura.

Cuando el espesor del material sea menor a 16 mm, el espesor de la soldadura de ranura o tapón será igual al espesor del material. En caso que el material tenga espesor mayor a 16 mm, el espesor de la soldadura será por lo menos la mitad del espesor del material pero no menos de 16 mm.

10.2.4. Resistencia de Diseño

Para el método LRFD la resistencia de diseño de las soldaduras será el menor valor de $\phi F_{BM} A_{BM}$ y $\phi F_w A_w$ cuando sea aplicable. Los valores de ϕ, F_{BM} y F_w y sus limitaciones están dados en la Tabla 10.2.5.1, donde

F_{BM} = resistencia nominal del material de base.
F_w = resistencia nominal del electrodo.
A_{BM} = área de la sección recta del material de base.
A_w = área efectiva de la sección recta de la soldadura.
ϕ = *factor de resistencia.*

Alternativamente, las soldaduras de filete cargadas en su plano pueden ser diseñadas de acuerdo con el Apéndice 10.2.4.

Para el método ASD las soldaduras serán diseñadas para cumplir los requisitos de esfuerzos dados en la Tabla 10.2.5.2, excepto cuando deben cumplir lo indicado en la Sección 11.3.

10.2.5. Combinación de Soldaduras

Si dos o más de los tipos generales de soldaduras (canal, filete, tapón, ranura) se combinan en una sola junta, la resistencia de diseño de cada una debe ser calculada por separado con referencia al eje del grupo de manera que se pueda determinar la resistencia de diseño de la combinación.

10.2.6. Metal de Soldadura Compatible

La elección del electrodo para ser usado en soldaduras acanaladas de penetración total sometidas a tracción normal al área efectiva cumplirá con los requisitos para metal de soldadura compatible dados en la Tabla 10.2.6 o en el Código AWS D1.1 en los casos no cubiertos en esta Tabla.

TABLA 10.2.5.1
Método LRFD – Resistencia de Diseño de las Soldaduras

Tipos de soldadura y esfuerzo [a]	Material	Factor ϕ de resistencia	Resistencia nominal F_{BM} o F_w	Nivel de resistencia requerida de la soldadura [b, c]
Soldaduras acanaladas de penetración total				
Tracción normal al área efectiva	Base	0,90	F_y	Debe usarse soldadura compatible
Compresión normal al área efectiva	Base	0,90	F_y	Se permite el empleo de un metal de soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de soldadura compatible.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura				
Corte en el área efectiva	Base Electrodo	0,90 0,80	$0,6F_y$ $0,60F_{EXX}$	
Soldaduras acanaladas de penetración parcial				
Compresión normal al área efectiva	Base	0,90	F_y	Se permite el empleo de un metal de soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de soldadura compatible.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura[d]				
Corte paralelo al eje de soldadura	Base Electrodo	0,75	[e] $0,60F_{EXX}$	
Tracción normal al área efectiva	Base Electrodo	0,90 0,80	F_y $0,60F_{EXX}$	
Soldaduras de filete				
Corte en el área efectiva	Base Electrodo	0,75	[f] $0,60F_{EXX}$	Se permite el empleo de un metal de soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de soldadura compatible.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura [d]	Base	0,90	F_y	
Soldaduras de tapón y ranura				
Corte paralelo a la superficie de contacto (en el área efectiva)	Base Electrodo	0,75	[e] $0,60F_{EXX}$	Se permite el empleo de un metal de soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de soldadura compatible.

[a] Para la definición del área efectiva, véase la Sección 10.2.

[b] Para metal de soldadura compatible, véase la Tabla 10.2.6

[c] Se permite un metal de soldadura sólo un nivel mayor que el metal de soldadura compatible.

[d] Las soldaduras de filete y acanaladas de penetración parcial que unen los componentes de miembros armados, tales como las conexiones de ala a alma, pueden diseñarse sin considerar el esfuerzo de tracción o compresión en los elementos paralelos al eje de la soldadura.

[e] El diseño de los materiales de conexión esta gobernado por las Secciones 10.4 y 10.5.

[f] Para diseño alternativo véase el Apéndice 10.2.4.

TABLA 10.2.5.2
Método ASD - Esfuerzo Admisible en Soldaduras [e, f]

Tipo de soldadura y esfuerzo [a]	Esfuerzo admisible	Nivel de resistencia requerida de la soldadura [b, c]
Soldaduras acanaladas de penetración total		
Tracción normal al área efectiva	Igual como la base metálica	Se usará un metal de soldadura compatible
Compresión normal al área efectiva Tracción o Compresión paralela al eje de la soldadura		Se permite el empleo de un metal de soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de soldadura compatible.
Corte en el área efectiva	0,30 x la resistencia nominal en tracción del metal de soldadura	
Soldaduras acanaladas de penetración parcial		
Compresión normal al área efectiva	Igual como la base metálica	Se permite el empleo de un metal de soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de soldadura compatible.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura[d]		
Corte paralelo al eje de soldadura	0,30 x la resistencia nominal en tracción del metal de soldadura	
Tracción normal al área efectiva	0,30 x la resistencia nominal del metal de soldadura excepto que el esfuerzo de tracción sobre el metal de base no excederá 0,60 x esfuerzo de fluencia del metal de base	
Soldaduras de filete		
Corte en el área efectiva	0,30 x la resistencia nominal en tracción del metal de soldadura	Se permite el empleo de un metal de soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de soldadura compatible.
Tracción o compresión paralela al eje de la soldadura[d]	Igual como la base metálica	
Soldaduras de tapón y ranura		
Corte paralelo a la superficie de contacto (en el área efectiva)	0,30 x la resistencia nominal en tracción del metal de soldadura	Se permite el empleo de un metal de soldadura con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de soldadura compatible.

a] Para la definición del área efectiva, véase la Sección 10.2.

[b] Para metal de soldadura compatible, véase la Tabla 10.2.6

[c] Se permite un metal de soldadura sólo un nivel mayor que el metal de soldadura compatible.

[d] Las soldaduras de filete y acanaladas de penetración parcial que unen los componentes de miembros armados, tales como las conexiones de ala a alma, pueden diseñarse sin considerar el esfuerzo de tracción o compresión en los elementos paralelos al eje de la soldadura.

[e] El diseño de los materiales de conexión esta gobernado por las Secciones 10.4 y 10.5.

[f] Para diseño alternativo véase el Apéndice 10.2.4.

TABLA 10.2.6
Metal de soldadura compatible con metal de base

Grupo	Metal base				Niveles compatibles de metal de soldadura
	Especificación de acero		F_y MPa	F_u MPa	Especificación de electrodo
I	ASTM A36		250	400-550	SMAW - AWS A5.1:
	ASTM A53	Grado B	240	415 min	E60XX, E70XXSMAW -
	ASTM A500	Grado A	228	310 min	AWS A5.5: E70XX-X
		Grado B	290	400 min	SAW – AWS A5.17:
	ASTM A501		250	400 min	F6XX-EXXXF7XX-EXXXSAW – AWS A5.3: F7XX-EXX-XX
	ASTM A529		290	415-585	GMAW – AWS A5.8: ER70S-X
	ASTM A570	Grado 40	275	380 min	FCAW – AWS A5.0:
		Grado 45	310	415 min	E6XT-X, E7XT-XFCAW –
		Grado 50	345	450 min	AWS A5.9: E7XTX-XX
	ASTM A709	Grado 36	250	400-550	
II	ASTM A572	Grado 42	290	415 min	SMAW - AWS A5.1: E7015, E7016,E7018, E7028SMAW – AWS A5.5: E7015-X, E7016-X, E7018-X
		Grado 50	345	450 min	SAW – AWS A5.17: F7XX-EXXXSAW – AWS
	ASTM A606		310-340	450 min	A5.23: F7XX-EXX-XX
	ASTM A607	Grado 45	310	410 min	GMAW – AWS A5.18:
		Grado 50	345	450 min	ER70S-X
		Grado 55	380	480 min	
	ASTM A618	Grado Ib, II, III	315-345	450 min	FCAW – AWS A5.20: E7XT-X
	ASTM A709	Grado 50	345	450 min	FCAW – AWS A5.29:
		Grado 50W	345	485 min	E7XTX-X
III	ASTM A572	Grado 60	415	515 min	SMAW - AWS A5.5: E8015-X, E8016-X, E8018-X
		Grado 65	450	550 min	SAW - AWS A5.23: F8XX-EXX-XX

10.3. PERNOS Y PIEZAS ROSCADAS

10.3.1. Pernos de Alta Resistencia

Se considera pernos de alta resistencia los que cumplen las Normas ASTM A325 y ASTM A490.

Si los pernos A449 (véase la Sección 1.3.3) necesitan ser ajustados hasta conseguir mas del 50 por ciento de su mínima resistencia especificada a tracción, trabajando en tracción y en conexiones de corte tipo aplastamiento, tendrán una arandela endurecida ASTM F436 instalada bajo la cabeza del perno, y las tuercas cumplirán las exigencias de la Norma ASTM A563. Cuando estén ensamblados, todas las superficies de las juntas, incluyendo las adyacentes a las arandelas, deben estar libres de escamas, excepto las escamas de laminación muy bien adheridas. Salvo como se indica a continuación, todos los pernos A325 y A490 deben ajustarse hasta conseguir una tracción no menor que la indicada en la Tabla 10.3.1. El ajuste será hecho por uno de los siguiente métodos: método de giro de la tuerca, indicador directo de tracción, llave de torque calibrada o pernos de diseño alternativo.

Los pernos en conexiones no sometidas a cargas de tracción, donde se puede permitir deslizamiento y donde el que se aflojen o la fatiga debida a vibraciones o las fluctuaciones de carga no son consideraciones de diseño, sólo necesitan ser ajustados sin requintar. La condición de ajuste sin requintar se define como el ajuste alcanzado por unos pocos impactos de una llave de torsión o por todo el esfuerzo de un operario con una llave ordinaria que ponga las superficies conectadas en un contacto firme. Los valores de resistencia nominal dados en la Tabla 10.3.2.1 y 10.3.2.2 para conexiones de aplastamiento se usarán para pernos ajustados sin requintar. Los pernos ajustados sólo a una condición de ajuste sin requintar estarán claramente identificados en los planos.

En las conexiones de deslizamiento crítico en las que la dirección de la carga es hacia el borde de la parte conectada, debe existir una adecuada resistencia al aplastamiento de acuerdo con las exigencias de la Sección 10.3.10.

Para cualquier situación no cubierta por esta Norma, ver el Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts, aprobado por el Research Council on Structural Connections (RCSC).

TABLA 10.3.1
Tracción mínima de ajuste en los pernos, KN [a]

Tamaño de pernos, mm	Pernos A325	Pernos A490
M16	91	114
M20	142	179
M22	176	221
M24	205	257
M27	267	334
M30	326	408
M36	475	595

[a] Igual a 0,7 de la resistencia mínima en tracción de pernos, redondeada al más cercano KN, como se indica en las especificaciones del ASTM para pernos A325 y A490 con rosca UNC.

10.3.2. Tamaño y Uso de los Huecos

En las conexiones de deslizamiento critico que tengan la dirección de carga hacia el borde de las partes conectadas, debe tenerse una resistencia adecuada al aplastamiento cumpliendo los requisitos de la Sección 10.3.10.

El tamaño máximo de los huecos para pernos esta dado en la Tabla 10.3.3, excepto que se permite huecos más grandes en las bases de columnas, por la tolerancia en la colocación de pernos de anclaje en las cimentaciones de concreto.

Huecos estándar deben usarse en las conexiones miembro a miembro, a menos que el diseñador apruebe el empleo de huecos agrandados, de ranura corta o de ranura larga en las conexiones empernadas. Se permiten lainas hasta de 6 mm en conexiones de deslizamiento crítico, diseñadas sobre la base de huecos estándar, sin reducir la resistencia al corte del conector a la correspondiente a huecos alargados.

Huecos agrandados se permiten en alguna o todas las planchas de una conexión de deslizamiento crítico, pero no serán empleados en conexiones de aplastamiento. Se colocarán arandelas endurecidas sobre los huecos agrandados en una de las planchas exteriores.

Huecos de ranura corta se permiten en alguna o todas las planchas de una conexión de deslizamiento crítico o de aplastamiento. Se permite que las ranuras se coloquen sin tener en cuenta la dirección de la carga en una conexión de deslizamiento crítico, pero la longitud será normal a la dirección de la carga en una conexión de aplastamiento. Se colocarán arandelas sobre los huecos de ranura corta en una de las planchas exteriores; cuando se emplean pernos de alta resistencia, estas arandelas serán endurecidas.

Huecos de ranura larga se permiten en sólo una de las partes conectadas de una conexión de deslizamiento crítico o de aplastamiento en una superficie de contacto individual. Se permite que los huecos de ranura larga se coloquen sin tener en cuenta la dirección de la carga en una conexión de deslizamiento crítico, pero serán normales a la dirección de la carga en una conexión de aplastamiento. Cuando se emplean huecos de ranura larga en una plancha exterior, se colocarán arandelas hechas de plancha o una platina continua con huecos estándar, con el tamaño suficiente para cubrir completamente la ranura después de la colocación de los pernos. En conexiones con pernos de alta resistencia, tales arandelas o platinas tendrán un espesor mínimo de 8mm y serán de material de grado estructural, pero no necesitan ser endurecidas. Si se necesita emplear arandelas endurecidas por el uso de pernos de alta resistencia, las arandelas endurecidas se colocarán sobre la superficie exterior de las arandelas de plancha o de las platinas.

10.3.3. Espaciamiento Mínimo

La distancia entre centros de huecos estándar, agrandados o de ranura, no deberá ser menor a 2 2/3 veces el diámetro nominal del perno, es recomendable una distan-

cia de 3d.(Véase la Sección 10.3.10 para los requisitos de aplastamiento).

10.3.4. Distancia Mínima al Borde

La distancia del centro de un hueco estándar al borde de una parte conectada no será menor que lo indicado en la Tabla 10.3.4 o como se exige en la Sección 10.3.10. La distancia del centro de un hueco agrandado o alargado al borde de una parte conectada no será menor que lo exigido para un hueco estándar más el incremento correspondiente C_2 de la Tabla 10.3.7. (Véase la Sección 10.3.10 para las exigencias de resistencia al aplastamiento).

10.3.5. Máximo Espaciamiento y Distancia al Borde

La máxima distancia del centro de cualquier perno al borde de más cercano de las partes en contacto será doce veces el espesor de la parte considerada, pero no excederá de 150 mm . El espaciamiento longitudinal de conectores entre elementos en contacto continuo consistentes de una plancha y un perfil o dos planchas será como sigue:

(a) Para elementos pintados o sin pintar no sujetos a corrosión, el espaciamiento no excederá de veinticuatro veces el espesor de la plancha más delgada ó 300 mm .

(b) Para elementos sin pintar de acero resistente a la intemperie sometido a corrosión atmosférica, el espaciamiento no excederá de catorce veces el espesor de la plancha más delgada ó 180 mm.

TABLA 10.3.2.1
Método LRFD - Resistencia de Diseño de Conectores

Tipo de conectores	Resistencia en tracción		Resistencia en corte en conexiones tipo aplastamiento	
	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal, MPa	Factor de resistencia ϕ	Resistencia nominal, MPa
Pernos A307	0,75	310 [a]	0,75	165 [b, e]
Pernos A325, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		620 [d]		330 [e]
Pernos A325, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		620 [d]		415 [e]
Pernos A490, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		780 [d]		415 [e]
Pernos A490, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		780 [d]		520 [e]
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte		$0,75F_u$ [a, c]		$0,40F_u$
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte		$0,75F_u$ [a, c]		$0,50F_u$ [a, c]

[a] Sólo carga estática.

[b] Hilos permitidos en los planos de corte.

[c] La resistencia nominal en tracción de la parte roscada de una barra recalcada, basada en el área de la sección transversal en la zona roscada de mayor diámetro, A_D, será mayor que el área nominal de la barra, antes del recalcado, por F_y.

[d] Para pernos A325 y A490 sometidos a cargas que producen fatiga en tracción, véase 11.3.

[e] Cuando las conexiones de aplastamiento empleadas para empalmar elementos en tracción tienen una distribución de conectores cuya longitud, medida paralelamente a la línea de fuerza, excede 1300 mm, los valores indicados se reducirán en 20 por ciento.

10.3.6. Resistencia de Diseño en Tracción o Corte

La resistencia de diseño en tracción o corte, para el método LRFD, de un perno de alta resistencia o de un elemento roscado será $\phi F_n A_b$ con los valores indicados en la Tabla 10.3.2.1, y para el método ASD los valores indicados en la Tabla 10.3.2.2.

El área A_b del perno o del elemento roscado será el área nominal sin roscar. Véase la nota [c] de la Tabla 10.3.2.1 o 10.3.2.2.

La carga aplicada será la suma de la carga externa factorizada y de cualquier tracción resultante de una acción de palanqueo producida por la deformación de las partes conectadas.

TABLA 10.3.2.2
Método ASD - Esfuerzos admisibles en conectores, MPa

Descripción de los conectores	Tracción admisible F_t [g]	Corte admisible, F_v [g]				Conexión de aplastamiento
		Conexiones de deslizamiento crítico [e]				
		Hueco estándar	Hueco agrandado y de ranura corta	Huecos de ranura larga		
				Carga transversal[h]	Carga paralela [h]	
Pernos A307	140 [a]					70 [b, f]
Pernos A325, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte	300 [d]	120	100	80	70	145 [f]
Pernos A325, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte	300 [d]	120	100	80	70	210[f]
Pernos A490, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte	370 [d]	145	125	100	90	190 [f]
Pernos A490, cuando los hilos están excluidos de los planos de corte	370 [d]	145	125	100	90	275 [f]
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte	$0,33F_u$ [a, c]					$0,17F_u$
Elementos roscados que cumplen los requisitos de la Sección 1.3, cuando los hilos no están excluidos de los planos de corte	$0,33F_u$ [a]					$0,22F_u$

[a] Sólo carga estática.

[b] Hilos permitidos en los planos de corte.

[c] La capacidad en tracción de la parte roscada de una barra recalcada basada en el área de la sección transversal en la zona roscada de mayor diámetro, A_D, será mayor que el área nominal de la barra, antes del recalcado, por $0,60F_y$.

[d] Para pernos A325 y A490 sometidos a cargas que producen fatiga en tracción, véase 11.3.

[e] Clase A (coeficiente de deslizamiento 0,33). Superficies limpias de escamas de laminación y arenadas con recubrimientos de clase A. Cuando lo especifique el diseñador, el esfuerzo admisible de corte, F_v, para conexiones de deslizamiento crítico que tengan condiciones especiales en la superficie de contacto puede aumentar su valor a los indicados en las especificaciones RCSC.

[f] Cuando las conexiones de aplastamiento empleadas para empalmar elementos en tracción tienen una distribución de conectores cuya longitud, medida paralelamente a la línea de fuerza, excede 1300 mm, los valores indicados se reducirán en 20 por ciento.

[g] Véase la Sección 1.5.3.

[h] Dirección de la aplicación de la carga relativa al eje mayor de la ranura.

TABLA 10.3.3
Dimensión nominal de los huecos, mm

Diámetro del perno	Dimensiones de los huecos			
	Estándar (Diam.)	Agrandado (Diam.)	Ranura corta (ancho x largo)	Ranura larga (ancho x largo)
M16	18	20	18x22	18x40
M20	22	24	22x26	22x50
M22	24	28	24x30	24x55
M24	27	30	27x32	27x60
M27	30	35	30x37	30x67
M30	33	38	33x40	33x75
≥M36	d + 3	d + 8	(d+3)x(d+10)	(d+3)x(2,5d)

TABLA 10.3.4
Distancia mínima al borde, [a] mm
(Centro del hueco estándar [b] al borde de la parte conectada)

Diámetro nominal del Perno(mm)	En bordes cizallados	En bordes laminados de planchas, perfiles o barras, o bordes cortados con soplete [c]
16	28	22
20	34	26
22	38	28
24	42 [d]	30
27	48 [d]	34
30	52	38
36	64	46
Mayores a 36	1,75d	1,25d

[a]Se permiten menores distancias al borde si se satisfacen las ecuaciones adecuadas de la Sección 10.3.10.
[b] Para agujeros agrandados o en ranura, véase la Tabla 10.3.7.
[c] Se permite reducir en 3 mm todas las distancias al borde de esta columna cuando el hueco esta en un punto donde los esfuerzos no exceden al 25 por ciento de la máxima resistencia de diseño del elemento.
[d] Estos valores pueden ser 32 mm en los ángulos de conexión y planchas extremas de corte en los extremos de las vigas.

TABLA 10.3.5.1

Esfuerzo límite de tracción F_t (MPa) para conectores en conexiones de aplastamiento Método LRFD

Descripción de los pernos	Hilos incluidos en el plano de corte	Hilos excluidos del plano de corte
A307	$407 - 1{,}9 f_v \le 310$	
A325	$807 - 1{,}9 f_v \le 621$	$807 - 1{,}5 f_v \le 621$
A490	$1010 - 1{,}9 f_v \le 779$	$1010 - 1{,}5 f_v \le 779$
Parte roscada de pernos A449 de diámetro mayor a 38 mm	$0{,}98F_u - 1{,}9 f_v \le 0{,}75F_u$	$0{,}98F_u - 1{,}5 f_v \le 0{,}75F_u$

TABLA 10.3.5.2

Esfuerzo admisible de tracción F_t (MPa) para conectores en conexiones de aplastamiento Método ASD

Descripción de los pernos	Hilos incluidos en el plano de corte	Hilos excluidos del plano de corte
A307	$180 - 1{,}8 f_v \le 140$	
A325	$\sqrt{(303)^2 - 4{,}39 f_v^2}$	$\sqrt{(303)^2 - 2{,}15 f_v^2}$
A490	$\sqrt{(372)^2 - 3{,}75 f_v^2}$	$\sqrt{(372)^2 - 1{,}82 f_v^2}$
Parte roscada de pernos A449 de diámetro mayor a 38 mm	$0{,}43F_u - 1{,}8 f_v \le 0{,}33F_u$	$0{,}43F_u - 1{,}4 f_v \le 0{,}33F_u$

10.3.7. Tracción y Corte Combinados en Conexiones de Aplastamiento

La resistencia de diseño de un perno sometido a tracción y corte combinados, para el método LRFD, es $\phi F_t A_b$, donde ϕ vale 0,75 y el esfuerzo nominal de tracción F_t será calculado a partir de las ecuaciones de la Tabla 10.3.5.1 como una función de f_v, el esfuerzo de corte producido por las cargas amplificadas. La resistencia de diseño en corte ϕF_v, de la Tabla 10.3.2.1, debe ser igual o mayor que el esfuerzo de corte f_v.

La resistencia de diseño de un perno sometido a tracción y corte combinados, para el método ASD, será calculada a partir de las ecuaciones de la Tabla 10.3.5.2 como una función de f_v el esfuerzo de corte producido por las cargas externas. La resistencia de diseño en corte F_v, de la Tabla 10.3.2.2, debe ser igual o mayor que el esfuerzo de corte f_v. Cuando los esfuerzos permisibles son incrementados por cargas de sismo o viento de acuerdo con la Sección 1.5.3, las constantes listadas en las ecuaciones de la Tabla 10.3.5.2 deben incrementarse en 1/3, pero los coeficientes aplicados a f_v no deben incrementarse.

10.3.8. Pernos de Alta Resistencia en Conexiones de Deslizamiento Crítico

El diseño por corte de pernos de alta resistencia en conexiones de deslizamiento crítico se hará de acuerdo con las Sección 10,3.8a ó 10.3.8b y se hará la verificación de aplastamiento de acuerdo con las Secciones 10.3.2 y 10.3.10.

10.3.8a. Conexiones de Deslizamiento Crítico por el Método LRFD

Se permite diseñar conexiones de deslizamiento crítico por cargas amplificadas. La resistencia de diseño al deslizamiento que se usa bajo cargas amplificadas, ϕR_{str}, será igual o mayor que la fuerza requerida por las cargas amplificadas; donde

$$R_{str} = 1{,}13 \mu T_m N_b N_s$$

T_m = tracción mínima en el perno, dada en la Tabla 10.3.1
N_b = número de pernos en la junta.
N_s = número de planos de deslizamiento.
μ = valor medio del coeficiente de deslizamiento para superficies de Clase A, B o C, lo que sea aplicable, o el que se establezca por ensayos.

(a) Para superficies de Clase A (superficies de acero sin pintar y libres de escamas de laminación o superficies con recubrimiento de Clase A aplicado sobre acero arenado), μ = 0,33.
(b) Para superficies de Clase B (superficies de acero arenadas sin pintar o superficies con recubrimiento de Clase B aplicado sobre acero arenado), μ = 0,50.
(c) Para superficies de Clase C (superficies rugosas y galvanizadas por inmersión en caliente), μ = 0,40.

f = factor de resistencia.

(a) Para huecos estándar, ϕ = 1,0.
(b) Para huecos agrandados y de ranura corta, ϕ = 0,85.
(c) Para huecos de ranura larga, transversales a la dirección de la carga, ϕ = 0,70.
(d) Para huecos de ranura larga, paralelos a la dirección de la carga, ϕ= 0,60.

10.3.8b. Conexiones de Deslizamiento Crítico por el Método ASD

La resistencia de diseño al corte de un perno en una conexión de deslizamiento crítico bajo condiciones de servicio se hará de acuerdo a lo indicado en la Sección 10.3.6 y la Tabla 10.3.2.2.

10.3.9. Conexiones de Deslizamiento Crítico en Corte Combinado con Tracción

El diseño de una conexión de deslizamiento crítico sometida a fuerzas de tracción combinadas con corte se hará de acuerdo a lo indicado en la Sección 10.3.9a y 10.3.8a o la Sección 10.3.9b y 10.3.8b.

10.3.9a. Conexiones de Deslizamiento Crítico por el Método LRFD

Cuando se emplean cargas amplificadas como la base para el diseño de una conexión de deslizamiento crítico

sometida a una fuerza de tracción T, que reduce la fuerza neta de agarre, la resistencia al deslizamiento ϕR_{stg} calculada de acuerdo a la Sección 10.3.8a se multiplicará por el siguiente factor, en el que T_u es la resistencia a la tracción requerida por las cargas amplificadas:

$$\left[1 - T_u / \left(1{,}13 T_m N_b\right)\right]$$

10.3.9b. Conexiones de Deslizamiento Crítico por el Método ASD

La resistencia de diseño al corte de un perno en una conexión de deslizamiento crítico sometida a fuerzas de tracción T debida a cargas de servicio se calculará de acuerdo a la Sección J3.8b multiplicada por el siguiente factor de reducción,

$$\left(1 - \frac{T}{T_b}\right)$$

donde

T_b = fuerza mínima de tracción en el perno de la Tabla 10.3.1

10.3.10. Resistencia al Aplastamiento en los Huecos de los Pernos

El diseño por aplastamiento en los huecos de los pernos se hará según lo indicado en 10.3.10a., cuando se aplique el método LRFD ó según lo indicado en 10.3.10b cuando se aplique el método ASD. La resistencia al aplastamiento debe ser verificada tanto para las conexiones tipo aplastamiento como para las de deslizamiento crítico. El empleo de huecos agrandados y de ranura corta y larga paralelos a la línea de fuerza esta restringido por la Sección 10.3.2 a las conexiones de deslizamiento crítico.

En las siguientes secciones:

L_e = distancia a lo largo de la línea de fuerza desde el borde de la parte conectada al centro de un hueco estándar o el centro de un hueco de ranura corta y larga perpendicular a la línea de fuerza. Para huecos agrandados y para huecos de ranura corta y larga paralelos a la línea de fuerza, L_e será incrementado en el valor de C_2 de la Tabla 10.3.7.

s = distancia a lo largo de la línea de fuerza entre centros de huecos estándar o entre centros de huecos de ranura corta y larga perpendiculares a la línea de fuerza. Para huecos agrandados y para huecos de ranura corta y larga paralelos a la línea de fuerza, s será incrementado en el valor de C_1 de la Tabla 10.3.6.

d = diámetro del perno.

F_u = resistencia mínima especificada en tracción de la parte crítica.

t = espesor de la parte crítica conectada. Para pernos de cabeza avellanada deducir la mitad del espesor del avellanamiento.

F_p = esfuerzo admisible de aplastamiento.

10.3.10a. Para el Método LRFD

La resistencia de diseño en los huecos de los pernos es ϕR_n, donde:

ϕ = *0,75*

R_n = resistencia nominal en aplastamiento

(a) Cuando $L_e \geq 1{,}5d$ y $s \geq 3d$ y hay dos ó más pernos en la línea de fuerza:

Para huecos estándar; para huecos de ranura corta y larga perpendiculares a la línea de fuerza; para huecos agrandados en conexiones de deslizamiento crítico; y para huecos de ranura corta y larga en conexiones de deslizamiento crítico cuando la línea de fuerza es paralela al eje del hueco:

Cuando la deformación alrededor de los huecos para pernos es una consideración de diseño

$$R_n = 2{,}4dt\ F_u \qquad (10.3\text{-}1a)$$

Cuando la deformación alrededor de los huecos para pernos no es una consideración de diseño, para el perno más cercano al borde

$$R_n = L_e t F_u \leq 3dtF_u \qquad (10.3\text{-}1b)$$

y para los pernos restantes

$$R_n = \left(s - d/2\right)tF_u \leq 3dtF_u \qquad (10.3\text{-}1c)$$

Para huecos de pernos de ranura larga perpendiculares a la línea de fuerza

$$R_n = 2dtF_u \qquad (10.3\text{-}1d)$$

(b) Cuando L_e < 1,5d ó s < 3d ó para un solo perno en la línea de fuerza:

Para huecos estándar; para huecos de ranura corta y larga perpendiculares a la línea de fuerza; para huecos agrandados en conexiones de deslizamiento crítico; y para huecos de ranura corta y larga en conexiones de deslizamiento crítico cuando la línea de fuerza es paralela al eje del hueco:

Para un único hueco de perno o para el hueco de perno más cercano al borde cuando hay dos o más huecos para pernos en la línea de fuerza

$$R_n = L_e t F_u \leq 2{,}4dtF_u \qquad (10.3\text{-}2a)$$

Para los restantes huecos de pernos

$$R_n = \left(s - d/2\right)t\ F_u \leq 2{,}4dt\ F_u \qquad (10.3\text{-}2b)$$

Para huecos de pernos de ranura larga perpendiculares a la línea de fuerza:

Para un único hueco de perno o para el hueco de perno más cercano al borde cuando hay dos o más huecos para pernos en la línea de fuerza

$$R_n = L_e t F_u \leq 2dtF_u \qquad (10.3\text{-}2c)$$

TABLA 10.3.6
Valores del incremento del espaciamiento C_1, mm

Diámetro nominal del perno	Huecos agrandados	Huecos de ranura		
		Perpendicular a la línea de fuerza	Paralelo a la línea de fuerza	
			Ranura corta	Ranura larga [a]
< 22	3	0	5	1,5d – 2
24	5	0	6	37
> 27	6	0	8	1,5d – 2

[a] Cuando la longitud de ranura es menor que la máxima permitida en la Tabla 10.3.3, C_1 puede ser reducido por la diferencia entre la longitud máxima y la longitud actual de la ranura.

TABLA 10.3.7
Valores del incremento de la distancia al borde C_2, mm

Diámetro nominal del perno	Huecos agrandados	Huecos de ranura		
		Eje mayor perpendicular al borde		Eje mayor paralelo al borde
		Ranura corta	Ranura larga [a]	
< 22	2	3	0,75d	0
24	3	3		
> 27	3	5		

[a] Cuando la longitud de ranura es menor que la máxima permitida (véase la Tabla 10.3.3), C_2 puede ser reducido en la mitad de la diferencia entre la longitud máxima y la longitud actual de la ranura.

Para los restantes huecos de pernos

$$R_n = \left(s - d/2\right)tF_u \leq 2dtF_u \qquad (10.3\text{-}2d)$$

10.3.10b. Para el Método ASD

El área efectiva de aplastamiento de los pernos y piezas roscadas será el diámetro multiplicado por la longitud en aplastamiento.

(a) Cuando $L_e \geq 1{,}5d$ y $s \geq 3d$ y hay dos ó más pernos en la línea de fuerza:

Para huecos estándar; para huecos de ranura corta y larga perpendiculares a la línea de fuerza; para huecos agrandados en conexiones de deslizamiento crítico; y para

huecos de ranura corta y larga en conexiones de deslizamiento crítico cuando la línea de fuerza es paralela al eje del hueco:

Cuando la deformación alrededor de los huecos para pernos es una consideración de diseño:

$$F_p = 1{,}2F_u \qquad (10.3\text{-}3a)$$

Cuando la deformación alrededor de los huecos para pernos no es una consideración de diseño, para el perno más cercano al borde:

$$F_p = L_e F_u / 2d \le 1{,}5F_u \qquad (10.3\text{-}3b)$$

y para los pernos restantes

$$F_p = \left(s - d/2\right)F_u / 2d \le 1{,}5F_u \qquad (103\text{-}3c)$$

Para huecos de pernos de ranura larga perpendiculares a la línea de fuerza

$$F_p = F_u \qquad (103\text{-}3d)$$

(b) Cuando L_e < 1,5d ó s < 3d ó para un solo perno en la línea de fuerza:

Para huecos estándar; para huecos de ranura corta y larga perpendiculares a la línea de fuerza; para huecos agrandados en conexiones de deslizamiento crítico; y para huecos de ranura corta y larga en conexiones de deslizamiento crítico cuando la línea de fuerza es paralela al eje del hueco:

Para un único hueco de perno o para el hueco de perno más cercano al borde cuando hay dos o más huecos para pernos en la línea de fuerza

$$F_p = L_e F_u / 2d \le 1{,}2F_u \qquad (10.3\text{-}4a)$$

Para los restantes huecos de pernos

$$F_p = \left(s - d/2\right)F_u / 2d \le 1{,}2F_u \qquad (10.3\text{-}4b)$$

Para huecos de pernos de ranura larga perpendiculares a la línea de fuerza:

Para un único hueco de perno o para el hueco de perno más cercano al borde cuando hay dos o más huecos para pernos en la línea de fuerza

$$F_p = L_e F_u / 2d \le F_u \qquad (10.3\text{-}4c)$$

Para los restantes huecos de pernos

$$F_p = \left(s - d/2\right)F_u / 2d \le F_u \qquad (10.3\text{-}4d)$$

10.3.11. Espesores Grandes de las Partes Conectadas

Los pernos A307 que cumplen con las resistencias de diseño, y para los que el espesor de las partes conectadas excede de cinco diámetros, deben incrementar su número en uno por ciento por cada 2 mm adicionales en dicho espesor.

10.4. DISEÑO POR RESISTENCIA A LA ROTURA

10.4.1. Resistencia a la Rotura en Corte

La resistencia de diseño para el estado límite de rotura a lo largo de una línea de falla en corte en los elementos afectados de los miembros conectados es ϕR_n ;

donde

ϕ = 0,75
$R_n = 0{,}6F_u A_{nv}$ (10.4-1)
A_{nv} = área neta sometida a corte.

10.4.2. Resistencia a la Rotura en Tracción

La resistencia de diseño para el estado límite de rotura a lo largo de un área en tracción en los elementos afectados de los miembros conectados es ϕR_n ;

donde

ϕ = 0,75
$R_n = F_u A_{nt}$ (10.4-2)
A_{nt} = área neta sometida a tracción.

10.4.3. Resistencia a la Rotura por Bloque de Corte

Bloque de corte es un estado límite en el que la resistencia se determina por la suma de la resistencia al corte en una línea de falla y la resistencia a la tracción en un segmento perpendicular. Debe verificarse en las conexiones de extremo de las vigas en que se recorta el ala superior y en situaciones semejantes, tales como en elementos en tracción y planchas de nudo. Cuando se usa la resistencia última a la rotura en la sección neta para determinar la resistencia en un segmento, se empleará la fluencia en la sección total en el segmento perpendicular. La resistencia de diseño para la rotura por bloque de corte, ϕR_n , se calculará como sigue:

(a) Cuando $F_u A_{nt} \ge 0{,}6F_u A_{nv}$:

$$\phi R_n = \phi \left[0{,}6F_y A_{gv} + F_u A_{nt}\right] \qquad (10.4\text{-}3a)$$

(b) Cuando $0{,}6F_u A_{nv} > F_u A_{nt}$:

$$\phi R_n = \phi\left[0{,}6F_u A_{nv} + F_y A_{gt}\right] \qquad (10.4\text{-}3b)$$

donde

ϕ = *0,75*
A_{gv} = área total sometida a corte.
A_{gt} = área total sometida a tracción.
A_{nv} = área neta sometida a corte.
A_{nt} = área neta sometida a tracción.

10.5. ELEMENTOS DE CONEXIÓN

Esta sección corresponde al diseño de elementos de conexión, tales como planchas de nudo, ángulos, cartelas y el alma en el nudo de una conexión viga-columna.

10.5.1. Conexiones Excéntricas

Las intersecciones de miembros cargados axialmente deben tener, de ser posible, sus ejes intersectándose en un punto. Si esto no es posible, deben tenerse en cuenta los esfuerzos cortantes y de flexión debidos a la excentricidad. Véase la Sección 10.1.8.

10.5.2. Resistencia de Diseño de Elementos de Conexión en Tracción

La resistencia de diseño, ϕR_n , de elementos de conexión soldados o empernados cargados estáticamente en tracción (por ejemplo planchas de nudo o de empalme) será el menor valor obtenido de acuerdo a los estados límites de fluencia, de rotura del elemento de conexión y de rotura por bloque de corte.

(a) Para fluencia en tracción del elemento de conexión:

ϕ = 0,90
$R_n = A_g F_y$ (10.5-1)

(b) Para rotura en tracción del elemento de conexión:

ϕ = 0,75
$R_n = A_n F_u$ (10.5-2)

donde A_n es el área neta, que no debe ser mayor de $0{,}85A_g$.

(c) Para rotura por bloque de corte del elemento de conexión, ver la Sección 10.4.3.

10.5.3. Otros Elementos de Conexión

Para cualquier otro elemento de conexión, la resistencia de diseño, ϕR_n, será establecida para el estado límite que sea aplicable de manera de asegurar que la resistencia de diseño es igual o mayor que la resistencia requerida, donde R_n es la resistencia nominal correspondiente a la geometría y tipo de carga del elemento de conexión. Para fluencia en corte del elemento de conexión:

ϕ = 0,90
$R_n = 0{,}60A_g F_y$ (10.5-3)

Si el elemento de conexión esta cargado en compresión, se hará un análisis por un estado límite apropiado.

10.6. PLANCHAS DE RELLENO

En construcciones soldadas, cualquier plancha de relleno de 6 mm ó más de espesor se extenderá más allá de

los bordes de la plancha de empalme y será soldada al elemento para el que se emplea con suficiente soldadura para transmitir la carga de la plancha de empalme, aplicada a la superficie de la plancha de relleno. Las soldaduras que unen la plancha de empalme a la de relleno serán suficientes para transmitir la carga de la plancha de empalme y serán suficientemente largas para evitar sobre esforzar la plancha de relleno a lo largo de la base de la soldadura. Cualquier plancha de relleno de un espesor menor a 6 mm tendrá sus bordes a ras con los de la plancha de empalme y el tamaño de la soldadura será la suma del tamaño necesario para soportar el empalme más el espesor de la plancha de relleno.

Cuando pasan pernos que soportan carga a través de planchas de relleno de espesor mayor a 6 mm, excepto en conexiones diseñadas como de deslizamiento crítico, las planchas de relleno se extenderán más allá del material de empalme y las extensiones de las planchas de relleno se asegurarán con suficientes pernos para distribuir el esfuerzo total en el elemento de manera uniforme en la sección combinada del elemento y la plancha de relleno, o se incluirá en la conexión un número equivalente de conectores. Las planchas de relleno con espesores entre 6 mm y 19 mm inclusive, no necesitan ser extendidas ni desarrollar su esfuerzo siempre que la resistencia en corte de los pernos se reduzca por el factor 0,0154(t – 6), donde t es el espesor total de las planchas de relleno, hasta 19 mm.

10.7. EMPALMES

Los empalmes soldados acanalados en vigas laminadas y de plancha desarrollarán toda la resistencia de la sección más pequeña que se empalma. Otros tipos de empalmes en las secciones transversales de vigas laminadas y de plancha desarrollarán la resistencia requerida en el punto de empalme.

10.8. RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO

Para el método LRFD la resistencia de superficies en aplastamiento es ϕR_n, donde

ϕ = 0,75

R_n se define a continuación para varios tipos de aplastamiento.

(a) Para superficies cepilladas, pines en huecos fresados, perforados o taladrados y en los extremos de rigidizadores de apoyo.

Para el método LRFD:

$$R_n = 1{,}8 F_y A_{pb} \qquad (10.8\text{-}1)$$

donde

A_{pb} = área proyectada de aplastamiento

Para el método ASD:

$$F_p = 0{,}90 F_y$$

(b) Para apoyos deslizantes de rodillos y apoyos rotulados.

Para el método LRFD:

Si d ≤ 635 mm,

$$R_n = 1{,}2\left(F_y - 90\right) ld / 20 \qquad (10.8\text{-}2)$$

Si d > 635 mm,

$$R_n = 30\left(F_y - 90\right) l\sqrt{d} / 20 \qquad (10.8\text{-}3)$$

Para el método ASD:

$$R_p = 0{,}66\left(F_y - 90\right) ld / 20$$

donde:

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado, MPa.
d = diámetro, mm .
l = longitud de aplastamiento, mm .

10.9. BASES DE COLUMNAS Y APLASTAMIENTO EN EL CONCRETO

Deben tomarse las precauciones necesarias para transferir las cargas y momentos de las columnas a las cimentaciones.

Para el método LRFD, la carga de diseño en aplastamiento en el concreto es $\phi_c P_p$.

En concordancia con la Norma E.060 Concreto Armado, se recomienda que el diseño por aplastamiento se haga de la siguiente manera:

(a) En toda el área de un apoyo de concreto,

para el método LRFD:

$$P_p = 0{,}85 f_c' A_1$$

para el método ASD:

$$F_p = 0{,}35 f_c'$$

(b) En un área que es menor que el área total del apoyo de concreto,

para el método LRFD:

$$P_p = 0{,}85 f_c' A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \le 2\ (0{,}85 f_c' A_1)$$

para el método ASD:

$$F_p = 0{,}35 f_c' \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \le 0{,}70 f_c'$$

donde

ϕ_c = 0,60
A_1 = área de acero concéntricamente cargada sobre un apoyo de concreto.
A_2 = área máxima de la superficie del apoyo de concreto que es geométricamente similar y concéntrica con A_1.

10.10. PERNOS DE ANCLAJE E INSERTOS

Los pernos de anclaje e insertos serán diseñados de acuerdo con los criterios del American Concrete Institute. El factor ϕ debe corregirse en función de la relación de los factores de carga de esta Norma y los del ACI.

CAPÍTULO 11
FUERZAS CONCENTRADAS, EMPOZAMIENTO Y FATIGA

Este Capítulo cubre las consideraciones de resistencia de diseño de los elementos, pertinentes a las fuerzas concentradas, empozamiento y fatiga.

11.1. ALAS Y ALMAS CON FUERZAS CONCENTRADAS

11.1.1. Bases de Diseño

Las Secciones 11.1.2 a la 11.1.7 se aplican para fuerzas concentradas simples y dobles, como se indica en cada Sección. Una fuerza concentrada simple es de tracción o compresión, como en el caso de las producidas por un tensor. Las fuerzas concentradas dobles, una de tracción y una de compresión, forman un par en el mismo lado del elemento cargado, como las producidas por la plancha de apoyo de una columna sobre el ala de una viga.

Se requiere rigidizadores transversales para las alas de vigas en la ubicación de las fuerzas concentradas en tracción de acuerdo con la Sección 11.1.2 para el estado límite de flexión local y en los extremos no restringidos en vigas de acuerdo con la Sección 11.1.8. Se requiere rigidizadores transversales o planchas de refuerzo del alma en la ubicación de fuerzas concentradas de acuerdo con las Secciones 11.1.3 a la 11.1.6 para los estados límites de fluencia, aplastamiento, pandeo lateral y pandeo por compresión. Se requiere planchas de refuerzo del alma o rigidizadores diagonales de acuerdo a la Sección 11.1.7, para el estado límite en corte del alma, en la zona del panel. La zona del panel es la zona, en una conexión viga columna, que transmite momento por corte en el plano del alma.

Los rigidizadores transversales y rigidizadores diagonales requeridos por las Secciones 11.1.2 a 11.1.8 deben cumplir también los requisitos de la Sección 11.1.9. Las planchas de refuerzo del alma requeridas por las Secciones 11.1.3 a 11.1.6 deben cumplir también los requisitos de la Sección 11.1.10.

11.1.2. Flexión Local del Ala

Esta Sección se aplica tanto a las fuerzas concentradas simples como a la componente en tracción de fuerzas concentradas dobles.

Debe proveerse un par de rigidizadores transversales, extendiéndose al menos a la mitad del peralte del alma, adyacentes a la fuerza concentrada de tracción aplicada en el centro de la sección del ala cuando la resistencia requerida en el ala excede de ϕR_n, donde

ϕ = *0,90*

$$R_n = 6{,}25 t_f^2 F_{yf} \qquad (11.1\text{-}1)$$

donde

F_{yf} = esfuerzo mínimo de fluencia especificado para el ala.

t_f = espesor del ala cargada.

Si la longitud de la carga medida a lo ancho del ala del elemento es menor a 0,15b, donde b es el ancho del ala del elemento, la Ecuación 11.1-1 no necesita verificarse.

Cuando la fuerza concentrada a resistir se aplica a una distancia del extremo del elemento menor a $10t_f$, R_n debe reducirse en 50%.

Cuando se requiere rigidizadores transversales, ellos deberán soldarse al ala cargada para desarrollar la porción soldada del rigidizador. La soldadura que conecta los rigidizadores transversales al alma debe ser dimensionada para transmitir la fuerza no equilibrada en el rigidizador al alma. (Véase, además, la Sección 11.1.9).

11.1.3. Fluencia Local del Alma

Esta Sección se aplica a las fuerzas concentradas simples y a ambos componentes de las fuerzas concentradas dobles.

Debe proveerse un par de rigidizadores transversales o una plancha de refuerzo del alma, que se extiendan al menos a la mitad del peralte del alma; debe proveerse adyacentes a la fuerza concentrada de tracción o compresión cuando la resistencia requerida en el alma, en la base del filete, excede ϕR_n, donde

ϕ = *1,0*
y R_n se determina como sigue:

(a) Cuando la fuerza concentrada a resistir se aplica a una distancia desde el extremo del elemento que es mayor que el peralte d, del elemento,

$$R_n = (5k + N) F_{yw} t_w \qquad (11.1\text{-}2)$$

(b) Cuando la fuerza concentrada a resistir se aplica a una distancia desde él extremo del elemento es menor o igual al peralte **d**, del elemento,

$$R_n = (2{,}5k + N) F_{yw} t_w \qquad (11.1\text{-}3)$$

En las Ecuaciones 11.1-2 y 11.1-3, se aplican las siguientes definiciones:

F_{yw} = esfuerzo mínimo de fluencia especificado para el alma.

N = longitud de apoyo (no menor que k para las reacciones de extremo de viga).

k = distancia desde la cara exterior del ala a la base del filete del alma.

t_w = espesor del alma.

Cuando se requiere para una fuerza de tracción normal al ala, los rigidizadores transversales deben soldarse al ala cargada para desarrollar la porción conectada del rigidizador. Cuando se requiere para una fuerza de compresión normal al ala, los rigidizadores transversales deben tener un contacto perfecto o soldarse al ala cargada para desarrollar la fuerza transmitida al rigidizador. La soldadura que conecta los rigidizadores transversales al alma debe ser dimensionada para transmitir la fuerza no equilibrada en el rigidizador al alma. (Véase, además, la Sección 11.1.9).

Alternativamente, cuando se requieren planchas de refuerzo del alma, véase la Sección 11.1.10.

11.1.4. Aplastamiento del Alma

Esta Sección se aplica a ambas, fuerzas de compresión simple y al componente en compresión de las fuerzas concentradas dobles.

Se proveerá un rigidizador transversal, un par de rigidizadores transversales o una plancha de refuerzo del alma, que se extiendan al menos a la mitad del peralte del alma, adyacente a la fuerza de compresión concentrada cuando la resistencia requerida en el alma excede ϕR_n, donde,

ϕ = *0,75*
y R_n se determina como sigue:

(a) Cuando la fuerza concentrada de compresión a ser resistida es aplicada a una distancia del extremo del elemento mayor o igual a d/2,

$$R_n = 355 t_w^2 \left[1 + 3\left(\frac{N}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1,5}\right]\sqrt{F_{yw}\left(t_f/t_w\right)} \qquad (11.1\text{-}4)$$

(b) Cuando la fuerza concentrada de compresión a ser resistida es aplicada a una distancia del extremo del elemento menor que d/2,

para N / d < 0,2:

$$R_n = 178 t_w^2 \left[1 + 3\left(\frac{N}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1,5}\right]\sqrt{F_{yw}\left(t_f/t_w\right)} \qquad (11.1\text{-}5a)$$

para N / d > 0,2:

$$R_n = 178 t_w^2 \left[1 \left(\frac{4N}{d} - 0{,}2\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1,5}\right]\sqrt{F_{yw}\left(t_f/t_w\right)} \qquad (11.1\text{-}5b)$$

En las Ecuaciones 11.1-4 y 11.1-5, se aplican las siguientes definiciones:

d = peralte total del elemento.

t_f = espesor del ala.

Cuando se requieran rigidizadores transversales, ellos deben tener un contacto perfecto o soldarse al ala cargada para desarrollar la fuerza transmitida al rigidizador. La soldadura que conecta los rigidizadores transversales al alma debe ser dimensionada para transmitir la fuerza no equilibrada en el rigidizador al alma. (Véase, además, la Sección 11.1.9).

Alternativamente, cuando se requiere planchas de refuerzo del alma, véase la Sección 11.1.10.

11.1.5. Pandeo Lateral del Alma

Esta Sección se aplica únicamente a las fuerzas concentradas simples en compresión aplicadas en elementos con movimiento lateral relativo no restringido, entre el ala cargada en compresión y el ala en tracción, en el punto de aplicación de la fuerza concentrada.

La resistencia de diseño en el alma es ϕR_n, donde

ϕ = *0,85*
y R_n se determina como sigue:

(a) Si el ala en compresión está restringida contra rotación:

para $\left(h/t_w\right)/\left(l/b_f\right) \le 2{,}3$:

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2}\left[1 + 0{,}4\left(\frac{h/t_w}{l/b_f}\right)^3\right] \qquad (11.1\text{-}6)$$

para $\left(h/t_w\right)/\left(l/b_f\right) > 2{,}3$, el estado límite de pandeo lateral del alma no es aplicable.

Cuando la resistencia requerida en el alma excede de ϕR_n, debe proveerse arriostramiento lateral local en el ala en tracción o un par de rigidizadores transversales o

una plancha de refuerzo del alma adyacente a la fuerza concentrada de compresión, que se extiendan al menos a la mitad del peralte del alma.

Cuando se requieren rigidizadores transversales, ellos deben tener un contacto perfecto o soldarse al ala cargada para desarrollar el total de la fuerza aplicada. La soldadura que conecta los rigidizadores transversales al alma debe ser dimensionada para transmitir la fuerza en el rigidizador al alma. (Véase, además, la Sección 11.1.9).

Alternativamente, cuando se requiere planchas de refuerzo del alma, ellas deben dimensionarse para desarrollar el total de la fuerza aplicada. (Véase, además, la Sección 11.1.10).

(b) Si el ala en compresión no está restringida contra rotación:

para $(h/t_w)/(l/b_f) \le 1{,}7$:

$$R_n = \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2}\left[0{,}4\left(\frac{h/t_w}{l/b_f}\right)^3\right] \qquad (11.1\text{-}7)$$

para $(h/t_w)/(l/b_f) > 1{,}7$, el estado límite de pandeo lateral del alma no es aplicable.

Cuando la resistencia requerida en el alma excede ϕR_n, debe proveerse arriostramiento lateral local en ambas alas en el punto de aplicación de las fuerzas concentradas.

En las Ecuaciones 11.1-6 y 11.1-7, se aplican las siguientes definiciones:

l = la mayor longitud sin arriostrar lateralmente a lo largo de cualquiera de las alas en el punto de aplicación de carga.
b_f = ancho del ala.
t_w = espesor del alma.
h = distancia libre entre alas menos el filete o radio de la esquina para perfiles laminados; distancia entre líneas adyacentes de pernos o la distancia libre entre alas cuando se usa soldadura en secciones armadas.
C_r = 6,62 x 10^6 cuando $M_u < M_y$ en la ubicación de la fuerza, MPa.
= 3,31 x 10^6 cuando $M_u \ge M_y$ en la ubicación de la fuerza, MPa.

11.1.6. Pandeo por Compresión del Alma.

Esta Sección se aplica a un par de fuerzas concentradas simples o a los componentes en compresión de un par de fuerzas concentradas dobles, aplicados a ambas alas del elemento en la misma ubicación.

Se proveerá un rigidizador transversal simple, o un par de rigidizadores transversales o una plancha de refuerzo del alma, extendiéndose en el total del peralte del alma, adyacente a las fuerzas concentradas en compresión en ambas alas cuando la resistencia requerida del alma excede ϕR_n, donde

ϕ = *0,90*
y

$$R_n = \frac{10765 t_w^3 \sqrt{F_{yw}}}{h} \qquad (11.1\text{-}8)$$

Cuando el par de fuerzas concentradas en compresión a ser resistidas se aplican a una distancia del extremo del elemento menor que d/2, R_n debe reducirse en 50%.

Cuando se requieren rigidizadores transversales, ellos deben tener un contacto perfecto o soldarse en el ala cargada para desarrollar la fuerza transmitida al rigidizador. La soldadura que conecta los rigidizadores transversales al alma debe ser dimensionada para transmitir la fuerza no equilibrada en el rigidizador al alma. (Véase además la Sección 11.1.9).

Alternativamente, cuando se requiere planchas de refuerzo del alma, véase la Sección 11.1.10.

11.1.7. Corte en el Alma en la Zona del Panel

Debe proporcionarse planchas de refuerzo del alma o rigidizadores diagonales dentro de los límites de la conexión rígida de elementos cuyas almas tienen un plano común cuando la resistencia requerida excede ϕR_v, donde

ϕ = *0,90*

y R_v se determina como sigue:

(a) Cuando no se considera en el análisis de la estabilidad del pórtico el efecto de la deformación en la zona del panel.

Para $P_u \le 0{,}4P_y$

$$R_v = 0{,}60 F_y d_c t_w \qquad (11.1\text{-}9)$$

Para $P_u > 0{,}4P_y$

$$R_v = 0{,}60 F_y d_c t_w \left(1{,}4 - \frac{P_u}{P_y}\right) \qquad (11.1\text{-}10)$$

(b) Cuando la estabilidad del pórtico, incluyendo la deformación plástica de la zona del panel, se considerada en el análisis:

Para $P_u \le 0{,}75P_y$

$$R_v = 0{,}60 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w}\right) \qquad (11.1\text{-}11)$$

Para $P_u > 0{,}75P_y$

$$R_v = 0{,}60 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w}\right)\left(1{,}9 - \frac{1{,}2 P_u}{P_y}\right) \qquad (11.1\text{-}12)$$

En las Ecuaciones 11.1-9 a la 11.1-12 se aplican las siguientes definiciones:

t_w = espesor del alma de la columna.
b_{cf} = ancho del ala de la columna.
t_{cf} = espesor del ala de la columna.
d_b = peralte de la viga.
d_c = peralte de la columna.
F_y = esfuerzo de fluencia del alma de la columna.
P_y = $F_y A$, resistencia axial de fluencia de la columna.
A = área de la sección transversal de la columna.

Cuando se requiere planchas de refuerzo del alma, ellas deben cumplir los criterios de la Sección 6.2 y deben soldarse para desarrollar la proporción de la fuerza cortante total a ser transmitida.

Alternativamente, cuando se requieren rigidizadores diagonales, la soldadura que conecta los rigidizadores diagonales con el alma debe dimensionarse para transmitir la fuerza del rigidizador causada en el alma por los momentos desbalanceados. (Véase, además, la Sección 11.1.9).

11.1.8. Vigas con Extremos no Restringidos

En los extremos de vigas sin restricción contra rotación alrededor de sus ejes longitudinales debe proveerse un par de rigidizadores transversales que se extiendan en todo el peralte del alma. (Véase, además, la Sección 11.1.9).

11.1.9. Requisitos Adicionales en Rigidizadores para Fuerzas Concentradas.

Los rigidizadores transversales y diagonales también deben cumplir lo siguiente:

(1) El ancho de cada rigidizador mas la mitad del espesor del alma de la columna no debe ser menor que un tercio del ancho del ala o plancha de conexión de momento que transmite la fuerza concentrada.

(2) El espesor de un rigidizador no debe ser menor que la mitad del espesor del ala o plancha de conexión de momento que transmite la carga concentrada y no menor que $\sqrt{F_y}/250$ veces su ancho, donde, F_y está en MPa.

Los rigidizadores transversales de peralte total para fuerzas de compresión aplicadas al ala de una viga o viga armada debe diseñarse como un elemento axialmente comprimido (columna) de acuerdo con los requisitos de la Sección 5.2, con una longitud efectiva de $0{,}75h$, una sección transversal compuesta de dos rigidizadores y una franja de alma con un ancho de $25t_w$ en rigidizadores interiores y $12t_w$ en rigidizadores en los extremos de los elementos.

La soldadura que conecta los rigidizadores de apoyo al alma debe dimensionarse para transmitir el exceso de fuerza cortante en el alma hacia el rigidizador. Para estos rigidizadores, véasela Sección 10.8(a).

11.1.10. Requisitos Adicionales en Planchas de Refuerzo del Alma para Fuerzas Concentradas.

Las planchas de refuerzo del alma requeridas por la Secciones 11.1.3 a la 11.1.6 deben también cumplir con los siguientes criterios:

(1) El espesor y la extensión de las planchas de refuerzo del alma deben proveer el material adicional necesario para igualar o exceder los requisitos de resistencia.

(2) Las planchas de refuerzo del alma deben soldarse para desarrollar la proporción del total de la fuerza transmitida a la plancha de refuerzo del alma.

11.2. EMPOZAMIENTO DE AGUAS

La estructura del techo debe verificarse por medio de un análisis estructural para asegurar una resistencia adecuada y estabilidad bajo condiciones de empozamiento de agua, a menos que tenga suficiente inclinación hacia puntos de drenaje libre o drenajes individuales adecuados para prevenir la acumulación de agua de lluvia.

La estructura del techo deberá considerarse estable y no requerirá mayor investigación sí:

$$C_p + 0{,}9C_s \le 0{,}25 \qquad (11.2\text{-}1)$$

$$I_d \ge 3950S^4 \qquad (11.2\text{-}2)$$

donde

$$C_p = 505\frac{L_s L_p^4}{I_p}$$

$$C_s = 505\frac{S\,L_s^4}{I_s}$$

L_p = espaciamiento entre columnas en dirección de la viga principal (longitud de miembros principales), m .

L_s = espaciamiento de columnas perpendicular a la dirección de la viga principal (longitud de los miembros secundarios), m .

S = espaciamiento de los elementos secundarios, m .

I_p = momento de inercia de los elementos principales, mm^4 .

I_s = momento de inercia de los elementos secundarios, mm^4.

I_d = momento de inercia por unidad de ancho de la cobertura de acero apoyada en elementos secundarios, mm^4 por m.

Para armaduras y viguetas de celosía, el momento de inercia I_s debe reducirse en 15 por ciento cuando es usado en la ecuación anterior. La cobertura debe considerarse como elemento secundario cuando es directamente soportada por elementos principales.

11.3. FATIGA

Muy pocos elementos o conexiones en las edificaciones convencionales necesitan diseñarse para fatiga, ya que la mayoría de los cambios en la carga de tales estructuras ocurren sólo un pequeño número de veces o producen sólo fluctuaciones pequeñas de esfuerzos. La ocurrencia de solicitaciones de carga máxima de diseño para viento o sismo es muy poco frecuente para obligar la consideración de fatiga en el diseño. Sin embargo, las vigas de puentes grúa y las estructuras de apoyo para maquinarias y equipos a menudo están sujetas a condiciones de fatiga.

Los elementos y sus conexiones sujetas a la carga de fatiga deberán diseñarse para cargas de servicio. de acuerdo con las provisiones del Apéndice 11.3 de la LRFD SPECIFICATION FOR STRUCTURAL STEEL BUILDINGS del AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION.

CAPÍTULO 12
CONDICIONES DE DISEÑO EN SERVICIO

Este Capítulo tiene como propósito proveer guías de diseño para consideraciones en servicio.

Servicio es un estado en el que la función de la edificación, su apariencia, mantenimiento, durabilidad y comodidad de sus ocupantes se conservan bajo condiciones de uso normal. Los requisitos generales de diseño en servicio se dan en la Sección 1.5.4. Los valores límites de comportamiento estructural para asegurar las condiciones de servicio (deflexiones máximas, aceleraciones, etc.) deben escogerse en función del uso de la estructura. Cuando sea necesario, las condiciones de servicio deberán verificarse usando cargas reales para el estado límite de servicio apropiado.

12.1 CONTRAFLECHA

Deben considerarse contraflechas cuando las deflexiones al nivel adecuado de carga presentan un problema de condiciones de servicio. Esta exigencia debe colocarse en los planos.

Las vigas y armaduras detalladas sin especificaciones de contraflecha deberán fabricarse para que después del montaje, cualquier flecha debido a la laminación o a la fabricación quede en sentido ascendente. Si la contraflecha implica el montaje de cualquier elemento con una precarga, esto deberá indicarse en los planos.

12.2 EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN

Deberán considerarse detalles que permitan una adecuada expansión y contracción para las condiciones de servicio de la estructura.

12.3. DEFLEXIONES, VIBRACIÓN Y DESPLAZAMIENTOS LATERALES

12.3.1. Deflexiones

Las deflexiones en elementos y sistemas estructurales debido a cargas de servicio no deben afectar las condiciones de servicio de la estructura.

12.3.2. Vibración de Piso

La vibración debe considerarse en el diseño de vigas que soportan grandes áreas sin tabiques u otra fuente de amortiguamiento donde la vibración excesiva debido al tráfico peatonal o de otras fuentes dentro de la edificación no sean aceptables.

12.3.3. Desplazamientos Laterales

Los desplazamientos laterales de las estructuras en concordancia con las cargas de sismo o viento especificadas en las Normas Técnicas de Edificaciones correspondientes deben evitar el contacto con estructuras adyacentes y no deben exceder los valores límites de dichos desplazamientos especificados en las normas.

12.4. CONEXIONES DE DESLIZAMIENTO CRÍTICO

Para el diseño de conexiones de deslizamiento crítico, véase las Secciones 10.3.8 y 10.3.9.

12.5 CORROSIÓN

Cuando sea apropiado, los componentes estructurales deberán diseñarse para tolerar la corrosión, o deberán estar protegidos contra la corrosión que pueda afectar la resistencia o las condiciones de servicio de la estructura.

CAPÍTULO 13
FABRICACIÓN, MONTAJE Y CONTROL DE CALIDAD

Este Capítulo proporciona requisitos para los planos de taller, fabricación, pintado en el taller, montaje y control de calidad.

13.1. PLANOS DE TALLER

Se prepararán, con la debida anticipación a la fabricación, los planos de taller con la información completa necesaria para la fabricación de las partes componentes de la estructura, incluyendo la ubicación, tipo y tamaño de todas las soldaduras y pernos. Estos planos deberán de distinguir claramente entre soldaduras y pernos de taller y de obra y deberán identificar claramente las conexiones empernadas de alta resistencia de deslizamiento crítico.

Los planos de taller deberán ser hechos de conformidad con las buenas prácticas de ingeniería y con la debida consideración a la velocidad y economía en la fabricación y montaje.

13.2. FABRICACIÓN

13.2.1. Contraflecha, Curvado y Enderezado

Se permite la aplicación localizada de calor o medios mecánicos para introducir ó corregir las contraflechas, curvaturas o enderezados. La temperatura de las áreas calentadas, medida por métodos apropiados, no deberá exceder 600 °C para los aceros A514 y A852 ni 650 °C para otros aceros.

13.2.2. Corte Térmico

El corte por arco eléctrico, el proceso de ranurado y el proceso de corte con oxígeno son reconocidos bajo esta Norma para usarse en la preparación, cortado ó desbaste de materiales.

La calidad de una superficie cortada con oxígeno depende de varias variables:

- Condición del material y de la superficie.
- Habilidad del operador.
- Condición y diseño de las cañas, boquillas y máquinas de corte.
- Pureza del oxígeno.
- Vibración del equipo.
- Movimiento de la pieza de trabajo debido a la expansión y contracción térmica.

Los niveles de aceptación de una superficie con corte térmico deberán ser establecidos por el usuario, teniendo en cuenta los requerimientos de superficie de la parte. Es recomendable que se incorporen los criterios pertinentes a estos niveles de aceptación en los planos de taller.

Exactitud del Perfil. El acero y el material de soldadura pueden ser cortados térmicamente, si se asegura una superficie lisa, regular, libre de grietas y entalladuras, y si se asegura un perfil perfecto por el uso de guías mecánicas.

Para estructuras cargadas cíclicamente, el corte térmico manual será hecho sólo donde sea aprobado por el ingeniero supervisor.

Requerimientos de Rugosidad. En el cortado térmico, el equipo deberá de ser ajustado y manipulado de manera de evitar cortar mas allá de las líneas especificadas.

La rugosidad de todas las superficies cortadas térmicamente no debe ser mayor que 25 mm para materiales hasta 100 mm de espesor y 50 mm para materiales de 100 mm a 200 mm de espesor, con la siguiente excepción: los extremos de los elementos no sujetos a esfuerzo calculado en los extremos no deben exceder valores de rugosidad superficial de 50 mm.

La Fig. 13.2.2.1 indica los criterios para la descripción de las superficies cortadas con oxigeno y puede ser usado como una guía para evaluar la rugosidad superficial de los bordes.

Limitaciones en las Ranuras y Entalladuras. Las rugosidades que exceden los valores del párrafo anterior y ranuras o entalladuras no mayores que 5 mm de profundidad sobre superficies que en lo demás son ampliamente satisfactorias serán removidas por maquinado ó esmerilado. Las ranuras o entalladuras que excedan 5mm de profundidad pueden ser reparadas por esmerilado si el área de la sección recta nominal no es reducida por más de 2%. Las superficies esmeriladas ó maquinadas serán aproximadas a la superficie original con una pendiente no mayor que uno en diez. Las superficies cortadas y los bordes adyacentes deberán de ser dejados libres de escoria. En superficies cortadas térmicamente, las estrías o entalladuras ocasionales pueden, con aprobación del supervisor, ser reparadas por soldadura.

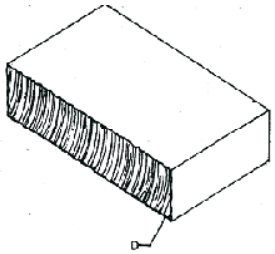
Bordes Reentrantes. Los bordes reentrantes, excepto los de vigas destajadas, y los agujeros de acceso de soldadura deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Los bordes reentrantes de material cortado serán preparados de manera de proveer una transición gradual, con un radio no menor de 25 mm.
- Las superficies adyacentes deberán alcanzar sin rebajos el punto de tangencia.
- Los bordes reentrantes pueden ser formados por corte térmico, seguido por esmerilado, si es necesario, para cumplir los requerimientos de superficie cortados térmicamente indicados anteriormente.

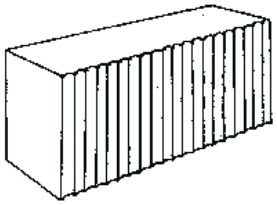
Si se especifica otro contorno, este debe ser mostrado en los planos.

Los destajes de vigas y los agujeros de acceso de soldadura deberán de cumplir los requerimientos geométricos de la Sección 10.1.6. Para los destajes de vigas y agujeros de acceso de soldadura en los perfiles ASTM A6 Grupo 4 y 5 y para los perfiles soldados con material de espesores mayores que 50 mm, se deberá aplicar una temperatura de precalentamiento no menor de 70 C° antes del corte térmico.

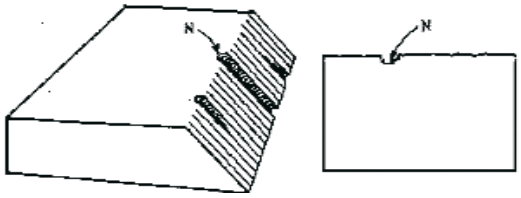
Fig. 13.2.2.1



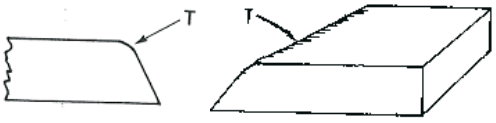
LÍNEAS DE CORTE (D): Líneas que aparecen en la superficie de corte con oxígeno. Su contorno y dirección no afectan la calidad de la superficie.



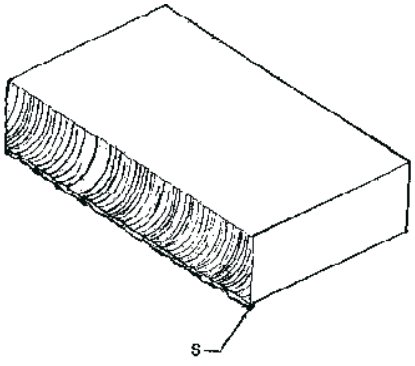
RUGOSIDAD (R): La rugosidad consiste de picos y valles periódicos en la superficie cortada con oxígeno. Esta puede ser determinadas por muestras de calidad aceptable



ENTALLES (N): Canales en una superficie cortada con oxígeno significativamente mas profunda que la rugosidad superficial en general.



REDONDEO DEL BORDE (T): Fusión del borde superior de una superficie cortada con oxigeno.



ESCORIA (S): Depósitos originados en el proceso de corte con oxígeno que se adhieren al metal base o superficie cortada.

13.2.3. Alisado de Bordes

El alisado ó acabado de bordes cizallados ó cortados térmicamente de planchas ó perfiles no es requerido a menos que sea específicamente establecido en los documentos de diseño ó incluidos en una especificación de preparación de borde para soldado.

13.2.4. Construcción Soldada

La técnica de soldadura, la mano de obra, la apariencia y la calidad de la soldadura y los métodos usados en la corrección de trabajos no conformes deberán estar de acuerdo a lo indicado a continuación:

a) Especificación del Metal Base. Los planos y especificaciones deberán de designar la especificación y clasificación del metal base que se debe emplear. Cuando se involucre la soldadura en la estructura se usarán los materiales base indicados en la Sección 10.2.6.

b) Requerimiento de Electrodos y Consumibles de Soldadura

• **Certificaciones para Electrodos ó Combinaciones de Electrodos-Fundentes**. Cuando sea requerido por el ingeniero supervisor, el contratista o el fabricante deberá de suministrar una certificación de que el electrodo ó la combinación electrodo–fundente cumple los requerimientos de la clasificación.

• **Adecuabilidad de la Clasificación**. La clasificación y tamaño de electrodo, la longitud del arco, el voltaje y el amperaje serán los adecuados para el espesor del material, tipo de canal, posición de soldadura y otras circunstancias relacionadas con el trabajo. La corriente de soldadura deberá de estar dentro del rango recomendado por el fabricante de electrodos.

• **Gas Protector.** El gas ó mezcla de gases para protección deberá de ser de un tipo adecuado para la soldadura y deberá tener un punto de rocío igual ó menor que – 40 °C. Cuando sea solicitado por el ingeniero supervisor, el contratista ó fabricante deberá de suministrar la certificación del fabricante de gas, de que el gas ó la mezcla de gases cumplirá los requisitos del punto de rocío.

• **Almacenamiento .** Los electrodos de soldadura que hayan sido removidos de su envase original deberán de ser protegidos y almacenados de manera que no se afecten las propiedades de soldadura.

• **Condición.** Los electrodos deberán estar secos y en condiciones adecuadas para su uso.

• **Condiciones de Almacenamiento de Electrodos de Bajo Hidrógeno.** Todos los electrodos que tengan el recubrimiento de bajo hidrógeno deberán de ser adquiridos en envases sellados herméticamente ó serán resecados en horno antes de su uso. Los electrodos, inmediatamente después de abrir el envase sellado herméticamente, deberán de ser almacenados en hornos mantenidos a una temperatura de 120 °C como mínimo. Los electrodos podrán ser resecados solo una vez. Los electrodos que han sido mojados no deberán de ser usados

• **Periodos Aprobados de Tiempo de Exposición de los Electrodos al Medio Ambiente.** Después de que se abran los envases herméticamente sellados o después de que los electrodos sean removidos del horno de secado o de almacenamiento, su exposición al medio ambiente no deberá exceder los valores indicados en la columna A de la Tabla 13.2.4.1. Los electrodos expuestos a la atmósfera por periodos menores que aquellos permitidos por la columna A de la Tabla 13.2.4.1, pueden ser retornados al horno de almacenamiento y mantenidos a 120 °C como mínimo; después de un periodo de mantenimiento mínimo de 4 horas a 120 °C como mínimo, los electrodos pueden ser despachados para su uso.

Tabla 13.2.4.1

Exposición Permisible al Medio Ambiente de Electrodos de Bajo Hidrógeno.

Electrodo	Columna a (horas máximas)
A5.1	
E70XX	4
E70XXR	9
E70XXHZR	9
E7018 M	9
A 5.5	
E70XX-X	4
E80XX-X	2
E90XX-X	1
E100XX-X	½
E110XX-X	½

• **Resecado de Electrodos**. Los electrodos expuestos a la atmósfera por periodos mayores que los permitidos en la Tabla 13.2.4.1 deberán de ser resecados de la siguiente forma:

(1) Todos los electrodos que tengan revestimiento de bajo hidrógeno de acuerdo al ANSI/AWS A5.1, véase Tabla 13.2.4.1, deberán de ser secados durante 2 horas como mínimo entre 260°C y 430 °C.

(2) Todos los electrodos que tengan revestimiento de bajo hidrógeno de acuerdo al ANSI/AWS A5.5, véase Tabla 13.2.4.1, deberán de ser secados durante una hora como mínimo a temperaturas entre 370°C y 430 °C.

Todos los electrodos deben colocarse en un horno adecuado a una temperatura que no exceda la mitad de la temperatura final de resecado, por un período mínimo de media hora antes de incrementar la temperatura del horno a la temperatura final de resecado. El tiempo del resecado comenzará cuando el horno alcance su temperatura final de resecado.

• **Electrodos para Arco Sumergido y Fundentes.** La soldadura por arco sumergido (SAW) puede ser realizada con uno o más electrodos simples, con uno o más electrodos paralelos, o con combinaciones de electrodos simples y paralelos. Las distancias entre arcos deberán ser tales que la cobertura de escoria sobre el metal de soldadura producido por un arco guía no se enfriará suficientemente para evitar el adecuado depósito de soldadura de un siguiente electrodo.

c) Variables de la Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS)

Para realizar una soldadura se debe de contar con un procedimiento de soldadura, también conocido como WPS (Welding Procedure Specification), que es un documento que define las principales variables a usarse en la soldadura de una junta determinada. Este documento contiene:

- Tipo de material a soldar.
- Electrodo.
- Preparación de junta.
- Tipo de corriente eléctrica.
- Proceso de soldadura a usar.
- Amperaje.
- Voltaje.
- Temperatura de precalentamiento.
- Etcéteras.

Para que un procedimiento de soldadura (WPS) pueda ser usada en obra debe de ser probado mediante un proceso llamado **Calificación de Procedimiento de Soldadura**. Este proceso consiste en soldar una probeta con las variables definidas en el procedimiento a ser calificado y luego someter esta probeta a los ensayos de tracción, doblado, impacto, etc. que se especifican. Si los ensayos realizados cumplen las especificaciones establecidas, entonces se considera que el procedimiento de soldadura (WPS) esta calificado y apto para su uso.

Actualmente también se puede usar procedimientos **Precalificados.** Estos procedimientos ya fueron calificados y están descritos en el Manual of Steel Construction del AISC.

El procedimiento de soldadura debe ser ejecutado por un soldador calificado. Esta calificación es realizada por una institución autorizada para realizar este tipo de certificación. La calificación autoriza al soldador para ejecutar un determinado tipo de junta soldada.

d) Temperaturas de Precalentamiento y de Interpase.

La temperatura de precalentamiento y de interpase deberá de ser suficiente para prevenir el agrietamiento. En la Tabla 13.2.4.2 se indica las temperaturas mínimas de precalentamiento y de interpases a usar en los aceros comúnmente empleados.

La temperatura mínima de precalentamiento y de interpase aplicada a una junta compuesta de metales base con diferentes precalentamientos mínimos de la Tabla 13.2.4.2 deberá de ser la más alta de estos precalentamientos mínimos.

Este precalentamiento y todas las temperaturas mínimas de interpase subsiguientes serán mantenidas durante la operación de soldadura en una distancia como mínimo igual al espesor de la parte soldada mas gruesa (pero no menor que 75 mm) en todas las direcciones desde el punto de soldadura.

Los requisitos mínimos de temperatura de interpase serán considerados iguales a los requisitos de precalentamiento, a menos que se indique otra cosa en el procedimiento (WPS).

Las temperaturas de precalentamiento e interpase deberán de ser verificadas justo antes de iniciar el arco para cada pase.

Tabla 13.2.4.2

CATEGORIA	TEMPERATURA MÍNIMA DE PRECALENTAMIENTO E INTERPASE PRECALIFICADA			
	METAL BASE			METAL APORTE
	ESPECIFICACIÓN DEL ACERO	PROCESO DE SOLDADURA	ESPESOR DE LA PARTE MAS GRUESA EN EL PUNTO DE SOLDADURA	TEMPERATURA MÍNIMA DE PRECALENTAMIENTO E INTERPASE
A	ASTM A36 ASTM A53 Grado B ASTM A500 Grado A ASTM A500 Grado B ASTM A501 ASTM A529 ASTM A570 Grado 40 ASTM A570 Grado 45 ASTM A570 Grado 50 ASTM A709 Grado 36	SMAW con electrodos distintos a los de bajo hidrógeno	3 a 20 mm Sobre 20 a 40 mm Sobre 40 a 65 mm Sobre 65 mm	Nada 66ºC 107ºC 150ºC
B	Todos los de la Categoría A más: ASTM A572 Grado 42 ASTM A572 Grado 50 ASTM A606 ASTM A607 Grado 45 ASTM A607 Grado 50 ASTM A607 Grado 55 ASTM A618 Grado Ib, II, III ASTM A709 Grado 50 ASTM A709 Grado 50W	SMAW con electrodo de bajo hidrógeno, SAW, GMAW, FCAW	3 a 20 mm Sobre 20 a 40 mm Sobre 40 a 65 mm Sobre 65 mm	Nada 10ºC 66ºC 107ºC
C	ASTM A572 Grado 60 ASTM A572 Grado 65	SMAW con electrodo de bajo hidrógeno, SAW, GMAW, FCAW	3 a 20 mm 20 a 40 mm 40 a 65 mm sobre 65 mm	10ºC 66ºC 107ºC 150ºC

e) Requisitos Mínimos de Ejecución de la Soldadura

Los requisitos mínimos a ser considerados para una buena ejecución de la soldadura son los siguientes:

• Las soldaduras GMAW, GTAW, EGW, FCAW-G, no serán llevadas a cabo cuando haya una corriente de viento, a menos que la soldadura esté protegida. Tal protección deberá de ser de un material y forma apropiada para reducir la velocidad del viento en las proximidades de la soldadura a un máximo de 8 km/h.

• La soldadura no deberá realizarse:

(1) Cuando la temperatura del medio ambiente sea menor de -18°C.

(2) Cuando la superficie está húmeda o expuesta a la lluvia, nieve o altas velocidades de viento. o,

(3) Cuando el personal que la ejecuta esté expuesto a condiciones inclementes.

• Los tamaños y las longitudes de las soldaduras no deben ser menores a lo especificado en los planos, excepto como está indicado en la Tabla 13.5.3. La ubicación de las soldaduras no deberá de ser cambiada sin aprobación del ingeniero proyectista.

• El tamaño mínimo de la soldadura de filete, excepto para la soldadura de filete empleada para reforzar soldaduras por canal, será como está indicado en la Tabla 10.2.4. En ambos casos el tamaño mínimo se aplica si es suficiente para satisfacer los requerimientos del diseño.

• **Preparación del Metal Base.** La superficie en la que se va a depositar el metal de soldadura deberá de estar lisa, uniforme y libre de exfoliaciones, salpicadura de soldadura, grietas y otras discontinuidades que puedan afectar adversamente la calidad o la resistencia de la soldadura. Las superficies a soldarse y las superficies adyacentes a la soldadura deberán de estar sin cascarilla de laminación libre o adherida, escoria, óxido, humedad, grasas y otros materiales extraños que puedan impedir una soldadura apropiada o producir gases perjudiciales. La cascarilla de laminación que se mantiene adherida a pesar de una limpieza con escobilla de alambre o el revestimiento delgado de un inhibidor de corrosión, pueden permanecer con la siguiente excepción: para vigas en estructuras cargadas cíclicamente, toda la cascarilla de laminación debe ser removida de la superficie en las cuales se va a soldar las alas y el alma.

• **Reparación del Metal Base**. En la reparación y determinación de los límites de las discontinuidades observadas visualmente en superficies cortadas, la cantidad de metal removido deberá de ser el mínimo necesario para remover las discontinuidades o para determinar que no se excedan los límites de la Tabla 13.2.4.3. Sin embargo, si se requiere una reparación con soldadura, se deberá remover suficiente metal base para proporcionar acceso para la soldadura. Todas las reparaciones por soldadura de las discontinuidades deberán de ser realizadas con:

(1) Preparación adecuada del área de reparación.

(2) Soldadura con un proceso aprobado de bajo hidrógeno.

(3) Esmerilado de las soldaduras terminadas y enrasado con las superficies adyacentes.

TABLA 13.2.4.3

Límites de Aceptación y Reparación de Discontinuidades Laminares Producidos en el Taller en Superficies Cortadas

DESCRIPCIÓN DE LA DISCONTINUIDAD	REPARACIÓN REQUERIDA
Cualquier discontinuidad con longitud hasta de 25 mm .	Ninguna, no requiere ser explorada
Cualquier discontinuidad con longitud mayor que 25 mm y profundidad máxima de 3 mm .	Ninguna, pero la profundidad debe ser explorada*.
Cualquier discontinuidad con longitud mayor que 25 mm con profundidad mayor que 3 mm pero no mayor que6 mm . Cualquier discontinuidad con longitud mayor que 25 mm con profundidad mayor que 6 mm pero no mayor que 25 mm .	Remover, no necesita soldadura Remover completamente y soldar

Cualquier discontinuidad con longitud mayor que 25 mm con profundidad mayor que 25 mm .	El elemento será reparado ó rechazado a criterio del ingeniero proyectista. (véase 5.15.1.1 de AWS D1.1)

* El 10% de las discontinuidades presentes en la superficie cortada en cuestión deberán ser exploradas por esmerilado para determinar su profundidad.

Si la profundidad de cualquiera de las discontinuidades exploradas excede 3 mm, entonces todas las discontinuidades con longitud mayor que 25 mm que quedan en la superficie cortada deberán de ser exploradas por esmerilado para determinar su profundidad. Si ninguna de las discontinuidades comprendidas en el 10% explorado tiene una profundidad mayor que 3 mm, entonces las discontinuidades remanentes sobre la superficie cortada no necesitan ser exploradas.

• **Preparación de las Juntas.** El maquinado, el cortado térmico, el esmerilado o el cincelado, pueden ser usados para la preparación de las juntas, o para remover metal o trabajos no conformes, excepto que no se usará el ranurado con oxigeno en aceros laminados en caliente que son pedidos con tratamiento térmico.

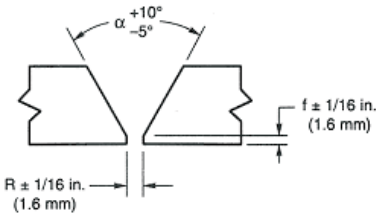
• **Tolerancias Dimensionales de las Juntas**. Las partes que van a ser unidas por soldadura de filete, deberán de ser llevadas a un contacto tan cerrado como sea posible. La abertura de la raíz no deberá exceder los 5mm excepto en los casos que involucre ya sea perfiles o planchas con espesores de 75 mm o mayores y no se puede cerrar la abertura de la raíz lo suficiente para alcanzar esta tolerancia después del enderezado en el ensamblaje. En tales casos, se acepta una abertura máxima de la raíz de 8 mm, si se usa un respaldo adecuado. El respaldo puede ser fundente, polvo de hierro, o materiales similares, o soldadura usando un proceso de bajo hidrógeno compatible con el metal de llenado depositado. Si la separación es mayor que 1,6 mm se deberá de incrementar el cateto de la soldadura por la cantidad de la abertura en la raíz, o el contratista deberá demostrar que la garganta efectiva requerida ha sido obtenida.

• **Ensamblaje con Soldadura por Canal de Penetración Parcial.** Las partes a ser unidas por soldadura de canal de penetración parcial paralela a la longitud del elemento deberán de ser llevadas a un contacto tan cerrado como sea posible. La abertura de la raíz entre las partes no deberá de exceder 5 mm excepto en los casos que involucre perfiles laminados o planchas de espesor de 75 mm o mayores si, después de su enderezado y en el ensamblado, la abertura de la raíz no puede ser cerrada suficientemente para alcanzar esta tolerancia. En tales casos se acepta una abertura máxima de la raíz de 8 mm, si se usa un respaldo adecuado y la soldadura final cumple los requisitos para el tamaño de la soldadura. Las tolerancias de las juntas de aplastamiento deberán de estar de acuerdo con las especificaciones del contrato.

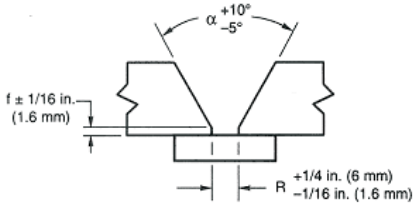
• **Alineamiento de la Junta a Tope.** Las partes a ser unidas por soldadura de junta a tope deberán de ser cuidadosamente alineadas. Donde las partes son efectivamente restringidas contra la flexión debida a la excentricidad en el alineamiento, se permitirá una desviación que no exceda el 10% del espesor de la parte unida más delgada, pero en ningún caso se permitirá una desviación mayor que 3 mm del alineamiento teórico.

• **Variaciones en la Sección Recta de Soldadura por Canal.** Si las dimensiones de la sección recta de las juntas soldadas por canal varían respecto a las mostradas en los planos por un valor mayor que las tolerancias indicadas en la Fig. 13.2.4.2, deberá informarse al ingeniero proyectista para su aprobación o corrección.

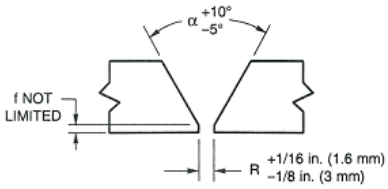
Fig. 13.2.4.2



A) SOLDADURA POR CANAL SIN RESPALDO – FONDO NO RANURADO POR LA PARTE POSTERIOR



B) SOLDADURA POR CANAL CON RESPALDO - FONDO NO RANURADO POR LA PARTE POSTERIOR



C) SOLDADURA POR CANAL SIN RESPALDO- FONDO RANURADO POR LA PARTE POSTERIOR

Aberturas de la raíz mayores que aquellas permitidas en el párrafo anterior, pero no mayores que dos veces el espesor de la parte mas delgada o 19 mm, lo que sea menor, puede ser corregida por soldadura a las dimensiones aceptables antes de la unión de las partes.

• Tolerancias Dimensiónales de los Elementos Estructurales Soldados

Las dimensiones de los elementos estructurales soldados deberán estar de acuerdo a las siguientes tolerancias:

- Rectitud de Columnas y Armaduras

Para columnas y elementos principales de armaduras, soldados, para cualquier sección transversal, la variación de rectitud permisible es:

Longitud de menos de 9 m:

$$3 \text{ mm} \times \frac{(\text{N° de metros de longitud total})}{3}$$

Para longitudes de 9 m a 14 m = 10 mm

Para longitudes mayores de 14 m:

$$10 \text{ mm} + 3 \text{ mm} \times \frac{(\text{N° de metros de longitud total - 14})}{3}$$

- Rectitud de Vigas

Para vigas soldadas, para cualquier sección transversal, donde no se ha especificado contraflecha, la variación permisible de rectitud es:

$$3 \text{ mm} \times \frac{(\text{N° de metros de la longitud total})}{3}$$

- Contraflechas de las Vigas

Para vigas soldadas, diferentes de aquellas cuya ala superior esta embebida en concreto, para cualquier sección transversal, la variación permisible de la contraflecha requerida en el ensamblado en taller (para agujeros taladrados para empalmes en el campo o preparación de los empalmes soldados en el campo) es:

a la mitad de la luz:

-0, + 38 mm para luces mayores o iguales que 30 m .
-0, + 19 mm para luces menores que 30 m .

en los apoyos:

0 para los apoyos extremos:
+ 3 mm para los apoyos interiores

en los puntos intermedios:

$$-0, + \frac{4(a)b(1-a/s)}{s}$$

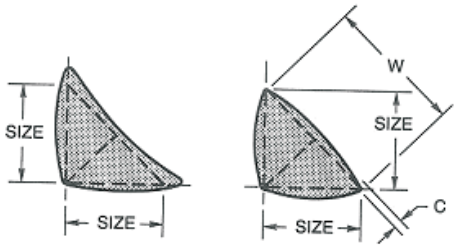
donde:
a = distancia en metros desde el punto de inspección al apoyo más cercano.

s = longitud de la luz en metros.
b = 38 mm para luces mayores o iguales que 30 m.
b = 19 mm para luces menores que 30 m.

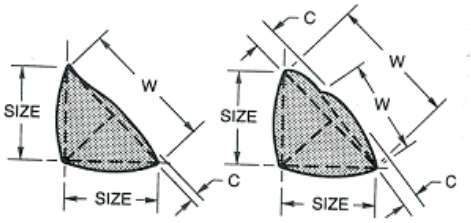
• **Perfiles de la Soldadura**

Todas las soldaduras, excepto como está permitido a continuación, deberán de estar libres de grietas, pliegues, y las discontinuidades de perfiles no conformes.

Perfiles de Soldadura Conformes e Inaceptables



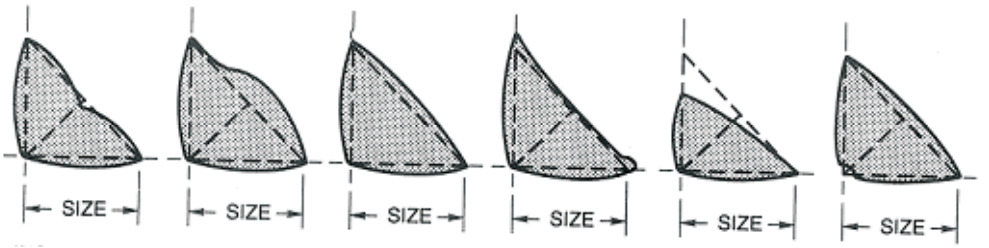
A) Perfiles de Soldadura de Filete Deseables



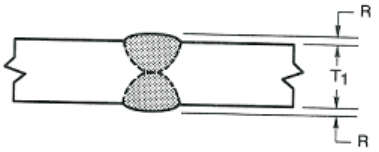
B) Perfiles de Soldadura de Filete Aceptables

NOTA.- La convexidad c, de una soldadura o glóbulos de superficie individual con dimensiones w no deberá exceder el valor de la siguiente Tabla.

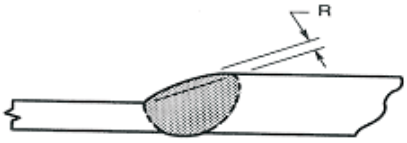
ANCHO DE LA CARA DE SOLDADURA O DE GLÓBULOS DE SUPERFICIE INDIVIDUAL,	MÁXIMA CONVEXIDAD, C
W ≤ 8 mm	1,6 mm
W > 8 mm hasta < 25 mm	3 mm
W ≥ 25 mm	5 mm



C) Perfiles de Soldadura de Filete Inaceptables



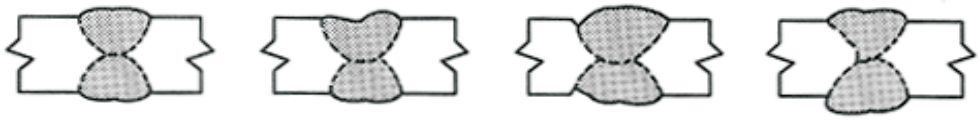
UNION A TOPE – PLANCHAS DE IGUAL ESPESOR



UNION A TOPE (TRANSICIÓN) PLANCHAS DE ESPESORES DESIGUALES

NOTA.- R NO DEBERÁ EXCEDER DE 3 mm

D) Perfiles de Soldadura Acanalada Aceptables en Juntas a Tope



EXCESIVA CONVEXIDAD | INSUFICIENTE GARGANTA | EXCESIVA SOCAVACIÖN | METAL DE APORTE DERRAMADO

E) Perfiles de Soldadura Acanalada Inaceptables en Juntas a Tope

• **Soldadura de Filete.** Las caras de la soldadura de filete pueden ser ligeramente convexas, planas o ligeramente cóncavas, como esta mostrado en la figura anterior. La figura C muestra los perfiles típicos de soldadura de filete inaceptables.

• **Convexidad.** Con excepción de la soldadura exterior en junta de extremos, la convexidad C de una soldadura o un glóbulo de superficie individual no deberá exceder los valores dados en la figura anterior.

• **Soldadura a Tope ó Acanalada**. La soldadura acanalada deberá de ser hecha con un reforzamiento mínimo de la cara a menos que se especifique otra cosa. En el caso de juntas a tope y extremos, el refuerzo de la cara no deberá exceder 3 mm en altura.

• **Superficies Emparejadas.** Las soldaduras a tope que requieran ser emparejadas serán acabadas de tal manera de no reducir el espesor del metal base más delgado o del metal soldado por más de 1 mm ó 5% del material, la que sea menor. El refuerzo remanente no deberá exceder 1 mm de altura. Sin embargo, todos los refuerzos deberán de ser removidos donde la soldadura forme parte de la superficie de contacto o unión. Todos los refuer-

zos deben de ser unidos formando una superficie lisa con la plancha, con áreas de transición libres de socavación.

• **Métodos y Valores de Acabado**. Para el acabado se puede usar el cincelado y el ranurado, seguidos por un esmerilado. Donde se requiera acabado superficial, los valores de rugosidad no excederán los 6,3 micrones. Los acabados superficiales con rugosidades mayores de 3,2 micrones hasta 6,3 micrones deberán de tener el acabado paralelo a la dirección del esfuerzo principal. Las superficies acabadas con rugosidades menores ó iguales que 3,2 micrones pueden ser acabadas en cualquier dirección.

Reparaciones

La remoción del metal de aporte o porciones del metal base puede ser hecha por maquinado, esmerilado o ranurado. Esto debe ser hecho de tal manera que el metal de aporte adyacente o el metal base no se vea afectado. El acanalado con oxígeno no deberá ser usado en aceros templados y revenidos. Las porciones de soldadura no conformes deberán de ser eliminadas sin una remoción sustancial del metal base. La superficie deberá limpiarse totalmente antes de la soldadura. El metal de aporte deberá depositarse para compensar cualquier diferencia en tamaños.

• **Opción del Contratista.** El contratista tiene la opción de reparar una soldadura no conforme o remover y remplazar la soldadura total, excepto como sea modificado por el ingeniero supervisor. La soldadura reparada o reemplazada deberá de ser reensayada por el método originalmente usado, y se aplicará el mismo criterio de aceptación técnica y de calidad. Si el contratista elige reparar la soldadura, esta debe de ser corregida de la siguiente manera:

• **Derrames, Excesiva Convexidad, o Excesivo Reforzamiento.** El metal de aporte en exceso deberá de ser removido.

• **Excesiva Concavidad o Depresiones de Soldadura, Soldadura con Menores Dimensiones y Soldaduras Socavadas.** Las superficies deben de ser preparadas y rellenadas con material de aporte adicional.

• **Fusión Incompleta, Excesiva Porosidad de la Soldadura o Presencia de Inclusiones de Escoria**. Las porciones no conformes deberán de ser removidos y resoldadas.

• **Grietas en la Soldadura o Metal Base** . La extensión de la grieta deberá ser evaluada por el empleo de ácidos, inspección con partículas magnéticas, radiografías, ultrasonidos u otro medio que sea adecuado. Se removerán las grietas y metal sano hasta 50 mm de cada borde de las grietas y se resoldará.

• **Limitaciones de Temperaturas en la Reparación por Calor Localizado**. Los miembros estructurales distorsionados por la soldadura deberán de ser enderezados por medios mecánicos o por aplicaciones de cantidades limitadas de calor localizado. La temperatura de las áreas calentadas, medida por métodos aprobados, no deberá exceder 590°C para aceros templados y revenidos ni 650°C para otros aceros. La parte a ser calentada para el enderezado deberá de estar sustancialmente libre de tensiones y fuerzas externas, excepto aquellas tensiones que resultan del método de enderezado mecánico usado en conjunto con la aplicación del calor.

• **Inaccesibilidad de Soldaduras no Conformes** . Si, después que se ha hecho una soldadura no conforme, se realizan trabajos que han originado que la soldadura sea inaccesible o se han creado nuevas condiciones que hacen que las correcciones de la soldadura no conforme sean peligrosas, entonces se debe restaurar las condiciones originales por medio de la remoción de las soldaduras o elementos, ambos antes de que se haga la corrección. Si esto no es hecho, la deficiencia deberá de ser compensada por trabajo adicional realizado de acuerdo a un diseño revisado y aprobado.

Limpieza de la Soldadura

• **Limpieza en el Proceso.** Antes de soldar sobre un metal depositado previamente, o después de cualquier interrupción de la soldadura, se debe remover toda la escoria y se deberá de limpiar con una escobilla de alambre la soldadura y el metal base adyacente.

• **Limpieza de Soldaduras Terminadas.** La escoria debe de ser removida de todas las soldaduras terminadas. Las soldaduras y el metal base adyacente deberán de ser limpiados con escobilla de alambre de acero ú otros medios adecuados. Las salpicaduras de metal adheridas fuertemente y remanentes después de la operación de limpieza son aceptables a menos que se requiera su remoción para realizar los ensayos no destructivos. Las juntas soldadas no serán pintadas hasta que se termine la soldadura y esta haya sido aceptada.

13.2.5. Construcciones Empernadas

Todas las partes de los elementos empernados deberán de estar sujetadas con pines o empernadas y mantenidas rígidamente unidas durante el ensamblaje. El uso de pines en los agujeros para pernos no debe distorsionar el metal o agrandar los agujeros. El inadecuado centrado de los agujeros será causa de rechazo.

Si el espesor del material no es mayor que el diámetro nominal del perno mas 3 mm, se permiten que los agujeros sean obtenidos por punzonado. Si el espesor del material es mayor que el diámetro nominal del perno más 3 mm los agujeros pueden ser obtenidos ya sea por taladrado o subpunzonado y ensanchado. La matriz para todos los agujeros subpunzonados, y las brocas para los agujeros, pretaladrados, deberán de ser como mínimo 2 mm más pequeño del diámetro nominal del perno, los agujeros en planchas de acero A514 con espesores mayores que 13 mm deberán de ser taladrados.

Lainas tipo dedo insertados completamente, con un espesor total de no más de 6mm dentro de una unión, son permitidos en juntas sin cambiar los esfuerzos de diseño (basadas en el tipo de agujero) para el diseño de conexiones. La orientación de dichas lainas es independiente de la dirección de aplicación de la carga.

El uso de pernos de alta resistencia deberá de cumplir los siguientes requisitos:

• Las dimensiones de los pernos cumplirán lo indicado en la Norma ANSI B18.2.1

• Todo el material que se halle dentro de la longitud de fijación del perno será acero, no debiendo existir materiales compresibles. La pendiente de las superficies de contacto con la cabeza del perno o la tuerca no debe exceder de 1:20 respecto a un plano normal al eje del perno.

• Cuando se ensamble la junta, todas las superficies en contacto, incluyendo las superficies adyacentes a la cabeza del perno y la tuerca, deben estar libres de escamas de óxido, suciedad y cualquier otro material extraño. Las rebabas que puedan reducir el apoyo de las partes conectadas deben eliminarse.

13.2.6. Juntas de Compresión

Las juntas de compresión que dependen de la superficie de contacto, como parte de la resistencia del empalme deberán tener la superficie de contacto de las piezas fabricadas individualmente, preparadas por cepillado, cortado con sierra, u otros medios adecuados.

13.2.7. Tolerancias Dimensiónales

Las tolerancia dimensiónales deberán ser como sigue y se indica en la Tabla 13.2.7:

• Es permisible una variación de 1,0 mm en la longitud total de elementos con ambos extremos acabados para apoyo de contacto. Las superficies denotadas como «acabadas» en los planos se definen como aquellas que tienen un valor máximo de altura de rugosidad de 12,6 micrones. Cualquier técnica de fabricación, como corte de fricción, corte frío, cepillado, etc que produzca el acabado arriba indicado puede ser usada.

• Los elementos sin extremos acabados para apoyo de contacto, que serán conectados a otras partes de acero de la estructura, pueden tener una variación de la longitud detallada no mayor que 2,0 mm para elementos de 9,0 m de longitud ó menos, y no mayor que 3,0 mm para elementos con longitudes mayores de 9,0 m.

• A menos que se especifique de otro modo, elementos estructurales, sean perfiles laminados o armados, pueden variar su rectitud dentro de las tolerancias permitidas para los perfiles de ala ancha según lo especificado en ASTM A6, excepto que la tolerancia sobre la desviación de la rectitud de elementos en compresión es 1/1000 de la longitud axial entre puntos con soporte lateral.

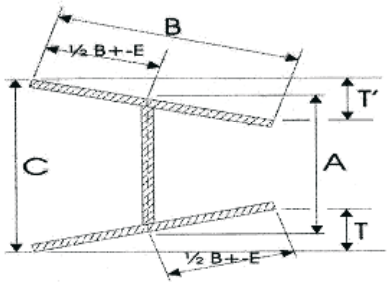
• Los elementos completos deberán estar libres de torcimientos, dobleces y juntas abiertas. Muescas agudas o dobleces son causa de rechazo del material.

• Las vigas y armaduras detalladas sin especificación de contraflecha se fabricarán de manera que, después del montaje, cualquier contraflecha debida al laminado o fabricación de taller quede hacia arriba.

• Cuando los elementos son especificados en los planos o especificaciones con contraflecha, la tolerancia de fabricación en taller será -0/+13 mm para elementos de 15,0 m o menos de longitud, ó -0/+(13 mm + 3,2 mm por cada 3,0 m o fracción de esto, en exceso de 15,0 m) para los elementos sobre los 15,0 m. Los elementos recibidos de la planta de laminación con 75% de la contraflecha especificada no requieren contraflecha adicional. Para propósitos de inspección la contraflecha debe ser medida en el taller de fabricación en la condición sin esfuerzo.

• Cualquier desviación permisible en el peralte de las vigas, puede resultar en un cambio abrupto en el peralte en las zonas de empalmes. Tal diferencia en el peralte en una junta empernada, dentro de las tolerancias prescritas, es compensada con planchas de relleno. En juntas soldadas, el perfil de la soldadura, puede ser ajustado conforme a la variación en altura, siempre y cuando se proporcione la sección mínima requerida de soldadura y la pendiente de la superficie de la soldadura cumpla con los requisitos de la Norma AWS.

TABLA 13.2.7



VARIACIONES PERMISIBLES EN LA SECCIÓN RECTA							
SECCIÓN NOMINAL (mm)	A, PERALTE (mm)		B, ANCHO DEL ALA (mm)		T + T' Alas inclinadas máximo (mm)	E[a] Almas inclinadas máximo (mm)	C Peralte máxima de cualquier sección recta mayor que el peralte nominal (mm)
	Mayor que la nominal	Menor que la nominal	Mayor que la nominal	Menor que la nominal			
Hasta 305	3,0	3,0	6,0	5,0	6,0	5,0	6,0
Mas de 305	3,0	3,0	6,0	5,0	8,0	5,0	6,0

VARIACIONES PERMISIBLES EN LONGITUD				
PERFILES W	Variaciones de la longitud especificada (mm)			
	Menor o igual a 9 m		Mayores a 9 m	
	Mayor	Menor	Mayor	Menor
Vigas de 610 mm y menor en peralte nominal	10,0	10,0	10,0 + 1,6 por cada 1,5 m adicionales o una fracción de este	10,0
Vigas de mas de 610 mm de peralte nominal; todas las columnas	13,0	13,0	13,0 + 1,6 por cada 1,5 m adicionales o una fracción de este	13,0
(a)Variación en 8,0 mm (máx.) para secciones con peso mayor que 6400 N/m				

OTRAS VARIACIONES PERMISIBLES
Variaciones en área y peso: +/- 2,5% de la cantidad nominal ó especificada Extremos desalineados: 0,4 mm por cada 25,0 mm de peralte, ó de ancho de ala si ésta es mayor que el peralte

CONTRAFLECHA Y COMBADURA			
Tamaños	Longitud	Variaciones permisibles en mm	
		Contraflecha	Combadura
Tamaños con ancho de alas igual o mayor que 150 mm	Todas	3,2 mm x (longitud total en metros) / 3,0	
Tamaños con ancho de alas menores que 150 mm	Todas	3,2 mm x (longitud total en metros) /3,03,2 mm x (longitud total en metros) /1,5	
	Hasta 14,0 m	3,2 mm x (longitud total en metros) / 3,0; con 10,0 mm (máx.)	
Ciertas secciones con el ancho de ala aproximadamente igual al peralte y especificado en el pedido como columna [b]	Sobre 14,0 m	10,0 mm +[3,2 mm x (longitud total en metros -14) / 3,0]	
[b] Aplicable sólo para W8x31 y más pesadas W12x65 y más pesadas, W14x90 y más pesadas. Si las otras secciones son especificadas como columnas, las tolerancias estarán sujetas a negociación con el fabricante.			

13.2.8. Acabado de Bases de Columna

Las bases de columnas y las planchas de base deberán de ser acabadas de acuerdo con los siguientes requerimientos:

1) Se permite las planchas de apoyo de acero con espesores de 50 mm o menos sin cepillado si se obtiene un apoyo de contacto satisfactorio. Se permite que las planchas de base de acero con espesores mayores de 50mm pero no mayores que 100 mm sean enderezadas por prensado o, si no se dispone de prensas, por el cepillado de todas las superficies de apoyo (excepto como fue indicado en el subpárrafo N°2 y 3 de esta Sección), para tener un contacto satisfactorio.

2) La superficie inferior de las planchas de apoyo que son fijadas con grouting para asegurar un contacto de apoyo total a la cimentación no necesitan ser cepilladas.

3) La superficie superior de las planchas de apoyo no necesitan ser cepilladas si se usa soldaduras de penetración total entre la columna y la plancha de apoyo.

13.3. PINTADO EN EL TALLER

13.3.1. REQUERIMIENTOS GENERALES

El pintado en taller corresponde al recubrimiento base del sistema de protección. Protege al acero por solamente un corto período de exposición en condiciones atmosféricas ordinarias, y se considera como un recubrimiento temporal y provisional. El fabricante no asume responsabilidad por el deterioro de esta capa base que pueda resultar de la exposición a condiciones atmosféricas ordinarias, ni de la exposición a condiciones corrosivas mas severas que las condiciones atmosféricas ordinarias.

En ausencia de otros requerimientos en los planos o especificaciones, el fabricante limpiará a mano el acero de residuos de oxidación, escamas de laminación, suciedad y otras sustancias extrañas, antes del pintado, con un cepillo de alambre o por otros métodos elegidos por el fabricante conforme a los requerimientos del fabricante de la pintura.

A menos que sea específicamente excluida, la pintura se aplicará con brocha, pulverizador, rodillo o inmersión, a elección del fabricante. Cuando se use el término recubrimiento de taller o pintura de taller, sin un sistema de pintura especificado, el fabricante aplicará una pintura estándar con un mínimo de películas seca de un mil.

El acero que no requiera pintado en taller se limpiará de aceite o grasa con solventes limpiadores y se eliminará la suciedad y otras sustancias extrañas, con escobilla de alambre u otros sistemas adecuados.

Se esperan abrasiones causadas por el manipuleo después del pintado. El retocado de estas áreas es responsabilidad del contratista, quien las reparará en el lugar de la obra.

No se requiere el pintado en el taller a menos que esté especificado en los planos y especificaciones.

13.3.2. Superficies Inaccesibles

Excepto para superficies en contacto, las superficies inaccesibles después del ensamblado en el taller deberán de ser limpiadas y pintadas antes del ensamblaje, si es requerido en los planos o especificaciones.

13.3.3. Superficies en Contacto

El pintado es permitido incondicionalmente en las conexiones tipo aplastamiento. Para conexiones críticas de deslizamiento, las superficies en contacto deberán cumplir los siguientes requisitos:

• En juntas que no se pinten, debe dejarse sin pintar un área que esté a 25mm o un diámetro del perno del borde de cualquier hueco y además el área dentro del grupo de pernos.

• En juntas especificadas como pintadas, las superficies en contacto serán arenadas y cubiertas con una pintura calificada como Clase A ó B mediante ensayos que cumplan el «Test Method to Determine the Slip Coefficient for Coatings Used in Bolted Joints» del Research Council on Structural Connections. El fabricante de la pintura debe entregar un copia certificada de estos ensayos.

• Las juntas pintadas no deben ensamblarse antes que la pintura se haya curado por un tiempo mínimo igual al empleado en los ensayos de calificación.

• Las superficies de contacto especificadas como galvanizadas, lo serán por inmersión en caliente de acuerdo con la Norma ASTM A123 y serán posteriormente rasqueteadas manualmente con escobillas de alambre. No se permitirá el uso de rasqueteadoras eléctricas.

• No se permitirá el empleo de pernos usados A490 y galvanizados A325. Otros pernos A325 puedan volverse a usar si esta autorizado por el Proyectista. El reajustado de pernos que se puedan haber aflojado no se considera como un nuevo uso.

13.3.6. Superficies Acabadas por Maquinado

Las superficies acabadas por maquinado deberán de ser protegidas contra la corrosión por un revestimiento inhibidor de corrosión que pueda ser removido antes del montaje, o que tenga las características que hacen que su remoción antes del montaje sea innecesaria.

13.3.5. Superficies Adyacentes a las Soldaduras en Obra

A menos que se especifique otra cosa en los planos y especificaciones, las superficies dentro de los 50 mm de cualquier punto de soldadura en obra deberán de estar libre de materiales que pueden impedir una soldadura apropiada ó producir humos o gases perjudiciales durante la soldadura.

13.4. MONTAJE

13.4.1. Método de Montaje

El montador procederá a usar el método más eficiente y económico de montaje, así como una secuencia de montaje, consistente con los planos y especificaciones.

13.4.2. Condiciones del Lugar de la Obra

De acuerdo al contrato, se debe proporcionar y mantener acceso al lugar de la obra y a través de la misma para el movimiento seguro de los equipos de montaje y las estructuras a montarse. Especial cuidado se debe tener con la remoción o reubicación de líneas de energía eléctrica, teléfono, gas, agua, desagüe y otras, de forma de tener un área de trabajo segura. El estricto cumplimiento de la **NTE E.120 Seguridad Durante la Construcción**, es de vital importancia para el montaje seguro de las estructuras.

13.4.3. Cimentaciones

El ejecutor de la obra civil es responsable de la ubicación precisa, resistencia y accesibilidad a todas las cimentaciones de las estructuras metálicas.

13.4.4. Ejes de Edificación y Puntos de Nivel de Referencia

Es responsabilidad del ejecutor de la obra civil seguir la ubicación precisa de los ejesde edificación y puntos de nivel de referencia en el lugar de ubicación de la estructura. El montador deberá contar con un plano de obra que incluya toda la información descrita.

13.4.5. Instalación de Pernos de Anclaje y Otros

13.4.5.1. La ubicación de los pernos de anclaje serán responsabilidad del contratista de la obra civil conforme a un plano aprobado; su ubicación no variará de las dimensiones mostradas en los planos de montaje en más de las siguientes tolerancias de montaje:

a) 3,0 mm centro a centro de dos pernos cualquiera dentro de un grupo de pernos de anclaje, donde un grupo de pernos de anclaje se define como un conjunto de pernos, que reciben un elemento individual de acero.

b) 6,0 mm centro a centro de grupos de pernos de anclaje adyacentes.

c) Elevación de la cabeza del perno: ±13 mm

d) Una acumulación de 6,0 mm en 30 m a lo largo del eje de columnas establecido con múltiples grupos de pernos de anclaje, pero no debe exceder un total de 25 mm, donde el eje de columna establecido es el eje real de obra mas representativo de los centros de los grupos de pernos como han sido instalados a lo largo del eje de columnas.

e) 6,0 mm desde el centro de cualquier grupo de pernos de anclaje al eje de columnas establecido para el grupo.

f) Las tolerancias de los párrafos b, c y d se aplican a las dimensiones desplazadas mostrados en los planos, medidas paralelamente y perpendicularmente al eje de columna establecido más cercano a las columnas individuales mostradas en los planos a ser desplazados de los ejes establecidos de las columnas.

13.4.5.2. A menos que se indique de otra forma los pernos de anclaje se colocan perpendiculares a la superficie teórica de apoyo.

13.4.5.3. Dispositivos de apoyo

El contratista de la obra civil, coloca en los ejes y niveles todas las planchas de nivelación, tuercas de nivelación y planchas de apoyo, que pueden ser manipuladas sin plumas o grúas de izaje. Todos los otros dispositivos de apoyo de las estructuras son colocados y acuñados, enlainados o ajustados con pernos de nivelación por el montador conforme a los ejes y niveles establecidos en los planos. El fabricante de la estructura metálica proporciona las cuñas, lainas y pernos de nivelación que son requeridas y describe claramente los dispositivos de anclaje con los ejes de trabajo para facilitar su adecuado alineamiento.

A la brevedad luego de la instalación de los dispositivos de apoyo, el contratista de la obra civil verifica los ejes, niveles y la inyección del mortero de relleno conforme se requiera. La ubicación final y la adecuada inyección del mortero de relleno son de responsabilidad del contratista de la obra civil.

Las tolerancias de elevación relativas a los niveles establecidos de los dispositivos de apoyo instalados por el contratista de la obra civil son ± 3,0 mm.

13.4.6. Material de Conexión de Campo

13.4.6.1. El fabricante proporciona detalles de las conexiones de acuerdo con las exigencias de los planos y especificaciones técnicas.

13.4.6.2. Cuando el fabricante se encarga del montaje de la estructura metálica, debe suministrar todos los materiales requeridos para las conexiones temporales y per-

manentes de los elementos estructurales que componen la estructura.

13.4.6.3. Cuando el montaje no es realizado por el fabricante, este deberá suministrar el siguiente material para las conexiones de obra:

a) Los pernos en el tamaño requerido y en cantidad suficiente para todas las conexiones de obra que serán permanentemente empernados. A menos que se especifiquen pernos de alta resistencia, se suministrarán pernos comunes A-307. Se debe suministrar un 2% adicional de cada tamaño de perno.

b) Las planchas de relleno mostradas como necesarias para la presentación de las conexiones permanentes de los elementos estructurales.

c) Las barras o platinas de respaldo que puedan requerirse para la soldadura de obra.

13.4.6.4. El montador proporcionará todos los electrodos de soldadura, pernos de ajuste y pasadores que serán usados en el montaje de la estructura metálica.

13.4.7. Apoyos Temporales de la Estructura de Acero

13.4.7.1. El montador determinará, proporcionará e instalará los apoyos temporales tales como: tirantes temporales, arriostres, obra falsa y otros elementos requeridos para las operaciones de montaje. Estos apoyos temporales asegurarán a la estructura metálica o a cualquiera de sus partes contra cargas comparables a aquellas para las cuales la estructura fue diseñada, resultantes de la acción del viento, sismos y operaciones de montaje.

13.4.7.2. Estructuras autosoportantes

Una estructura autosoportante es aquella que proporciona la estabilidad y resistencia requerida para soportar las cargas de gravedad y las de viento y sismo sin interactuar con otros elementos estructurales. El montador suministrará e instalará solamente aquellos soportes temporales que son necesarios para asegurar cualquier elemento de la estructura metálica hasta que sean estables sin apoyos externos.

13.4.7.3. Estructuras no autosoportantes

Una estructura no autosoportante es aquella que, cuando está totalmente ensamblada y conectada, requiere interactuar con otros elementos que no forman parte de la estructura de acero, para tener estabilidad y resistencia para resistir las cargas para las cuales la estructura ha sido diseñada. Tales estructuras serán designadas claramente como estructuras no autosoportantes. Los elementos mayores que no forman parte de la estructura de acero, tales como diafragmas metálicos, muros de corte de albañilería y/o concreto armado, serán identificados en los planos y especificaciones técnicas.

Cuando los elementos que no son de acero estructural interactúan con los elementos de la estructura de acero para proporcionar estabilidad y/o resistencia para soportar las cargas, el contratista de la obra civil es responsable de la adecuación estructural y de la instalación a tiempo de tales elementos.

13.4.7.4. Condiciones especiales de montaje

Cuando el concepto de diseño de una estructura depende del uso de andamios, gatas o cargas, las cuales deben ser ajustadas conforme el montaje progresa para instalar o mantener contraflechas o presfuerzo, tal requerimiento deberá estar indicado en los planos y especificaciones técnicas.

13.4.8. Tolerancias de la Estructura

13.4.8.1. Dimensiones generales

Se aceptan variaciones en las dimensiones generales terminadas de las estructuras. Tales variaciones se considerarán que están dentro de los límites de una buena práctica de montaje cuando ellas no exceden los efectos acumulados de las tolerancias de laminación, tolerancias de fabricación y tolerancias de montaje.

13.4.8.2. Puntos y ejes de trabajo

Las tolerancias de montaje se definen con relación a los puntos de trabajo del elemento y a ejes de trabajo como sigue:

a) Para elementos distintos a elementos horizontales, el punto de trabajo del elemento es el eje centroidal en cada extremo del elemento.

b) Para elementos horizontales, el punto de trabajo es el eje centroidal del ala superior en cada extremo.

c) Estos puntos de trabajo pueden ser substituidos por otros por facilidad de referencia, siempre que estén basados en estas definiciones.

d) El eje de trabajo de un elemento es una línea recta que conecta los puntos de trabajo del elemento.

13.4.8.3. Posición y alineamiento

Las tolerancias de posición y alineamiento de los puntos y ejes de trabajo de los elementos son como sigue:

13.4.8.3.1. Las columnas individuales se consideran aplomadas si la desviación del eje de trabajo no excede 1:500, sujeta a las siguientes limitaciones:

a) Los puntos de trabajo de columnas adyacentes a las cajas de acensores pueden estar desplazados no mas de 25 mm del eje de columnas establecido, en los primeros 20 pisos; encima de este nivel el desplazamiento puede ser incrementado en 0,75 mm por cada piso individual hasta un máximo de 50 mm.

b) Los puntos de trabajo de columnas exteriores pueden ser desplazados del eje de columnas establecido no mas de 25 mm hacia adentro, ni mas de 50 mm hacia fuera del eje del edificio en los primeros 20 pisos; por encima de este piso el desplazamiento puede ser incrementado 1,5 mm por cada piso adicional pero no puede exceder un total desplazado de 50 mm hacia adentro ni 75 mm hacia fuera del eje de la edificación.

c) Los puntos de trabajo de columnas exteriores en cualquier nivel de empalme para edificios de múltiples pisos y en lo alto de columnas de edificios de un piso no pueden caer fuera de una envolvente horizontal paralela al eje del edificio de 40 mm de ancho para edificios de hasta 90 metros de longitud. El ancho de la envolvente puede ser incrementado en 13 mm por cada 30 metros adicionales en longitud, pero no puede exceder 75 mm.

d) Los puntos de trabajo de columnas exteriores pueden estar desplazados del eje de columnas establecido en una dirección paralela al eje del edificio no mas de 50 mm en los primeros 20 pisos, encima de este piso el desplazamiento puede ser incrementado en 1,5 mm por cada piso adicional, pero no pueden exceder un desplazamiento total de 75 mm paralelo al eje del edificio.

13.4.8.3.2. Elementos diferentes a columnas

a) El alineamiento de elementos consistentes de una sola pieza recta sin empalmes de obra, excepto elementos en volado, es considerado aceptable si la variación en alineamiento es causada solamente por la variación del alineamiento de columnas y/o por el alineamiento de elementos soportantes principales dentro de los límites permisibles para la fabricación y montaje de tales elementos.

b) La elevación de elementos conectados a columnas es considerada aceptable si la distancia desde el punto de trabajo del elemento a la línea superior de empalme de la columna no se desvía más de 5 mm o menos de 8 mm de la distancia especificada en los planos.

c) La elevación de elementos distintos a los conectados a columnas, los cuales consisten de piezas individuales, se considera aceptable si la variación en la elevación real es causada solamente por la variación en elevación de los elementos de soporte, los cuales están dentro de los límites permisibles para la fabricación y montaje de tales elementos.

d) Piezas individuales, las que son partes de unidades ensambladas en obra y contienen empalmes de obra entre puntos de apoyo, se consideran aplomadas, niveladas y alineadas si la variación angular del eje de trabajo de cada pieza relativa al plano de alineamiento no excede 1: 500.

e) La elevación y alineamiento de elementos en volado será considerada aplomada, nivelada y alineada si la variación angular del eje de trabajo desde una línea recta extendida en la dirección plana desde el punto de trabajo a su extremo de apoyo no excede 1: 500.

f) La elevación y alineamiento de elementos de forma irregular será considerada aplomada, nivelada y alineada si los elementos fabricados están dentro de sus tolerancias y sus elementos de apoyo o elementos están dentro de las tolerancias especificadas en esta Norma.

13.4.8.3.3. Elementos anexados

Las tolerancias en posición y alineamiento de elementos anexados como dinteles, apoyo de muros, ángulos de borde y similares serán como sigue:

a) Los elementos anexados se consideran propiamente ubicados en su posición vertical cuando su ubicación esta dentro de 9 mm de la ubicación establecida desde la línea superior de empalme de la columna mas cercana a la ubicación del apoyo como se especifique en los planos.

b) Los elementos anexados se consideran propiamente ubicados en su posición horizontal cuando su ubicación esta dentro de 9 mm de la correcta ubicación relativa al eje de acabado establecido en cualquier piso particular.

c) Los extremos de elementos anexados se consideran propiamente ubicados cuando están alineados dentro de 5 mm entre uno y otro vertical y horizontalmente.

13.4.9. Corrección de Errores

Las operaciones normales de montaje incluyen la corrección de defectos menores con moderadas operaciones de agrandado de agujeros, recortes, soldadura o corte y el posicionado de elementos mediante el uso de punzones. Los errores que no puedan ser corregidos con las operaciones mencionadas o los cuales requieran cambios mayores en la configuración de los elementos deberán reportarse inmediatamente al supervisor de obra y al fabricante por parte del montador para establecer la responsabilidad en la corrección del error o para aprobar el método más adecuado de corrección a ser empleado.

13.4.10. Manipulación y Almacenamiento

El montador tomará un cuidado razonable en la adecuada manipulación y almacenamiento del acero durante las operaciones de montaje para eliminar la acumulación de suciedad y sustancias extrañas.

13.5. CONTROL DE CALIDAD

El fabricante deberá proporcionar procedimientos de control de calidad hasta un nivel en que considere necesario para asegurar que todo el trabajo se realice de acuerdo con esta especificación. Además de los procedimientos de control de calidad del fabricante, el material y la mano de obra pueden ser sujetos a inspección en cualquier momento por inspectores calificados que representen al propietario. Si se requiere que tales inspecciones sean realizadas por representantes del propietario, esto deberá estar establecido en los documentos de diseño.

13.5.1. Cooperación

En lo posible, toda inspección realizada por representantes del propietario deberá de ser hecha en la planta del fabricante. El fabricante cooperará con el inspector, permitiendo el acceso a todos los lugares donde se está haciendo el trabajo. El inspector deberá programar su trabajo de manera de interferir en lo mínimo el trabajo del fabricante.

13.5.2. Rechazos

El material o mano de obra que no cumpla razonablemente con las disposiciones de esta Norma puede ser rechazado en cualquier momento durante el avance del trabajo. El fabricante recibirá copias de todos los reporte suministrados al propietario por el inspector.

13.5.3. Inspección de la Soldadura.

Requerimientos Generales

• Alcance

a) Inspección y Estipulaciones del Contrato. La inspección y ensayo durante la fabricación serán realizados antes del ensamblaje, durante el ensamblaje, durante la soldadura y después de la soldadura para asegurar que los materiales y la mano de obra cumplan los requisitos de los planos y especificaciones técnicas.

La inspección y los ensayos de verificación serán realizados y los resultados serán informados al propietario y al contratista de una manera oportuna para evitar retrasos en el trabajo.

La inspección y ensayos durante la fabricación y montaje son de responsabilidad del contratista, a menos que se establezca otra cosa en los documentos del contrato.

b) Requerimiento de Calificación del Inspector.

Bases para la Calificación. Los inspectores responsables de la aceptación o rechazo del material y la mano de obra empleada deberán de ser calificados. La base para la calificación del inspector deberá de ser documentada. Si el ingeniero proyectista elige especificar las bases para la calificación del inspector, estas deberán aparecer en los planos o especificaciones técnicas o documentos del contrato.

Las bases de calificación aceptables son las siguientes:

1) Inspector de soldadura certificado por el AWS.

2) Inspector de soldadura certificado por una institución autorizada para realizar este tipo de certificación.

Examen de la Vista. Los inspectores deberán pasar un examen de la vista, con o sin lentes correctores cada 3 años o menos para probar que tienen una agudeza de visión adecuada.

c) Inspección de Materiales.

El inspector deberá de asegurar que se use sólo materiales que cumplan los requisitos de esta Norma.

• Inspección de los Procedimientos de Soldadura (WPS) y de los Equipos

El inspector deberá revisar todos los procedimientos a ser usados para el trabajo y deberá asegurarse que ellos cumplan los requisitos de esta Norma.

El inspector deberá inspeccionar los equipos de soldadura a usarse en el trabajo para asegurar que cumplan los requisitos de esta Norma.

• Inspección de la Calificación del Soldador

El inspector sólo debe permitir que la soldadura sea realizada por soldadores, operadores de soldadura y soldadores provisionales que sean calificados o deberá de asegurarse que cada uno de ellos haya demostrado previamente tal calificación bajo otra supervisión aceptable.

• Inspección del Trabajo y los Registros

El inspector deberá asegurar que el tamaño, la longitud y ubicación de todas las soldaduras cumplan los requisitos establecidos en los planos y que no se haya añadido soldaduras no especificadas sin aprobación.

El inspector deberá asegurarse que se haya empleado sólo procedimientos que cumplan las provisiones de esta Norma.

El inspector debe asegurarse que los electrodos se usen sólo en la posición y con el tipo de corriente y polaridad para los cuales están clasificados.

El inspector deberá, a intervalos adecuados, observar la preparación de juntas, las practicas de ensamblaje, las técnicas de soldadura y los rendimiento de cada soldador, para asegurarse que se cumpla los requisitos de esta Norma.

El inspector deberá mantener un registro de calificaciones de todos los soldadores, así como de todas las calificaciones de los procedimientos de soldadura (WPS) u otros ensayos realizados y otras informaciones que se puedan requerir.

El inspector deberá examinar el trabajo para asegurarse que cumpla los requisitos de esta Norma. Otros criterios de aceptación, diferentes de aquellos especificados en la Norma, pueden ser usados cuando sean aprobados por el ingeniero proyectista. El tamaño y el contorno de la soldadura deberán de ser medidos con calibradores adecuados. El examen visual de grietas en soldaduras y en el metal base y otras discontinuidades deberá de ser realizado con luz potente y lunas de aumento u otros dispositivos que pueden ayudar.

d) Criterios de Aceptación

• Alcance.

La extensión del examen y los criterios de aceptación deberán de estar especificados en los planos o especificaciones técnicas o documentos de contrato.

• Inspección visual

Todas las soldaduras deberán de ser visualmente inspeccionadas y serán aceptables si satisfacen los criterios de la Tabla 13.5.3.

Cuando se requiera que la inspección visual sea realizada por inspectores de soldadura certificados, esto deberá de ser especificada en los planos ó especificaciones técnicas o documentos de contrato.

TABLA 13.5.3
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN LA INSPECCIÓN VISUAL

Categoría de Discontinuidad y Criterio de Inspección	Conexiones de Elementos No Tubulares Cargadas Estáticamente	Conexiones de elementos No Tubulares Cargadas Cíclicamente	Conexiones de Elementos Tubulares (Todas las Cargas)
1) Prohibición de Grietas La soldadura no debe tener grietas.	X	X	X
2) Fusión de la Soldadura/ Metal de Base Debe existir una completa fusión entre los diferentes cordones de soldadura y entre la soldadura y el metal base.	X	X	X
3) Sección Recta del Cráter Todas las cavidades deberán ser llenadas a la sección recta completa, excepto en los extremos de las soldaduras de filete intermitentes fuera de su longitud efectiva.	X	X	X
(4) Perfil de Soldadura Los perfiles de soldadura deberán de estar de acuerdo con 13.2.4.e	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros puede empezar inmediatamente después que la soldadura completa se haya enfriado a temperatura ambiente. Los criterios de inspección para los aceros ASTM A514, A517 estarán basadas en la inspección visual realizada a no menos de 48 horas después de finalizada la soldadura.	X	X	X
(6) Menor Tamaño de Soldadura Una soldadura de filete en cualquier soldadura continua simple, puede tener un menor tamaño, que el tamaño nominal del filete especificado por 1,6 mm sin corrección, si la porción de menor tamaño de la soldadura no excede el 10% de la longitud de la soldadura. En la soldadura de alma a ala en vigas, no se permite el menor tamaño de soldadura, en los extremos, para una longitud igual a 2 veces el ancho del ala.	X	X	X
7) Socavación **(A)** Para materiales menores que 25 mm de espesor, la socavación no excederá 1mm con la excepción que se permite un máximo de 1,6 mm para una longitud acumulada de 50 mm en cualquier tramo de 300 mm. Para materiales iguales o mayores que 25 mm de espesor, la socavación no excederá 1,6 mm para cualquier longitud de soldadura.	X		
(B) En miembros principales, la socavación no será mayor que 0,25 mm de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tracción bajo cualquier condición de carga de diseño y menor de 1 mm de profundidad para todos los otros casos.		X	X
8) Porosidad **(A)** La soldadura acanalada de penetración total en uniones a tope transversales a la dirección del esfuerzo calculado de tracción no debe tener porosidad alargada visible. Para todas las otras soldaduras acanaladas y para soldaduras de filete, la suma de la porosidad alargada visible con diámetros de 1mm y mayores no deberá exceder 10mm en cualquier tramo de 25 mm de soldadura y no deberá exceder 19mm en cualquier tramo de 300 mm de longitud de soldadura.	X		
(B) La frecuencia de la porosidad alargada en soldaduras de filete no deberá exceder una en 100mm de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder 2mm. Excepción: para soldaduras de filete conectando rigidizadores al alma, la suma de los diámetros de porosidad alargada no excederá 10mm en cualquier tramo lineal de 25mm y no excederá 19mm en cualquier tramo de 300mm de longitud de soldadura.		X	X
(C) La soldadura acanalada de penetración total en conexiones a tope transversales a la dirección del esfuerzo calculado de tracción, no deberán tener porosidad alargada. Para todas las otras soldaduras acanaladas, la frecuencia de la porosidad alargada no excederá de una en 100mm de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder 2mm .		X	X

• Ensayo de partículas magnéticas y líquidos penetrantes

Las soldaduras que están sujetas a ensayos de partículas magnéticas y líquidos penetrantes, en adición a la inspección visual, deberán ser evaluadas sobre la base de los requisitos para la inspección visual. Los ensayos serán realizados de acuerdo con la Norma ASTM E709, y los criterios de aceptación deberán estar de acuerdo con la Sección 6, parte C de la Norma ANSI/AWS D1.1, lo que sea aplicable.

• Ensayos no Destructivos

Excepto para conexiones de elementos tubulares, todos los métodos de ensayos no destructivos, incluyendo requisitos y calificaciones de equipo, calificación del personal, métodos operativos de equipo y los criterios de aceptación, deberán de estar de acuerdo con la Sección 6, Inspección de la Norma ANSI/AWS D1.1. Las Soldaduras sujetas a ensayos no destructivos deben de ser aceptables por la inspección visual de acuerdo con la Tabla 13.5.3

Los ensayos de soldaduras sujetas a ensayos no destructivos pueden empezar inmediatamente después que

la soldadura terminada se haya enfriado a temperatura ambiente.

Cuando se requiera ensayos no destructivos, el proceso, la extensión y los criterios de aceptación deberán estar claramente definidos en los planos o especificaciones técnicas o documentos de contrato.

13.5.4. Inspección de Conexiones con Pernos de Alta Resistencia de Deslizamiento Crítico.

La inspección de las conexiones empernadas de alta resistencia de deslizamiento crítico deberá cumplir los siguientes requisitos:

• Todas las conexiones deben inspeccionarse para asegurar que las distintas superficies de los elementos conectados tengan un contacto pleno.

En todas las conexiones, el inspector observará la instalación y el ajuste de los pernos para asegurar que se hagan de acuerdo con uno de los procedimientos indicados en 10.3.1.

• Si se ha especificado o se considera la verificación de la tracción aplicada a los pernos, el inspector verificará el torque aplicado a los pernos mediante una llave de torsión manual con un indicador de torque. No se aceptan relaciones torque a tracción obtenidas de tablas o fórmulas. La relación se debe determinar en un ensayo con un aparato medidor de tracciones por un Laboratorio de Ensayos de Materiales, competentes. La llave de torsión debe calibrarse diariamente con este aparato. En este caso debe inspeccionarse el 10% de los pernos pero no menos de dos, seleccionados al azar. Si se encuentra algún perno incorrectamente ajustado, se verificarán todos los pernos.

13.5.3. Identificación del Acero

El fabricante deberá de ser capaz de acreditar por medio de un certificado de calidad o por ensayos, la calidad del material que se está empleando en la fabricación de una estructura.

APÉNDICE 2
REQUISITOS DE DISEÑO

El Apéndice 2.5.1 proporciona una definición amplia de los límites de las relaciones ancho/espesor para almas en flexo-compresión. El Apéndice B5.3 se aplica al diseño de miembros que contienen elementos esbeltos en compresión.

2.5. PANDEO LOCAL

2.5.1. Clasificación de las Secciones de Acero

Para elementos con alas desiguales y con almas en flexo-compresión, λ_r para el estado límite de pandeo local del alma es:

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{F_y}}\left(1+2{,}83\left(\frac{h}{h_c}\right)\left(1-\frac{P_u}{\phi_b P_y}\right)\right) \qquad \text{(A-2.5-1)}$$

$$\frac{3}{4} \le \frac{h}{h_c} \le \frac{3}{2}$$

Para elementos con alas desiguales y con almas solicitadas solamente a flexión, λ_r para el estado límite de pandeo local del alma es:

$$\lambda_r = \frac{665}{\sqrt{F_y}}\left(1+2{,}83\left(\frac{h}{h_c}\right)\right) \qquad \text{(A-2.5-2)}$$

$$\frac{3}{4} \le \frac{h}{h_c} \le \frac{3}{2}$$

donde λ_r, h y h_c se definen en la Sección 2.5.1.

Estas substituciones se harán en el Apéndice 6 y el Capítulo 7 cuando se apliquen a elementos con alas desiguales. Si el ala en compresión es mayor que el ala en tracción, λ_r se determinará usando las Ecuaciones A-2.5-1, A-2.5-2 ó la Tabla 2.5.1.

2.5.3. Secciones con Elementos Esbeltos en Compresión.

Los miembros cargados axialmente que contienen elementos sometidos a compresión con relaciones ancho / espesor mayores que los l_r aplicables conforme a la Sección 2.5.1, se dimensionarán de acuerdo a este Apéndice. Los miembros en flexión con elementos esbeltos en compresión se diseñarán de acuerdo al Apéndice 6 y el Capítulo 7. Los miembros en flexión con relaciones no cubiertas por el Apéndice 6.1 se diseñarán de acuerdo con este Apéndice.

2.5.3a. Elementos no Rigidizados en Compresión

La resistencia de diseño de elementos no rigidizados en compresión con relaciones ancho/espesor mayores que los l_r aplicables conforme a la Sección B5.1 se diseñarán con un factor de reducción Q_s. El valor de Q_s se determinará de las Ecuaciones A-B5-3 a A-B5-10 como sea aplicable. Cuando tales elementos comprenden el ala en compresión de elementos en flexión, el máximo esfuerzo de flexión requerido no excederá $\phi_b F_y Q_s$, con $\phi_b = 0{,}90$. La resistencia de diseño de elementos en compresión axial se modificará por el factor de reducción Q apropiado, conforme el Apéndice 2.5.3c.

(a) Para ángulos simples:

cuando $\frac{200}{\sqrt{F_y}} < b/t < \frac{407}{\sqrt{F_y}}$

$$Q_s = 1{,}34 - 0{,}0017\frac{b}{t}\sqrt{F_y} \qquad \text{(A-2.5-3)}$$

cuando $b/t \ge \frac{407}{\sqrt{F_y}}$

$$Q_s = \frac{107000}{F_y\left(\frac{b}{t}\right)^2} \qquad \text{(A-2.5-4)}$$

(b) Para alas, ángulos y planchas que se proyectan de vigas laminadas o columnas u otros elementos en compresión:

cuando $\frac{250}{\sqrt{F_y}} < b/t < \frac{464}{\sqrt{F_y}}$

$$Q_s = 1{,}415 - 0{,}00166\frac{b}{t}\sqrt{F_y} \qquad \text{(A-2.5-5)}$$

cuando $b/t \ge \frac{464}{\sqrt{F_y}}$

$$Q_s = \frac{138000}{F_y\left(\frac{b}{t}\right)^2} \qquad \text{(A-2.5-6)}$$

(c) Para alas, ángulos y planchas que se proyectan de columnas armadas u otros elementos en compresión:

cuando $\frac{287}{\sqrt{\frac{F_y}{k_c}}} < b/t < \frac{526}{\sqrt{\frac{F_y}{k_c}}}$

$$Q_s = 1{,}415 - 0{,}00145\frac{b}{t}\sqrt{\frac{F_y}{k_c}} \qquad \text{(A-2.5-7)}$$

cuando $b/t \ge \frac{526}{\sqrt{\frac{F_y}{k_c}}}$

$$Q_s = 180000\frac{k_c}{F_y\left(\frac{b}{t}\right)^2} \qquad \text{(A-2.5-8)}$$

El coeficiente k_c se calculará como sigue:

(a) Para perfiles I:

$$k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} \qquad 0{,}35 \le k_c \le 0{,}763$$

donde

h = altura del alma
t_w = espesor del alma

(b) Para otras secciones

k_c = 0,763

(c) Para almas de perfiles T:

cuando $\frac{335}{\sqrt{F_y}} < b/t < \frac{464}{\sqrt{F_y}}$

$$Q_s = 1{,}908 - 0{,}00272\frac{b}{t}\sqrt{F_y} \qquad \text{(A-2.5-9)}$$

cuando $b/t \geq \frac{464}{\sqrt{F_y}}$

$$Q_s = \frac{138000}{F_y\left(\frac{b}{t}\right)^2} \qquad \text{(A-2.5-10)}$$

donde

b = ancho del elemento en compresión no rigidizado como se define en la Sección 2.5.1.
t = espesor del elemento no rigidizado.
F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado, MPa.

2.5.3b. Elementos Rigidizados en Compresión

Cuando la relación ancho/espesor de un componente rigidizado uniformemente comprimido (excepto platabandas perforadas) es mayor que el límite λ_r estipulado en la Sección 2.5.1, se usará un ancho reducido efectivo b_e para el cálculo de las propiedades de diseño de la sección que contiene el elemento.

(a) Para alas de secciones cuadradas y rectangulares de espesor uniforme:

cuando $\frac{b}{t} \geq \frac{625}{\sqrt{f}}$

$$b_e = \frac{856t}{\sqrt{f}}\left(1 - \frac{170}{(b/t)\sqrt{f}}\right) \qquad \text{(A-2.5-11)}$$

de otro modo $b_e = b$

(b) Para otros elementos uniformemente comprimidos:

cuando $\frac{b}{t} \geq \frac{665}{\sqrt{f}}$

$$b_e = \frac{856t}{\sqrt{f}}\left(1 - \frac{150}{(b/t)\sqrt{f}}\right) \qquad \text{(A-2.5-12)}$$

de otro modo $b_e = b$

donde

b = ancho del elemento rigidizado en compresión, como se define en la Sección 2.5.1.
b_e = ancho reducido efectivo.
t = espesor del elemento.
f = esfuerzo elástico de compresión calculado en el elemento rigidizado, basado en las propiedades de diseño como se especifica en el Apéndice 2.5.3c, MPa.

Si los elementos no rigidizados están incluidos en la sección total, f para el elemento rigidizado debe ser tal que el máximo esfuerzo de compresión en el elemento no rigidizado no sea mayor que $\phi_c F_{cr}$ como se define en el Apéndice 2.5.3c con $Q = Q_s$ y $\phi_c = 0{,}85$, ó $\phi_b F_y Q_s$ con $\phi_b = 0{,}90$, como sea aplicable.

(c) Para secciones circulares cargadas axialmente con relaciones diámetro a espesor D/t mayores que $22800/F_y$ pero menores que $90000/F_y$

$$Q = Q_a = \frac{7600}{F_y(D/t)} + \frac{2}{3} \qquad \text{(A-2.5-13)}$$

donde

D = diámetro exterior.
t = espesor de la pared.

2.5.3c. Propiedades de Diseño

Las propiedades de las secciones se determinarán usando la sección transversal total, excepto en los casos siguientes:

En el cálculo del momento de inercia y módulo elástico de la sección de elementos en flexión, el ancho efectivo de los elementos rigidizados uniformemente comprimidos b_e, tal como se determinó en el Apéndice 2.5.3b será usado en la determinación de las propiedades de la sección transversal efectiva.

Para los elementos no rigidizados de la sección transversal, Q_s se determina del Apéndice 2.5.3a. Para los elementos rigidizados de la sección transversal.

$$Q_a = \frac{\text{área efectiva}}{\text{área real}} \qquad \text{(A-2.5-14)}$$

donde el área efectiva es igual a la suma de las áreas efectivas de la sección transversal.

2.5.3d. Resistencia de Diseño

Para miembros cargados axialmente en compresión el área bruta de la sección transversal y el radio de giro r *se calcularán sobre la base de la sección transversal real.*
El esfuerzo crítico F_{cr} se determinará como sigue:

(a) Para $\lambda_c\sqrt{Q} \leq 1{,}5$

$$F_{cr} = Q\left(0{,}658^{Q\lambda_c^2}\right)F_y \qquad \text{(A-2.5-15)}$$

Q
Q

(b) Para $\lambda_c\sqrt{Q} > 1{,}5$

$$F_{cr} = \left[\frac{0{,}877}{\lambda_c^2}\right]F_y \qquad \text{(A-2.5-16)}$$

donde

$$Q = Q_s Q_a \qquad \text{(A-2.5-17)}$$

Para secciones transversales solamente con componentes no rigidizados, $Q = Q_s, (Q_a = 1{,}0)$.

Para secciones transversales solamente con componentes rigidizados, $Q = Q_a, (Q_s = 1{,}0)$.

Secciones transversales con componentes rigidizados y no rigidizados, $Q = Q_s Q_a$.

APÉNDICE 5
COLUMNAS Y OTROS ELEMENTOS EN COMPRESIÓN

Este Apéndice se aplica a la resistencia de columnas doblemente simétricas con elementos de plancha delgada, columnas con simetría simple y columnas asimétricas para los estados limites de pandeo torsional y flexo-torsional.

5.3. RESISTENCIA DE DISEÑO EN COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXO-TORSIONAL

La resistencia de elementos en compresión determinada por los estados límites de pandeo torsional y flexo-torsional es $\phi_c P_n$, donde

ϕ_c = 0,85

P_n = resistencia nominal en compresión.

$$= A_g F_{cr} \qquad \text{(A-5.3-1)}$$

A_g = área total de la sección transversal.

El esfuerzo critico nominal F_{cr} se calculará como sigue:

(a) Para $\lambda_e\sqrt{Q} \leq 1{,}5$

$$F_{cr} = Q\left(0{,}658^{Q\lambda_e^2}\right)F_y \qquad \text{(A-5.3-2)}$$

(b) Para $\lambda_e\sqrt{Q} > 1{,}5$

$$F_{cr} = \left[\frac{0{,}877}{\lambda_e^2}\right] F_y \qquad \text{(A-5.3-3)}$$

donde

$$\lambda_e = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \qquad \text{(A-5.3-4)}$$

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado en el acero

Q = 1,0 para elemento que cumplen las relaciones ancho/espesor l_r de la Sección 2.5.1

= $Q_s Q_a$ para elementos que no cumplan la relación ancho/espesor λ_r de la Sección 2.5.1 y determinado de acuerdo con lo indicado en el Apéndice 2.5.3.

El esfuerzo critico de pandeo elástico torsional o flexo-torsional F_e, se calcula como sigue:

(a) Para secciones doblemente simétricas:

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z l)^2} + GJ\right] \frac{1}{I_x + I_y} \qquad \text{(A-5.3-5)}$$

(b) Para secciones con simetría simple donde *y es el eje de simetría:*

$$F_e = \frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}}\right] \qquad \text{(A-5.3-6)}$$

(c) Para secciones asimétricas el esfuerzo critico del pandeo flexo-torsional F_e es la raíz de menor valor de la ecuación cúbica

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2 (F_e - F_{ey})\left(\frac{x_o}{\bar{r}_o}\right)^2 -$$

$$F_e^2 (F_e - F_{ex})\left(\frac{y_o}{\bar{r}_o}\right)^2 = 0 \qquad \text{(A-.5.3-7)}$$

donde

K_z = factor de longitud efectiva para pandeo torsional.
E = módulo de elasticidad.
G = módulo de corte.
C_w = constante de alabeo.
J = constante torsional.
I_x, I_y = momentos inercia respecto a los ejes principales.
x_o, y_o = coordenadas del centro de corte respecto al centroide.

$$\bar{r}_o^{\,2} = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A} \qquad \text{(A-5.3-8)}$$

$$H = 1 - \left(\frac{x_o^2 + y_o^2}{\bar{r}_o^{\,2}}\right) \qquad \text{(A-5.3-9)}$$

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{(K_x l / r_x)^2} \qquad \text{(A-5.3-10)}$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{(K_y l / r_y)^2} \qquad \text{(A-5.3-11)}$$

$$F_{ez} = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z l)^2} + GJ\right)\frac{1}{A\bar{r}_o^{\,2}} \qquad \text{(A-5.3-12)}$$

donde

A = área de la sección transversal del elemento.
l = longitud no arriostrada.
K_x, K_y = factores de longitud efectiva en las direcciones x e y.
r_x, r_y = radios de giros respecto a los ejes principales.
$\bar{r}_o$ = radio polar de giro respecto al centro de corte.

APÉNDICE 6
VIGAS Y OTROS ELEMENTOS EN FLEXIÓN

El Apéndice 6.1 proporciona la resistencia de diseño en flexión de vigas. El Apéndice 6.2, la resistencia de diseño al corte de almas de vigas con y sin rigidizadores y los requisitos para los rigidizadores transversales. El Apéndice 6.3 se aplica a los elementos con almas de peralte variable.

6.1. DISEÑO POR FLEXIÓN

La resistencia de diseño de elementos en flexión es $\phi_b M_n$ donde ϕ_b=0,90 y M_n es la resistencia nominal.

La Tabla A-6.1.1 proporciona un sumario tabulado de las Ecuaciones 6.1-1 a 6.1-15 para determinar la resistencia nominal a la flexión de vigas. Para los parámetros de esbeltez de la sección transversal no incluidos en la Tabla A-6.1.1, véase el Apéndice 2.5.3. Para elementos en flexión con alas desiguales véase el Apéndice 2.5.1 para la determinación de λ_r según el estado límite de pandeo local del alma.

La resistencia nominal a la flexión M_n es el valor menor obtenido de acuerdo a los estados límites de fluencia: pandeo lateral-torsional (PLT); pandeo local del ala (PLP); y pandeo local del alma (PLA).

La resistencia nominal a la flexión M_n se determinará como sigue para cada estado límite:

(a) Para $\lambda \le \lambda_p$:

$M_n = M_p$ (A-6.1-1)

(b) Para $\lambda_p < \lambda \le \lambda_r$:

Para el estado límite de pandeo lateral-torsional:

$$M_n = C_b\left[M_p - (M_p - M_r)\frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)}\right] \le M_p \qquad \text{(A-6.1-2)}$$

Para el estado límite de pandeo local del alma y ala:

$$M_n = M_p - (M_p - M_r)\frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)} \qquad \text{(A-6.1-3)}$$

(c) para $\lambda > \lambda_r$:

Para el estado límite de pandeo lateral-torsional y pandeo local del ala:

$$M_n = M_{cr} = SF_{cr} \le M_p \qquad \text{(A-6.1-4)}$$

Para el diseño de vigas con almas esbeltas, no se aplica el estado límite de pandeo local del alma. (Véase la Sección G2).

Para λ del ala mayor que λ_r en perfiles no incluidos en la Tabla A-6.1.1, ver el Apéndice 2.5.3.

Para λ del alma mayor que λ_r, véase el Capítulo 7.

Los términos usados en las ecuaciones anteriores son:

M_n = resistencia nominal a la flexión.
M_p = $F_y Z$, momento plástico ≤ 1,5 $F_y S$.
M_{cr} = momento de pandeo.
M_r = momento de pandeo límite (igual a M_{cr} cuando $\lambda = \lambda_r$).
λ = parámetro de esbeltez.
= relación de esbeltez con respecto al eje menor L_b / r_y para el pandeo lateral- torsional.
= relación ancho/espesor del ala b/t para el pandeo local del ala tal como se define en la Sección 2.5.1.
= relación peralte/espesor del alma h/t_w para el pandeo local del alma tal como se define en la Sección 2.5.1.
λ_P = el mayor valor de λ para el cual $M_n = M_p$.
λ_r = el mayor valor de λ para el cual el pandeo es *InelÆstico.*
F_{cr} = esfuerzo crítico.
C_b = coeficiente de flexión dependiente del gradiente de momentos flectores, véase la Ecuación 6.1-3.
S = módulo de sección.
L_b = longitud no arriostrada lateralmente.
r_y = radio de giro respecto al eje menor.

Las ecuaciones y estados límites aplicables para, $M_p, M_r, F_{cr}, \lambda, \lambda_p$ y λ_r están dados en la Tabla A-6.1.1 para los perfiles considerados en este Apéndice. Los términos usados en esta Tabla son:

A = área de la sección transversal.
F_L = el menor de $(F_{yf} - F_r)$ o F_{yw}.

F_r = esfuerzo residual de compresión en el ala.
= 70 MPa para perfiles laminados.
= 115 MPa para perfiles soldados.
F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado.
F_{yf} = esfuerzo de fluencia del ala.
F_{yw} = esfuerzo de fluencia del alma.
I_{yc} = momento de inercia del ala en compresión con respecto al eje y o si hay doble curvatura por flexión, el momento de inercia del ala más pequeña
J = constante de torsión.
R_e = véase la Sección 7.2.
S_{eff} = módulo de sección efectivo con respecto al eje mayor.
S_{xc} = módulo de sección de la fibra extrema del ala en compresión.
S_{xt} = módulo de sección de la fibra extrema del ala en tracción.
Z = módulo plástico de la sección.
b = ancho del ala.
d = peralte total.
f = esfuerzo de compresión calculado en el elemento rigidizado.
h = altura libre entre alas para perfiles soldados y la distancia libre entre alas menos el radio en la esquina para perfiles laminados.
r_{yc} = radio de giro del ala en compresión respecto al eje y o si hay doble curvatura por flexión, radio de giro del ala más pequeña.
t_f = espesor del ala.
t_w = espesor del alma.

TABLA A-6.1.1

PARÁMETROS DE RESISTENCIA NOMINAL

Perfil	Momento Plástico M_p	Estado límite de pandeo	Momento límite de pandeo M_r
Canales y vigas de sección I de simetría simple y doble (incluyendo vigas híbridas) que flexionen alrededor de eje mayor [a]	F_yZ_x [b]	PLT en elementos de doble simetría y canales	F_LS_x
		PLT en elementos de simetría simple	$F_LS_{xc} \le F_{yf}S_{xt}$
		PLP	F_LS_x
		PLA	$R_eF_{yf}S_x$
Canales y elementos de sección I de simetría simple y doble que flexionen alrededor del eje menor [a]	F_yZ_y	PLP	F_yS_y

Nota: El pandeo lateral torsional (PLT) se aplica solamente para flexión alrededor del eje mayor
[a] Se excluyen los ángulos dobles y las tees
[b] Calculado en base a una distribución plástica total de esfuerzos para secciones híbridas

[c] $X_1 = \frac{\pi}{S_x}\sqrt{\frac{EGJA}{2}}$, $X_2 = 4\frac{C_w}{I_y}\left(\frac{S_x}{GJ}\right)^2$

[d] $\lambda_r = \frac{X_1}{F_L}\sqrt{1+\sqrt{1+X_2F_L^2}}$

[e] $F_{cr} = \frac{M_{cr}}{S_{xc}}$, donde

$M_{cr}\,(\text{MPa}) = \frac{400\,000C_b}{L_b}\sqrt{I_yJ}\left[B_1+\sqrt{\left(1+B_2+B_1^2\right)}\right] \le M_p$

donde

$B_1 = 2{,}25\left[2\left(I_{yc}/I_y\right)-1\right]\left(h/L_b\right)\sqrt{\left(I_y/J\right)}$

$B_2 = 25\left(1-I_{yc}/I_y\right)\left(I_{yc}/J\right)\left(h/L_b\right)^2$ $C_b = 1{,}0$ si $I_{yc}/I_y < 0{,}1$ ó $I_{yc}/I_y > 0{,}9$

Nota:

PLP = Pandeo local del ala
PLA = Pandeo local del alma

TABLA A-6.1.1 (Continuación)

Esfuerzo crítico F_{cr}	Parámetros de esbeltez			Limitaciones
	λ	λ_p	λ_r	
$\frac{C_b X_1 \sqrt{2}}{l}\sqrt{1+\frac{X_1^2 X_2}{2l^2}}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{790}{\sqrt{F_{yf}}}$	[c,d]	Aplicable para elementos de sección I si $h/t_w \le \lambda_r$ Cuando $h/t_w > \lambda_r$ ver Capítulo 7
[e]	$\frac{L_b}{r_{yc}}$	$\frac{790}{\sqrt{F_{yf}}}$	Valor de l para el cual $M_{cr}(C_b = 1) = M_r$	
[f]	$\frac{b}{t}$	$\frac{170}{\sqrt{F_{yf}}}$	[g]	
No aplicable	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{1680}{\sqrt{F_{yf}}}$	λ_r como ha sido definido en la Sección B5.1	
Lo mismo para el eje mayor				

[f] $F_{cr} = \frac{140\,000}{\lambda^2}$ para perfiles laminados

$F_{cr} = \frac{180\,000 k_c}{\lambda^2}$ para perfiles soldados

donde

$k_c = 4/\sqrt{h/t_w}$ y $0{,}35 \le k_c \le 0{,}763$

[g] $\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{F_L}}$ para perfiles laminados

$\lambda_r = \frac{425}{\sqrt{(F_L/k_c)}}$ para perfiles soldados

TABLA A-6.1.1 (Continuación)

Perfil	Momento Plástico M_p	Estado límite de pandeo	Momento límite de pandeo M_r
Perfiles simétricos sólidos, excepto barras rectangulares, que flexionen alrededordel eje mayor	$F_y Z_x$	No aplicable	
Barras sólidas rectangulares queflexionen alrededor del eje mayor	$F_y Z_x$	PLT	$F_y S_x$
Secciones cajón simétricas cargadasen un plano de simetría	$F_y Z$	PLT	$F_{yf} S_{eff}$
		PLP	$F_L S_{eff}$
		PLA	Igual como para perfiles I
Tubos circulares	$F_y Z$	PLT	No aplicable
		PLP	$M_n(\text{MPa}) = \left(\frac{4200}{D/t} + F_y\right) S$ [h]
		PLA	No aplicable
[h] Esta ecuación es para usarla en lugar de la Ecuación A-6.1-4			

TABLA A-6.1.1 (Continuación)

Esfuerzo crítico F_{cr}	Parámetros de esbeltez			Limitaciones
	λ	λ_p	λ_r	
No aplicable				
$\frac{400\,000 C_b \sqrt{JA}}{\lambda S_x}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{26\,000\sqrt{JA}}{M_p}$	$\frac{400\,000\sqrt{JA}}{M_r}$	
$\frac{400\,000 C_b \sqrt{JA}}{\lambda S_x}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{26\,000\sqrt{JA}}{M_p}$	$\frac{400\,000\sqrt{JA}}{M_r}$	Aplicable si $h/t_w \le \frac{2550}{\sqrt{F_{yf}}}$
$\frac{S_{eff}}{S_x} F_y$ [i]	$\frac{b}{t}$	$\frac{500}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{625}{\sqrt{F_y}}$	
Igual como para perfiles “I”				
No aplicable				
$\frac{66\,000}{D/t}$	$\frac{D}{t}$	$\frac{14\,200}{F_y}$	$\frac{62\,000}{F_y}$	$D/t < \frac{90\,000}{F_y}$
No aplicable				
[i] S_{eff} es el módulo de sección efectiva para la sección con un ala en compresión b_e definida en el Apéndice 2.5.3b				

6.2. DISEÑO POR CORTE

6.2.2. Resistencia de Diseño al Corte

La resistencia de diseño al corte de almas rigidizadas o no rigidizadas es $\phi_v V_n$,

donde

$\phi_v = 0{,}90$

V_n = resistencia nominal al corte definida como sigue:

Para $\frac{h}{t_w} \le 491\sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}}$

$$V_n = 0{,}60 F_{yw} A_w \qquad \text{(A-6.2-1)}$$

Para $491\sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}} < \frac{h}{t_w} \le 615\sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}}$

$$V_n = 0{,}6 F_{yw} A_w \frac{\left(491\sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}}\right)}{\frac{h}{t_w}} \qquad \text{(A-6.2-2)}$$

Para $\frac{h}{t_w} > 615\sqrt{\frac{k_v}{F_{yw}}}$

$$V_n = A_w \frac{(182000 k_v)}{(h/t_w)^2} \qquad \text{(A-6.2-3)}$$

donde

$k_v = 5 + 5/(a/h)^2$

$= 5$ cuando $a/h > 3$ o $a/h > [260/(h/t_w)]^2$

a = distancia libre entre rigidizadores transversales.

h = para perfiles laminados, la distancia libre entre alas menos el radio de esquina o filete.

= para secciones de planchas soldadas, la distancia libre entre alas.

= para secciones de planchas empernadas, la distancia entre líneas de pernos.

6.2.3. Rigidizadores Transversales

No se requieren rigidizadores transversales en vigas fabricadas de planchas donde $h/t_w \le 1100/\sqrt{F_{yw}}$ o cuando el cortante último V_u, calculado de un análisis estructural con cargas factorizadas es menor o igual a $0{,}6 f_v A_w F_{yw} C_v$, donde C_v se determina con $k_v = 5$ y $f_v = 0{,}90$.

Los rigidizadores transversales usados para desarrollar la resistencia de diseño al corte en el alma, como se dispone en el Apéndice 6.2.2 tendrán un momento de inercia con respecto al plano medio del alma para pares de rigidizadores o con respecto a la cara de contacto con el alma para rigidizadores a un solo lado del alma, mayor o igual $at_w^3 j$, donde

$$j = 2{,}5/(a/h)^2 - 2 \ge 0{,}5 \qquad \text{(A-6.2-4)}$$

Se permite que los rigidizadores intermedios no lleguen hasta el ala en tracción, salvo que se necesiten para transmitir una carga concentrada ó reacción. La soldadura de unión de los rigidizadores con el alma se terminará a no menos de cuatro veces ni más de seis veces el espesor del alma desde el pie del filete más cercano de la soldadura alma-ala. Cuando se usan rigidizadores a un solo lado del alma, estos se conectaran al ala en compresión, si consiste de una plancha rectangular, para resistir cualquier tendencia a su levantamiento por efecto de torsión en el ala. Cuando se conecta el arriostramiento lateral al rigidizador ó a un par de rigidizadores, estos a su vez se conectarán al ala en compresión para transmitir el 1% del esfuerzo total del ala, a menos que el ala este compuesta solamente de ángulos.

Cuando se usen pernos para conectar rigidizadores al alma, su espaciamiento no será mayor de 300 mm entre centros. Si se usan filetes intermitentes de soldadura la distancia libre entre filetes no será mayor que 16 veces el espesor del alma ni más de 250 mm.

6.3. ELEMENTOS CON ALMAS DE PERALTE VARIABLE

El diseño de elementos de peralte variable que cumplan con los requisitos de esta Sección se regirán por las provisiones de los Capítulos 4 a 8, excepto las modificaciones de este Apéndice.

6.3.1. Requisitos Generales

Para que el elemento de peralte variable califique bajo esta especificación, deberá cumplir los siguientes requerimientos:

(1) Tendrá al menos un eje de simetría perpendicular al plano de flexión si hay momentos presentes.

(2) Las alas serán iguales y de área constante.

(3) El peralte variará linealmente de acuerdo a

$$d = d_o\left(1 + \gamma \frac{z}{L}\right) \qquad \text{(A-6.3-1)}$$

donde

d_o = peralte del extremo menor del elemento.

d_L = peralte del extremo mayor del elemento.

$\gamma = (d_L - d_0)/d_o \le$ al menor valor de $0{,}268(L/d_o)$ ó $6{,}0$.

Z = distancia desde el extremo menor del elemento.

L = longitud no arriostrada del elemento medida entre centros de gravedad de los elementos de arriostre.

6.3.2. Resistencia de Diseño en Tracción

La resistencia de diseño en tracción de elementos de peralte variable en tracción se determinará de acuerdo con la Sección 4.1.

6.3.3. Resistencia de Diseño en Compresión

La resistencia de diseño en compresión de elementos de peralte variable en compresión se determinará de acuerdo con la Sección 5.2, usando un parámetro de esbeltez efectiva λ_{eff} calculado como sigue:

$$\lambda_{eff} = \frac{S}{p}\sqrt{\frac{QF_y}{E}} \qquad \text{(A-6.3-2)}$$

donde

$S = KL/r_{oy}$ para pandeo con respecto al eje menor y $K_\gamma L/r_{ox}$ para pandeo con respecto al eje mayor.

K = factor de longitud efectiva para elementos prismáticos.

K_γ = factor de longitud efectiva para elementos de peralte variable a determinar con un análisis racional.

r_{ox} = radio de giro con respecto al eje mayor de la sección en el extremo menor del elemento.

r_{oy} = radio de giro con respecto al eje menor de la sección en el extremo menor del elemento.

F_y = esfuerzo de fluencia mínimo especificado.

Q = factor de reducción.

= 1,0 si todos los elementos cumplen con las relaciones límite ancho/espesor, λ_r de la Sección 2.5.1.

= $Q_s Q_a$ determinado de acuerdo con el Apéndice 2.5.3, si algún elemento rigidizado y/o no rigidizado excede las relaciones λ_r de la Sección 2.5.1

E = módulo de elasticidad del acero.

Se usará el área menor del elemento de peralte variable como A_g en la Ecuación 5.2-1

6.3.4. Resistencia de Diseño en Flexión

La resistencia de diseño en flexión de elementos de peralte variable para el estado límite de pandeo lateral torsional es $\phi_b M_n$, donde $\phi_b = 0{,}90$ y la resistencia nominal es

$$M_n = (5/3)\, S_x' F_{bg} \qquad \text{(A-6.3-3)}$$

donde

S_x' = módulo de sección de la sección critica en la longitud de viga no arriostrada bajo consideración.

$$F_{b\gamma} = \frac{2}{3}\left[1{,}0 - \frac{F_y}{6B\sqrt{F_{s\gamma}^2 + F_{w\gamma}^2}}\right]F_y \le 0{,}60 Fy \qquad \text{(A-6.3-4)}$$

a menos que $F_{bg} \le F_y/3$ en cuyo caso

$$F_{b\gamma} = B\sqrt{F_{sg}^2 + F_{wg}^2} \quad \text{(A-6.3-5)}$$

En las ecuaciones anteriores

$$F_{s\gamma} = \frac{0{,}41E}{h_s L d_o / A_f} \quad \text{(A-6.3-6)}$$

$$F_{w\gamma} = \frac{5{,}9E}{(h_w L / r_{To})^2} \quad \text{(A-6.3-7)}$$

donde

h_s = factor igual a $1{,}0 + 0{,}0230\gamma\sqrt{Ld_o/A_f}$.
h_w = factor igual a $1{,}0 + 0{,}00385\gamma\sqrt{L/r_{To}}$.
r_{To} = radio de giro de una sección en el extremo menor, considerando solamente el ala en compresión mas un tercio del área del alma en compresión, tomado con respecto a un eje en el plano del alma.
A_f = área del ala en compresión.

y donde B se determina como sigue:

(a) Cuando el máximo momento M_2 en tres segmentos adyacentes de aproximadamente igual longitud no arriostrada esta ubicado dentro del segmento central y M_1 es el momento mayor en un extremo de los tres segmentos del elemento:

$$B = 1{,}0 + 0{,}37\left(1{,}0 + \frac{M_1}{M_2}\right) + 0{,}50\gamma\left(1{,}0 + \frac{M_1}{M_2}\right) \geq 1{,}0 \quad \text{(A-6.3-8)}$$

b) Cuando el mayor de los esfuerzos calculados de flexión f_{b2} ocurre en el extremo mayor de dos segmentos adyacentes de aproximadamente igual longitud no arriostrada y f_{b1} es el esfuerzo calculado de flexión en el extremo menor de los dos segmentos del elemento:

$$B = 1{,}0 + 0{,}58\left(1{,}0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}}\right) - 0{,}70\gamma\left(1{,}0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}}\right) \geq 1{,}0 \quad \text{(A-6.3-9)}$$

(c) Cuando el mayor esfuerzo calculado de flexión f_{b2} ocurre en el extremo menor de dos segmentos adyacentes de aproximadamente igual longitud no arriostrada y f_{b1} es el esfuerzo calculado de flexión en el extremo mayor de los dos segmentos del elemento:

$$B = 1{,}0 + 0{,}55\left(1{,}0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}}\right) + 2{,}20\gamma\left(1{,}0 + \frac{f_{b1}}{f_{b2}}\right) \geq 1{,}0 \quad \text{(A-6.3-10)}$$

En lo anterior, $\gamma = (d_L - d_0)/d_0$ se calcula para la longitud no arriostrada que contiene el máximo esfuerzo calculado de flexión. M_1/M_2 se considera como negativo cuando produce curvatura simple. En el caso raro donde M_1/M_2 es positivo, se recomienda que sea tomado como cero. El valor de f_{b1}/f_{b2} se considera como negativo cuando produce curvatura simple. Si ocurre un punto de contraflexión en uno de dos segmentos adyacentes no arriostrados, f_{b1}/f_{b2} se considera como positivo. La relación f_{b1}/f_{b2} es diferente de cero.

(d) Cuando el esfuerzo calculado de flexión en el extremo menor de un elemento de peralte variable o segmento de éste es igual a cero:

$$B = \frac{1{,}75}{1{,}0 + 0{,}25\sqrt{\gamma}} \quad \text{(A-6.3-11)}$$

donde $\gamma = (d_L - d_0)/d_0$ se calcula desde la longitud adyacente no arriostrada al punto de esfuerzo de flexión cero.

6.3.5. Resistencia de Diseño al Corte

La resistencia de diseño al corte de elementos de peralte variable en flexión será determinada de acuerdo con la Sección 6.2.

6.3.6. Flexión y Fuerza Axial Combinada

Para elementos de peralte variable con una sola alma sujeta a compresión y flexión con respecto al eje mayor, se aplica la Ecuación 8.1-1, con las siguientes modificaciones: P_n y P_{ex} se determinaran para las propiedades del extremo menor, usando los factores de longitud efectiva apropiados. M_{nx}, M_u y M_{px} se determinaran para el extremo mayor, $M_{nx} = (5/3)S_x' F_{bg}$, donde S_x' es el módulo elástico del extremo mayor, y $F_{b\gamma}$ es el esfuerzo de diseño a la flexión de elementos de peralte variable. C_{mx} se reemplaza por C_m' determinado como sigue:

(a) Cuando el elemento está sometido a momentos en sus extremos que causan curvatura simple a la flexión y aproximadamente momentos calculados iguales en sus extremos:

$$C_m' = 1{,}0 + 0{,}1\left(\frac{P_u}{\phi_b P_{ex}}\right) + 0{,}3\left(\frac{P_u}{\phi_b P_{ex}}\right)^2 \quad \text{(A-6.3-12)}$$

(b) Cuando el momento calculado de flexión en el extremo menor de la longitud no arriostrada es igual a cero:

$$C_m' = 1{,}0 - 0{,}9\left(\frac{P_u}{\phi_b P_{ex}}\right) + 0{,}6\left(\frac{P_u}{\phi_b P_{ex}}\right)^2 \quad \text{(A-6.3-13)}$$

Cuando el parámetro de esbeltez efectiva $\lambda_{eff} \geq 1{,}5$ y los esfuerzos combinados se verifican incrementalmente a lo largo de la longitud, se permite usar el área y el módulo de sección existente, en la sección bajo investigación.

APÉNDICE 10
CONEXIONES, JUNTAS Y CONECTORES

El Apéndice 10.2.4 da un procedimiento alternativo de resistencia de diseño para soldaduras de filete.

10.2. SOLDADURAS

10.2.4. Resistencia de Diseño

En lugar de la resistencia de diseño constante para soldaduras de filete dada en la Tabla 10.2.5, se permite el siguiente procedimiento.

(a) La resistencia de diseño de un grupo lineal de soldadura cargado en su plano a través del centro de gravedad es $\phi F_w A_w$:

$$F_w = 0{,}60F_{EXX}\left(1{,}0 + 0{,}50\,\mathrm{sen}^{1{,}5}\,\theta\right)$$

donde

ϕ = 0,75 .
F_w = esfuerzo nominal.
F_{EXX} = la resistencia mínima especificada del electrodo.
θ = ángulo de la carga medido a partir del eje longitudinal de la soldadura, en grados.
A_w = área efectiva de la garganta de la soldadura.

(b) La resistencia de diseño de elementos de soldadura dentro de un grupo de soldadura que es cargado en su plano y analizado empleando un método de centro instantáneo de rotación para mantener la compatibilidad de deformación y el comportamiento carga deformación no lineal de soldaduras cargadas con ángulos variables es $\phi F_{wx} A_w$ y $\phi F_{wy} A_w$:

donde

F_{wx} = å F_{wix}
F_{wy} = å F_{wiy}
F_{wi} = $0{,}60F_{EXX}\left(1{,}0 + 0{,}50\,\mathrm{sen}^{1{,}5}\,\theta\right) f(p)$
$f(p)$ = $[p(1{,}9 - 0{,}9p)]^{0{,}3}$
ϕ = 0,75
F_{wi} = esfuerzo nominal en el elemento i de la soldadura.
F_{wix} = componente x del esfuerzo F_{wi} .
F_{wiy} = componente y del esfuerzo F_{wi} .
p = Δ_i / Δ_m, relación de la deformación del elemento i a su deformación en esfuerzo máximo.
Δ_m = $(0{,}209D)(\theta + 2)^{-0{,}32}$, deformación del elemento de soldadura en esfuerzo máximo.
Δ_i = deformación del elemento de soldadura en niveles de esfuerzo intermedio, linealmente proporcional a la deformación crítica basada en la distancia del centro instantáneo de rotación, r_i .
= $r_i \Delta_u / r_{crit}$.
Δ_u = $(1{,}087D)(\theta + 6)^{-0{,}65} \leq 0{,}17D$, deformación del elemento de soldadura en esfuerzo último (fractura), usualmente en el elemento más alejado del centro instantáneo de rotación.
D = espesor del filete de soldadura.
r_{crit} = distancia del centro instantáneo de rotación al elemento de soldadura con la relación Δ_u / r_i mínima.

III.3. INSTALACIONES SANITARIAS

NORMA IS.010

INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICACIONES

1. GENERALIDADES

1.1. ALCANCE

Esta Norma contiene los requisitos mínimos para el diseño de las instalaciones sanitarias para edificaciones en general. Para los casos no contemplados en la presente Norma, el ingeniero sanitario, fijará los requisitos necesarios para el proyecto específico, incluyendo en la memoria descriptiva la justificación y fundamentación correspondiente.

1.2. CONDICIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICACIONES

a) Para efectos de la presente norma, la instalación sanitaria comprende las instalaciones de agua, agua contra incendio, aguas residuales y ventilación.

b) El diseño de las instalaciones sanitarias debe ser elaborado y autorizado por un ingeniero sanitario colegiado.

c) El diseño de las instalaciones sanitarias debe ser elaborado en coordinación con el proyectista de arquitectura, para que se considere oportunamente las condiciones mas adecuadas de ubicación de los servicios sanitarios, ductos y todos aquellos elementos que determinen el recorrido de las tuberías así como el dimensionamiento y ubicación de tanque de almacenamiento de agua entre otros; y con el responsable del diseño de estructuras, de tal manera que no comprometan sus elementos estructurales, en su montaje y durante su vida útil; y con el responsable de las instalaciones electromecánicas para evitar interferencia.

1.3. DOCUMENTOS DE TRABAJO

Todo proyecto de instalaciones sanitarias para una edificación, deberá llevar la firma del Ingeniero Sanitario Colegiado.

La documentación del proyecto que deberá presentar para su aprobación constará de:

a) Memoria descriptiva que incluirá:

- Ubicación.
- Solución adoptada para la fuente de abastecimiento de agua y evacuación de desagüe y descripción de cada uno de los sistemas.

b) Planos de:

- Sistema de abastecimiento de agua potable: instalaciones interiores, instalaciones exteriores y detalles a escalas convenientes y esquemas isométricos cuando sea necesario.
- Sistema de desagües; instalaciones interiores, instalaciones exteriores y detalles a escalas convenientes y esquemas isométricos, cuando sea necesario.
- Sistema de agua contra incendio, riego, evacuación pluvial etc., cuando las condiciones así lo exijan.

1.4. SERVICIOS SANITARIOS

1.4.1. CONDICIONES GENERALES

a) Los aparatos sanitarios deberán instalarse en ambientes adecuados, dotados de amplia iluminación y ventilación previendo los espacios mínimos necesarios para su uso, limpieza, reparación, mantenimiento e inspección.

b) Toda edificación estará dotada de servicios sanitarios con el número y tipo de aparatos sanitarios que se establecen en 1.7.

c) En los servicios sanitarios para uso publico, los inodoros deberán instalarse en espacios independientes de carácter privado.

d) En las edificaciones de uso público, se debe considerar servicios sanitarios para discapacitados.

1.4.2. NÚMERO REQUERIDO DE APARATOS SANITARIOS

El número y tipo de aparatos sanitarios que deberán ser instalados en los servicios sanitarios de una edificación será proporcional al número de usuarios, de acuerdo con lo especificado en los párrafos siguientes:

a) Todo núcleo básico de vivienda unifamiliar, estará dotado, por lo menos de: un inodoro, una ducha y un lavadero.

b) Toda casa- habitación o unidad de vivienda, estará dotada, por lo menos, de: un servicio sanitario que contara cuando menos con un inodoro, un lavatorio y una ducha. La cocina dispondrá de un lavadero.

c) Los locales comerciales o edificios destinados a oficinas o tiendas o similares, deberán dotarse como mínimo de servicios sanitarios en la forma, tipo y número que se especifica a continuación:

- En cada local comercial con área de hasta 60 m2 se dispondrá por lo menos, de un servicio sanitario dotado de inodoro y lavatorio.
- En locales con área mayor de 60 m2 se dispondrá de servicios sanitarios separados para hombres y mujeres, dotados como mínimo de los aparatos sanitarios que indica la Tabla Nº 1.

TABLA Nº 1

Área del local	Hombres			Mujeres	
(m2)	Inod.	Lav.	Urin.	Inod.	Lav.
61 - 150	1	1	1	1	1
151 - 350	2	2	1	2	2
351- 600	2	2	2	3	3
601- 900	3	3	2	4	4
901- 1250	4	4	3	4	4
Por cada 400 m2 adicionales	1	1	1	1	1

- Cuando se proyecte usar servicios sanitarios comunes a varios locales se cumplirán los siguientes requisitos:

• Se proveerán servicios sanitarios separados debidamente identificados para hombres y mujeres; ubicados en lugar accesible a todos los locales a servir, respetando siempre la tabla anterior.

• La distancia entre cualquiera de los locales comerciales y los servicios sanitarios, no podrá ser mayor de 40 m en sentido horizontal ni podrá mediar más de un piso entre ellos, en sentido vertical.

- En los centros comerciales, supermercados y complejos dedicados al comercio, se proveerá para el público, servicios sanitarios separados para hombres y mujeres en la siguiente proporción indicada en la Tabla Nº 2.

TABLA Nº 2

	Hombres			Mujeres		Niños	
	Inod.	Lav.	Urin.	Inod.	Lav.	Inod.	Lav.
Por cada 500 m2 ó menos de área construida	1	1	1	2	1	1	1

d) En los restaurantes, cafeterías, bares, fuentes de soda y similares, se proveerán servicios sanitarios para los trabajadores, de acuerdo a lo especificado en el numeral 4.2c. Para el público se proveerá servicios sanitarios como sigue:

Los locales con capacidad de atención simultánea hasta de 15 personas, dispondrán por lo menos de un servicio sanitario dotado de un inodoro y un lavatorio. Cuando la capacidad sobrepase de 15 personas, dispondrán de servicios separados para hombres y mujeres de acuerdo con la Tabla Nº 3.

TABLA Nº 3

Capacidad	Hombres			Mujeres	
(Personas)	Inod.	Lav.	Urin.	Inod.	Lav.
16 - 60	1	1	1	1	1
61 - 150	2	2	2	2	2
Por cada 100	1	1	1	1	1

e) En las plantas industriales, todo lugar de trabajo debe estar provisto de servicios sanitarios adecuados y separados para cada sexo. La relación mínima que debe existir entre el número de trabajadores y el de servicios sanitarios se señala en la Tabla Nº 4.

TABLA Nº 4

Trabajadores	Inod.	Lav.	Duch.	Urin.	Beb.
1 a 9	1	2	1	1	1
10 a 24	2	4	2	1	1
25 a 49	3	5	3	2	1
50 a 100	5	10	6	4	2
Por cada 30 adicionales	1	1	1	1	1

f) En los locales educacionales, se proveerán servicios sanitarios según lo especificado en la Tabla Nº 5, de conformidad con lo estipulado en la Resolución Jefatural Nº 338-INIED-83 (09.12.83).

TABLA Nº 5

A. Nº DE APARATOS / ALUMNOS

Nivel	Primaria		Secundaria	
Aparatos	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Inodoros	1/50	1/30	1/60	1/40
Lavatorios	1/30	1/30	1/40	1/40
Duchas	1/120	1/120	1/100	1/100
Urinarios	1/30	—	1/40	—
Botadero	1	1	1	1

B. Nº DE APARATOS MINIMOS POR TIPOLOGIA EDUCATIVA

TIPOLOGIA (Nº de alumnos)	SERVICIOS SANITARIOS						SERVICIOS SANITARIOS PARA VESTUARIOS							
	Inod.		Lav. ó Beb.		Urin.	Bot.	Inod.		Lav.		Duch.		Urin.	
	H	M	H	M	H	H/M	H	M	H	M	H	M	H	M
NIVEL PRIMARIA														
EP-1 (240)	3	4	4	4	4	1	-	-	-	-	1	1	-	-
EP-2 (360)	4	6	6	6	6	2	-	-	-	-	2	2	-	-
EP-3 (480)	5	8	8	8	8	2	-	-	-	-	2	2	-	-
EP-4 (600)	6	10	10	10	10	2	-	-	-	-	3	3	-	-
EP-5 (720)	7	12	12	12	12	2	-	-	-	-	3	3	-	-
NIVEL SECUNDARIA														
ES-I (200)	2	3	3	3	3	1	1	2	2	2	1	1	2	-
ES-II (400)	4	5	5	5	5	2	1	2	2	2	2	2	2	-
ES-III (600)	5	8	8	8	8	2	1	2	2	2	3	3	2	-
ES-IV (800)	7	10	10	10	10	2	2	3	3	3	4	4	3	-
ES-V (1000)	8	13	13	13	13	2	2	3	3	3	5	5	3	-
ES-VI (1200)	10	15	15	15	15	2	2	3	3	3	6	6	3	-

Para el presente cuadro se ha tomado como referencia de calculo, que la matricula promedio es de 50% hombres y 50% mujeres.

g) Ambientes de Estimulación Temprana.

Servicio Higiénico anexo al aula	1 inodoro 2 lavatorios 2 tinas

h) Ambientes para aulas de Educación Inicial y aulas con retardo mental.

Servicio Higiénico anexo al aula	1 ducha con asiento 1 inodoro 1 lavatorio

i) Ambientes para alumnos de primaria en las excepcionalidades de audición y lenguaje y ceguera o visión sub-normal.

Servicio Higiénico hombres	3 inodoro 3 lavatorios (1 lavatorio por cada 10 hombres) 2 duchas 1 urinario corrido 1 bebedero corrido
Servicio Higiénico mujeres	3 inodoros 3 lavatorios (1 lavatorio por cada 8 mujeres) 1 bebedero corrido

j) En los locales destinatarios para depósitos de materiales y/o equipos, se proveerán servicios sanitarios según lo dispuesto en los numerales 4.2c y 4.2e.

k) Para locales de hospedaje, se proveerá de servicios sanitarios, de conformidad con el Reglamento de Establecimientos de Hospedaje DS Nº 006-73-IC/ DS., según como sigue:

- En los hoteles de 5 estrellas, cada dormitorio estará dotado de: servicio sanitario compuesto de tina y ducha, inodoro, bidé o similar y lavatorio. Las habilitaciones dobles dispondrán de dos lavatorios.
- En los hoteles de 4 estrellas, el 75% de los dormitorios como mínimo, estarán dotados de: tina y ducha, inodoro, bidé o similar y lavatorio; el 25% restante, compuesto de ducha, lavatorio e inodoro.
- En hoteles de 3 estrellas, el 25% de los dormitorios estarán dotados de: tina y ducha, inodoro, bidé o similar y el 75% restante, compuesto de ducha, lavatorio e inodoro.
- En hoteles de 2 estrellas, hostales, hostales residenciales, moteles de 1, 2, y 3 estrellas, y centros vacacionales de 3 estrellas; todas las habitaciones tendrán servicios sanitarios compuestos de ducha, lavatorio e inodoro.
- En hoteles de 1 estrella, el 50% de las habitaciones estarán dotadas de servicios sanitarios compuestos de ducha, lavatorio e inodoro y el 50% restante de lavatorio.

Por cada cinco habitaciones no dotadas de servicio sanitario, existirá en cada piso como mínimo dos servicios sanitarios compuestos de ducha independiente, lavatorio y dos inodoros.

- En los hostales y hostales residenciales de 2 estrellas, el 30% de las habitaciones, estarán dotadas de servicio sanitario con inodoro, ducha y lavatorio y el 70% restante, con lavatorio.
- En los hostales y hostales residenciales de 1 estrella; en cada planta y por cada 7 habitaciones se instalaran dos servicios sanitarios con ducha independiente, lavatorio e inodoro.
- En los centros vacacionales de 2 estrellas, el 50% de los dormitorios estarán dotados de servicios sanitarios privados compuestos de ducha, lavatorio e inodoro y el 50% restante, con lavatorio.

Por cada cinco habitaciones se instalaran baños comunes independientes para hombres y mujeres compuestos de ducha independiente, lavatorio e inodoro. En el servicio sanitario de hombres deberá instalarse un urinario.

- En cada piso de todos los locales de hospedaje se instalará un botadero.
- En todos los locales de hospedaje se proveerá para el personal, servicios sanitarios independientes para hombre y mujeres, en lugares convenientes, tal como se señala en la Tabla Nº 6.

TABLA Nº 6

Nº de trabajadores	Inod.	Lav.	Duch.	Urin.
1 - 15	1	2	1	1
16 - 24	2	4	2	1
25 - 49	3	5	3	1
Por cada 20adicionales	1	1	1	1

- En todos los locales de hospedaje se instalarán servicios sanitarios en las proximidades a los lugares de reunión, independientes para hombres y mujeres, tal como se señala en la Tabla Nº 7.

TABLA Nº 7

Nº de personas	Inod.	Lav.	Urin.
1 - 15	1	1	1
16 - 60	2	2	1
61 - 150	3	4	2
Por cada 100adicionales	1	1	1

- Las cocinas dotadas de por lo menos 2 lavaderos.

l) Los locales destinados para servicios de alimentación colectiva, deberán estar dotadas de servicios sanitarios independientes para hombres y mujeres, tal como se señala en la Tabla Nº 8.

TABLA Nº 8					
- Trabajadores:					
Nº de Personas	Inod.	Lav.	Duch.	Urin.	Beb.
1 - 15	1	2	1	1	1
16 - 24	2	4	2	1	1
25 - 49	3	5	3	2	1
Por cada 30adicionales	1	1	1	1	1

- Comensales:			
Nº de Personas	Inod.	Lav.	Urin.
1 - 15	1	1	1
16 - 24	2	2	1
25 - 49	3	4	2
Por cada 100 adicionales	1	1	1

- Las cocinas estarán dotadas de por lo menos dos lavaderos.

m) En hospitales, clínicas y similares, se considerará el tipo y servicios sanitarios, que se señalan a continuación:

- **Unidad de Administración**

Para oficinas principales (Dirección o similar):

	Inod.	Lav.	Duch.
Un servicio sanitario	1	1	1

- **Unidad de Consulta Externa**

a) Para uso público

N° de consultorios	Hombres			Mujeres	
	Inod.	Lav.	Urin.	Inod.	Lav.
Hasta 4 consultorios	1	1	1	1	1
De 4 a 14 consultorios	2	2	2	2	2
Por c/10 consultorios Adicionales	1	1	1	1	1

b) Para uso de discapacitados se considerará un servicio sanitario para cada sexo.

	Hombres			Mujeres	
	Inod.	Lav.	Urin.	Inod.	Lav.
Servicio sanitario	1	1	1	1	1

c) Para uso del personal.

N° de trabajadores	Hombres			Mujeres	
	Inod.	Lav.	Urin	Inod.	Lav.
De 1 a 15	1	2	1	1	2
De 16 a 25	2	4	1	2	4
De 26 a 50	3	5	1	3	5
Por cada 20 adicionales	1	1	1	1	1

- **Unidad de Hospitalización**

a) Para salas individuales:

	Inod.	Lav.	Duch.
Un servicio sanitario	1	1	1

Adicionalmente se instalará un lavatorio especial para Médico.

b) Para salas colectivos:

	Inod.	Lav.	Duch.
Un servicio sanitario Cada 5 camas	1	2	1

Adicionalmente se instalará un lavatorio especial para Médico.

c) Para uso del personal.

N° de trabajadores	Hombres			Mujeres	
	Inod.	Lav.	Urin	Inod.	Lav.
De 1 a 15	1	2	1	1	2
De 16 a 25	2	4	1	2	4
De 26 a 50	3	5	1	3	5
Por cada 20Adicionales	1	1	1	1	1

d) Para las visitas

	Hombres			Mujeres	
	Inod.	Lav.	Urin.	Inod.	Lav.
Un servicio sanitario por Cada 500 m^2 de área de Hospitalización	1	1	1	1	1

- **Servicios Generales**

Para trabajadores de servicios generales (nutrición y dieta, lavandería y repostería, mantenimiento, sala de máquina y otros). La dotación de aparatos sanitarios se regirá según la tabla siguiente:

N° deTrabajadores	Hombres				Mujeres		
	Inod.	Lav.	Duch.	Urin.	Inod.	Lav.	Duch.
De 1 a 15	1	2	1	1	1	2	1
De 16 a 25	2	4	2	1	2	4	2
De 26 a 50	3	5	3	1	3	5	3
Por cada 20 a Adicionales	1	1	1	1	1	1	1

- **Vivienda**

En habitaciones individuales con servicios higiénicos incorporados se contará con un inodoro, un lavatorio, una ducha.

En viviendas colectivas, los servicios higiénicos constarán de los siguientes aparatos:

N° de camas	Inod.	Lav.	Duch.	Urin.
Por cada 10 camas	2	1	2	1

n) En los locales deportivos, se proveerá servicios sanitarios para deportistas y personal conexo, de acuerdo a la Tabla Nº 9.

TABLA Nº 9				
LOCALES	Inod.	Lav.	Duch.	Urin.
1. Complejos Deportivos				
- Vestuarios	2	2	6	2
- Árbitros y Jueces	1	1	2	-
- Primeros Auxilios	1	1	1	-
2. Gimnasio para Judo, Lucha y Pesas				
- Vestuarios	1	2	3	1
- Instructores y Jueces	1	1	1	-
- Sala Médica	1	1	1	-
3. Gimnasio para Gimnasia				
- VestuariosPor c/ 10 deportistas	1	2	3	1
- Instructor o Profesor	1	1	1	1
- Sala Médica	1	1	1	1
4. Gimnasio para Esgrima				
- Vestuarios	2	2	4	2
- Primeros Auxilios	1	1	1	-
5. Gimnasio para Box				
- Vestuarios	2	2	4	2
- Instructor o Profesor	1	1	1	1
6.- Tenis				
- Dos vestuarios, cada uno con:	1	1	6	-
- Árbitros	1	1	1	-
7. Piscina cubierta				
- Primeros Auxilios	1	1	1	-
- Instructor	1	1	1	-
- Nadadores:				
Hombres 3	3	6	2	
Mujeres 3	3	6	-	
8. Campos de Fútbol				
- Vestuarios	1	2	6	-
- Árbitros 1	1	1	-	

o) En las playas, se proveerá de servicios sanitarios, según lo especificado en el DS 98-68-CGS, el cual establece lo siguiente:

El número de servicios sanitarios se distribuirán en baterías con inodoros, duchas y urinarios, con una distancia máxima entre baterías de 200 m.

Los inodoros estarán en comportamiento separados, las duchas serán colectivas pero separadas para hombres y mujeres de acuerdo a la Tabla Nº 10.

TABLA Nº 10				
	Inod.	Duch.	Urin.	Beb.
Por cada 300 personas	1	1	1 ml	1

p) En los establecimientos de baños para uso público, los servicios sanitarios estarán separados para hombres y mujeres. Los inodoros deberán tener compartimentos separados con puerta. El número de aparatos sanitarios se calculará de acuerdo a la Tabla Nº 11.

TABLA Nº 11	
- Inodoro	Uno por cada 100 personas
- Lavatorio	Uno por cada 150 personas
- Ducha	Uno por cada 50 personas
- Urinario	Un metro lineal ó 2 Individuales por cada 100 hombres
- Bebedero	Uno por cada 150 personas

q) En los locales para espectáculos deportivos públicos de concurrencia masiva (Estadios, Coliseos, etc.), los servicios sanitarios se acondicionaran en baterías por cada 2000 espectadores separadas para hombres y mujeres, teniendo en cuenta que la concurrencia de mujeres es aproximadamente 1/3 del total de espectadores. Los inodoros tendrán comportamientos separados, con puerta. El número de aparatos sanitarios se calculará conforme a la Tabla Nº 12.

TABLA Nº 12	
- Inodoro	Uno por cada 500 hombres yUno por cada 300 mujeres.
- Lavatorio	Uno por cada 500 espectadores
- Urinario	Un metro lineal ó 2 individuales por cada 100 hombres
- Bebedero	Uno por cada 500 espectadores

r) En mercados, para el personal de servicios, se proveerá de servicios sanitarios como se indica a continuación:

	Inod.	Lav.	Duch.	Urin.
Por cada 200 puestos ó menos	1	1	1	1

Para el público se proveerá servicios sanitarios separados para hombres y mujeres en la siguiente proporción:

	Hombres			Mujeres	
	Inod.	Lav.	Urin.	Inod.	Lav.
Por cada 250 m2 ó menos de área construida	1	1	1	2	1

s) En las obras de edificación en construcción, se proveerán de servicios sanitarios conectados a la red pública o pozo séptico, de acuerdo a lo establecido por la Norma Básica de Seguridad e Higiene en Obras de Edificación (RS 021-83-TR, del 23.03.83), según la Tabla Nº 13.

TABLA Nº 13				
Nº de Trabajadores	Inod.	Lav.	Duch.	Urin.
1 á 9	1	2	1	1
10 á 24	2	4	2	1
25 á 49	3	5	3	2
50 á 100	5	10	6	4
Por cada 30 adicionales	1	1	1	1

t) En las estaciones de expendio de combustible y en playas de estacionamiento se proveerá de servicios sanitarios como se indica en la tabla siguiente:

	Inod.	Lav.	Urin.
Para Hombres	2	2	1
Para Mujeres	2	2	-

2. AGUA FRIA

2.1. INSTALACIONES

a) El sistema de abastecimiento de agua de una edificación comprende las instalaciones interiores desde el medidor o dispositivo regulador o de control, sin incluirlo, hasta cada uno de los puntos de consumo.

b) El sistema de abastecimiento de agua fría para una edificación deberá ser diseñado, tomando en cuenta las condiciones bajo las cuales el sistema de abastecimiento público preste servicio.

c) Las instalaciones de agua fría deben ser diseñadas y construidas de modo que preserven su calidad y garanticen su cantidad y presión de servicio en los puntos de consumo.

d) En toda nueva edificación de uso múltiple o mixto: viviendas, oficinas, comercio u otros similares, la instalación sanitaria para agua fría se diseñará obligatoriamente para posibilitar la colocación de medidores internos de consumo para cada unidad de uso independiente, además del medidor general de consumo de la conexión domiciliaria, ubicado en el interior del predio.

e) En general, los medidores internos deben ser ubicados en forma conveniente y de manera tal que estén adecuadamente protegidos, en un espacio impermeable de dimensiones suficientes para su instalación o remoción en caso de ser necesario. De fácil acceso para eventuales labores de verificación, mantenimiento y lectura.

f) En caso que exista suficiente presión en la red pública externa, dependiendo del número de niveles de la edificación, los medidores de consumo podrán ser instalados en un banco de medidores, preferentemente al ingreso de la edificación, desde el cual se instalarán las tuberías de alimentación para unidad de uso.

g) En caso de que el diseño de la instalación sanitaria interior del edificio se realice con un sistema de presión con cisterna y tanque elevado o se use un sistema de presión con tanque hidroneumático, los medidores de consumo podrán ser ubicados en espacios especiales diseñados para tal fin dentro de la edificación.

h) Se podrá considerar la lectura centralizada remota, desde un panel ubicado convenientemente y de fácil acceso en el primer piso. En este caso además de lo que indica el inciso e del presente artículo, deberá preverse un espacio para el panel de lectura remota y ductos para la instalación de cables de transmisión desde los registros de lectura de los medidores.

i) Las instalaciones de lectura remota se ciñeran a las exigencias de las normas internacionales en tanto se emitan normas nacionales correspondientes, o en su defecto, siguiendo las especificaciones técnicas de los proveedores.

j) Se podrán disponer de un abastecimiento de agua para fines industriales exclusivamente, siempre que:

- Dicho abastecimiento tenga redes separadas sin conexión alguna con el sistema de agua para consumo humano, debidamente diferenciadas; y
- Se advierta a los usuarios mediante avisos claramente marcados y distribuidos en lugares visibles y adecuados. Los letreros legibles dirán: Peligro agua no apta para consumo humano.

k) No se permitirá la conexión directa desde la red pública de agua, a través de bombas u otros aparatos mecánicos de elevación.

l) El sistema de alimentación y distribución de agua de una edificación estará dotado de válvulas de interrupción, como mínimo en los siguientes puntos:

- Inmediatamente después de la caja del medidor de la conexión domiciliaria y del medidor general.
- En cada piso, alimentador o sección de la red de distribución interior.
- En cada servicio sanitario, con mas de tres aparatos.
- En edificaciones de uso público masivo, se colocará una llave de interruptor en la tubería de abasto de cada inodoro o lavatorio.

m) No deberán instalarse válvulas en el piso o en lugares inundables.

2.2. DOTACIONES

Las dotaciones diarias mínimas de agua para uso doméstico, comercial, industrial, riego de jardines u otros fines, serán los que se indican a continuación:

a) **Las dotaciones de agua para viviendas unifamiliares** estarán de acuerdo con el área total del lote según la siguiente Tabla.

Área total del lote en m^2	Dotación L/d
Hasta 200	1500
201 a 300	1700
301 a 400	1900
401 a 500	2100
501 a 600	2200
601 a 700	2300
701 a 800	2400
801 a 900	2500
901 a 1000	2600
1001 a 1200	2800
1201 a 1400	3000
1401 a 1700	3400
1701 a 2000	3800
2001 a 2500	4500
2501 a 3000	5000
Mayores de 3000	5000 más 100 L/d por cada 100 m^2 de superficie adicional.

Estas cifras incluyen dotación doméstica y riego de jardines.

b) **Los edificios multifamiliares** deberán tener una dotación de agua para consumo humano, de acuerdo con el número de dormitorios de cada departamento, según la siguiente Tabla.

Número de dormitorios por departamento	Dotación por departamento, L/d
1	500
2	850
3	1200
4	1350
5	1500

c) **Los establecimientos de hospedaje** deberán tener una dotación de agua, según la siguiente Tabla.

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Hotel, apart-hoteles y hostales.	500 L por dormitorio.
Albergues.	25 L por m^2 de área destinado a dormitorio.

Las dotaciones de agua para riego y servicios anexos a los establecimientos de que trata este artículo, tales como restaurantes, bares, lavanderías, comercios, y similares se calcularán adicionalmente de acuerdo con lo estipulado en esta Norma para cada caso.

d) **La dotación de agua para restaurantes** estará en función del área de los Comedores, según la siguiente tabla

Área de los comedores en m^2	Dotación
Hasta 40	2000 L
41 a 100	50 L por m^2
Más de 100	40 L por m^2

e) En establecimientos donde también se elaboren alimentos para ser consumidos fuera del local, se calculará para ese fin una dotación de 8 litros por cubierto preparado.

f) **La dotación de agua para locales educacionales y residencias estudiantiles**, según la siguiente tabla.

Tipo de local educacional	Dotación diaria
Alumnado y personal no residente.	50 L por persona.
Alumnado y personal residente.	200 L por persona.

Las dotaciones de agua para riego de áreas verdes, piscinas y otros fines se calcularán adicionalmente, de acuerdo con lo estipulado en esta Norma para cada caso.

g) **Las dotaciones de agua para locales de espectáculos o centros de reunión**, cines, teatros, auditorios, discotecas, casinos, salas de baile y espectáculos al aire libre y otros similares, según la siguiente tabla.

Tipo de establecimiento	Dotación diaria
Cines, teatros y auditorios	3 L por asiento.
Discotecas, casinos y salas de baile y similares	30 L por m^2 de área
Estadios, velódromos, autódromos, plazas de toros y similares.	1 L por espectador
Circos, hipódromos, parques de atracción y similares.	1 L por espectador más la dotación requerida para el mantenimiento de animales.

h) **Las dotaciones de agua para piscinas y natatorios** de recirculación y de flujo constante o continuo, según la siguiente tabla.

1. De recirculación	Dotación
Con recirculación de las aguas de rebose.	10 L/d por m^2 de proyección horizontal de la piscina.
Sin recirculación de las aguas de rebose.	25 L/d por m^2 de proyección horizontal de la piscina.
2. De flujo constante	**Dotación**
Públicas.	125 L/h por m^3
Semi-públicas (clubes, hoteles, colegios, etc.)	80 L/h por m^3
Privada o residenciales.	40 L/h por m^3

La dotación de agua requerida para los aparatos sanitarios en los vestuarios y cuartos de aseo anexos a la piscina, se calculará adicionalmente a razón de 30 L/d por m^2 de proyección horizontal de la piscina. En aquellos casos que contemplen otras actividades recreacionales, se aumentará proporcionalmente esta dotación.

i) **La dotación de agua para oficinas** se calculará a razón de 6 L/d por m^2 de área útil del local.

j) **La dotación de agua para depósitos de materiales**, equipos y artículos manufacturados, se calculará a razón de 0,50 L/d por m^2 de área útil del local y por cada turno de trabajo de 8 horas o fracción.

Para oficinas anexas, el consumo de las mismas se calculará adicionalmente de acuerdo a lo estipulado en esta Norma para cada caso, considerándose una dotación mínima de 500 L/d.

k) **La dotación de agua para locales comerciales** dedicados a comercio de mercancías secas, será de 6 L/d por m^2 de área útil del local, considerándose una dotación mínima de 500 L /d.

l) **La dotación de agua para mercados y establecimientos**, para la venta de carnes, pescados y similares serán de 15 L/d por m^2 de área del local.

La dotación de agua para locales anexos al mercado, con instalaciones sanitarias separadas, tales como restaurantes y comercios, se calculará adicionalmente de acuerdo con lo estipulado en esta Norma para cada caso.

m) **El agua para consumo industrial** deberá calcularse de acuerdo con la naturaleza de la industria y su proceso de manufactura. En los locales industriales la dotación de agua para consumo humano en cualquier tipo de industria, será de 80 litros por trabajador o empleado, por cada turno de trabajo de 8 horas o fracción.

La dotación de agua para las oficinas y depósitos propios de la industria, servicios anexos, tales como comercios, restaurantes, y riego de áreas verdes, etc. se calculará adicionalmente de acuerdo con lo estipulado en esta Norma para cada caso.

n) **La dotación de agua para plantas de producción**, e industrialización de leche será según la siguiente tabla.

Plantas de Producción e industrialización	Dotación
Estaciones de recibo y enfriamiento.	1500 L por cada 1000 litros de leche recibidos por día.
Plantas de pasteurización.	1500 L por cada 1000 litros de leche a pasteurizar por día.
Fábrica de mantequilla, queso o leche en polvo.	1500 L por cada 1000 litros de leche a procesar por día.

o) **La dotación de agua para las estaciones de servicio**, estaciones de gasolina, garajes y parques de estacionamiento de vehículos, según la siguiente tabla.

Estaciones y Parques de Estacionamientos	Dotaciones
Lavado automático.	12 800 L/d por unidad de lavado
Lavado no automático.	8000 L/d por unidad de lavado
Estación de gasolina.	300 L/d por surtidor.
Garajes y parques de estacionamiento de vehículos por área cubierta.	2 L por m ^{2} de área.

El agua necesaria para oficinas y venta de repuestos, riego de áreas verdes y servicios anexos, tales como restaurantes y fuentes de soda, se calculará adicionalmente de acuerdo con lo estipulado en esta Norma para cada caso.

p) **Las dotaciones de agua para edificaciones destinadas al alojamiento de animales**, tales como caballerizas, establos, porquerizas, granjas y similares, según la siguiente tabla

Alojamientos de Animales	Dotación
Ganado lechero	120 L/d por animal
Bovino y equinos	40 L/d por animal
Ovinos y porcinos	10 L/d por animal
Aves	20 L/d por cada 100 aves

Las cifras anteriores no incluyen las dotaciones de agua para riego de áreas verdes y otras instalaciones.

q) **La dotación de agua para mataderos públicos o privados** estará de acuerdo con el número y clase de animales a beneficiar, según la siguiente tabla.

Clase de animal	Dotación diaria
Bovinos.	500 L por animal.
Porcinos.	300 L por animal.
Ovinos y caprinos.	250 L por animal.
Aves en general.	16 L por cada Kg

r) **La dotación de agua para bares**, fuentes de soda, cafeterías y similares, según la siguiente tabla.

Área de locales, m^2	Dotación diaria
Hasta 30	1500 L
De 31 a 60	60 L/m^2
De 61 a 100	50 L/m^2
Mayor de 100	40 L/m^2

s) **La dotación de agua para locales de salud** como: hospitales, clínicas de hospitalización, clínicas dentales, consultorios médicos y similares, según la siguiente tabla.

Local de Salud	Dotación
Hospitales y clínicas de hospitalización.	600 L/d por cama.
Consultorios médicos.	500 L/d por consultorio.
Clínicas dentales.	1000 L/d por unidad dental.

El agua requerida para servicios especiales, tales como riego de áreas verdes, viviendas anexas, servicios de cocina y lavandería se calcularán adicionalmente de acuerdo con lo estipulado en esta Norma.

t) **La dotación de agua para lavanderías**, lavanderías al seco, tintorerías y similares, según la siguiente tabla.

Tipo de local	Dotación diaria
- Lavandería.	40 L/kg de ropa.
- Lavandería en seco, tintorerías y similares.	30 L/kg de ropa.

u) **La dotación de agua para áreas verdes** será de 2 L/d por m2. No se requerirá incluir áreas pavimentadas, enripiadas u otras no sembradas para los fines de esta dotación.

2.3. RED DE DISTRIBUCIÓN

a) Los diámetros de las tuberías de distribución se calcularán con el método Hunter (Método de Gastos Probables), salvo aquellos establecimientos en donde se demande un uso simultáneo, que se determinará por el método de consumo por aparato sanitario. Para dispositivos, aparatos o equipos especiales, se seguirá la recomendación de los fabricantes.

b) Podrá utilizarse cualquier otro método racional para calcular tuberías de distribución, siempre que sea debidamente fundamentado.

c) La presión estática máxima no debe ser superior a 50 m de columna de agua (0,490 MPa).

d) La presión mínima de salida de los aparatos sanitarios será de 2 m de columna de agua (0,020 MPa) salvo aquellos equipados con válvulas semiautomáticas, automáticas o equipos especiales en los que la presión estará dada por las recomendaciones de los fabricantes.

e) Las tuberías de distribución de agua para consumo humano enterradas deberán alejarse lo más posible de los desagües; por ningún motivo esta distancia será menor de 0,50 m medida horizontal, ni menos de 0,15 m por encima del desagüe. Cuando las tuberías de agua para consumo humano crucen redes de aguas residuales, deberán colocarse siempre por encima de éstos y a una distancia vertical no menor de 0,15 m. Las medidas se tomarán entre tangentes exteriores más próximas.

f) Para el cálculo del diámetro de las tuberías de distribución, la velocidad mínima será de 0,60 m/s y la velocidad máxima según la siguiente tabla.

Diámetro(mm)	Velocidad máxima(m/s)
15 (1/2")	1,90
20 (3/4")	2,20
25 (1")	2,48
32 (1 ¼")	2,85
40 y mayores (1 ½" y mayores).	3,00

g) Las tuberías de agua fría deberán ubicarse teniendo en cuenta el aspecto estructural y constructivo de la edificación, debiendo evitarse cualquier daño o disminución de la resistencia de los elementos estructurales.

h) Las tuberías verticales deberán ser colocadas en ductos o espacios especialmente previstos para tal fin y cuyas dimensiones y accesos deberán ser tales que permitan su instalación, revisión, reparación, remoción y mantenimiento.

i) Se podrá ubicar en el mismo ducto la tubería de agua fría y agua caliente siempre que exista una separación mínima de 0,15 m entre sus generatrices más próximas.

j) Se permitirá la ubicación de alimentadores de agua y montantes de aguas residuales o de lluvia, en un mismo ducto vertical o espacios, siempre que exista una separación mínima de 0,20 m entre sus generatrices más próximas.

k) Las tuberías colgadas o adosadas deberán fijarse a la estructura evitando que se produzcan esfuerzos secundarios en las tuberías.

l) Las tuberías enterradas deberán colocarse en zanjas de dimensiones tales que permitan su protección y fácil instalación.

2.4. ALMACENAMIENTO Y REGULACIÓN.

a) Los depósitos de agua deberán ser diseñados y construidos en forma tal que preserven la calidad del agua.

b) Toda edificación ubicada en sectores donde el abastecimiento de agua pública no sea continuo o carezca de presión suficiente, deberá estar provisto obligatoriamente de depósitos de almacenamiento que permitan el suministro adecuado a todas las instalaciones previstas.

Tales depósitos podrán instalarse en la parte baja (cisternas) en pisos intermedios o sobre la edificación (tanque elevado).

c) Cuando sólo exista tanque elevado, su capacidad será como mínimo igual a la dotación diaria, con un volumen no menor a 1000 L.

d) Cuando sólo exista cisterna, su capacidad será como mínimo igual a la dotación diaria, con un volumen no menor de 1000 L.

e) Cuando sea necesario emplear una combinación de cisterna, bombas de elevación y tanque elevado, la capacidad de la primera no será menor de las ¾ partes de la dotación diaria y la del segundo no menor de 1/3 de dicha volumen.

f) En caso de utilizar sistemas hidroneumáticos, el volumen mínimo será igual al consumo diario con un volumen mínimo de 1000L

g) Los depósitos de almacenamiento deberán ser construidos de material resistente y paredes impermeabilizadas y estarán dotados de los dispositivos necesarios para su correcta operación y mantenimiento.

h) Las cisternas deberán ubicarse a una distancia mínima de 1m de muros medianeros y desagües. En caso de no poder cumplir con la distancia mínima, se diseñará un sistema de protección que evite la posible contaminación del agua de la cisterna.

i) La distancia vertical entre el techo del depósito y el eje del tubo de entrada de agua, dependerá del diámetro de este y de los dispositivos de control, no pudiendo ser menor de 0,20 m.

j) La distancia vertical entre los ejes de tubos de rebose y entrada de agua será igual al doble del diámetro del primero y en ningún caso menor de 0,15 m.

k) La distancia vertical entre los ejes del tubo de rebose y el máximo nivel de agua será igual al diámetro de aquel y nunca inferior a 0,10 m.

l) El agua proveniente del rebose de los depósitos, deberá disponerse en forma indirecta, mediante brecha de aire de 0,05 m de altura mínima sobre el piso, techo u otro sitio de descarga.

m) EL diámetro del tubo de rebose, se calculará hidráulicamente, no debiendo ser menor que lo indicado en la siguiente tabla.

Capacidad del depósito (L)	Diámetro del tubo de rebose
Hasta 5000	50 mm (2")
5001 a 12000	75 mm (3")
12001 a 30000	100 mm (4")
Mayor de 30000	150 mm (6")

n) El diámetro de la tubería de alimentación se calculará para garantizar el volumen mínimo de almacenamiento diario.

o) El control de los niveles de agua en los depósitos, se hará por medio de interruptores automáticos que permitan:

- Arrancar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque elevado, descienda hasta la mitad de la altura útil.
- Parar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque elevado, ascienda hasta el nivel máximo previsto.
- Parar la bomba cuando el nivel de agua en la cisterna descienda hasta 0,05 m por encima de la parte superior de la canastilla de succión.
- En los depósitos que se alimentan directamente de la red pública deberá colocarse control del nivel.

p) La capacidad adicional de los depósitos de almacenamiento para los fines de control de incendios, deberá estar de acuerdo con lo previsto en el item 4.

q) La tubería de aducción o de impulsión al tanque de almacenamiento deberá estar a 0,10 m por lo menos por encima de la parte superior de las correspondientes tuberías de rebose.

2.5. ELEVACIÓN

a) Los equipos de bombeo que se instalen dentro de las edificaciones deberán ubicarse en ambientes que satisfagan los siguientes requisitos:

- Altura mínima: 1,60 m.
- Espacio libre alrededor del equipo suficiente para su fácil operación, reparación y mantenimiento.
- Piso impermeable con pendiente no menor del 2% hacia desagües previstos.
- Ventilación adecuada.

Los equipos que se instalen en el exterior, deberán ser protegidos adecuadamente contra la intemperie.

b) Los equipos de bombeo deberán ubicarse sobre estructuras de concreto, adecuadamente proyectadas para absorber las vibraciones.

c) En la tubería de impulsión, inmediatamente después de la bomba deberá instalarse una válvula de retención y una válvula de interrupción. En la tubería de succión con presión positiva se instalará una válvula de interrupción. En el caso que la tubería de succión no trabaje bajo carga positiva, deberá instalarse una válvula de retención.

d) Salvo en el caso de viviendas unifamiliares, el sistema de bombeo deberá contar como mínimo con dos equipos de bombeo de funcionamiento alternado.

e) La capacidad de cada equipo de bombeo debe ser equivalente a la máxima demanda simultánea de la edificación y en ningún caso inferior a la necesaria para llenar el tanque elevado en dos horas. Si el equipo es doble cada bomba podrá tener la mitad de la capacidad necesaria, siempre que puedan funcionar ambas bombas simultáneamente en forma automática, cuando lo exija la demanda.

f) El sistema hidroneumático deberá estar dotado de los dispositivos mínimos adecuados para su correcto funcionamiento:

- Cisterna
- Electrobombas
- Tanque de presión
- Interruptor de presión para arranque y parada a presión mínima y máxima.
- Manómetro.
- Válvula de seguridad.
- Válvulas de interrupción que permitan la operación y mantenimiento del equipo.
- Dispositivo de drenaje del tanque con su respectiva válvula.
- Compresor o un dispositivo automático cargador de aire de capacidad adecuada.

g) El volumen del tanque de presión se calculará en función del caudal, de las presiones máxima y mínima y las características de funcionamiento.

3. AGUA CALIENTE

3.1. INSTALACIONES

a) Las instalaciones de agua caliente de una edificación, deberán satisfacer las necesidades de consumo y seguridad contra accidentes. Se deberá considerar un espacio independiente y seguro para el equipo de producción de agua caliente.

b) Deberán instalarse dispositivos destinados a controlar el exceso de presión de los sistemas de producción de agua caliente. Dichos dispositivos se ubicarán en los equipos de producción, o en las tuberías de agua fría o caliente próximas a él, siempre que no existan válvulas entre los dispositivos y el equipo; y se graduarán dé tal modo que puedan operar a una presión de 10% mayor que la requerida para el normal funcionamiento del sistema.

c) Deberá instalarse una válvula de retención en la tubería de abastecimiento de agua fría. Dicha válvula no podrá ser colocada entre el equipo de producción de agua caliente y el dispositivo para controlar el exceso de presión.

d) Deberán instalarse dispositivos destinados a controlar el exceso de temperatura en los sistemas de producción de agua caliente.

e) Los escapes de vapor o agua caliente, provenientes de los dispositivos de seguridad y control, deberán disponerse en forma indirecta al sistema de drenaje, ubicando los sitios de descarga en lugares que no causen accidentes.

f) El sistema de alimentación y distribución de agua caliente estará dotado de válvulas de interrupción como mínimo en los siguientes puntos:

- Inmediatamente después del calentador, en el ingreso de agua fría y salida de agua caliente.
- En cada servicio sanitario.

3.2. DOTACIONES

La dotación de agua caliente serán las que se establecen a continuación. Las cantidades que se fijan son parte de las dotaciones de agua establecidos en el item 7 de la presente norma.

a) **Residencias unifamiliares y multifamiliares**, según la siguiente tabla.

Número de dormitorios por vivienda	Dotación diaria en litros
1	120
2	250
3	390
4	420
5	450

Más de 5, a razón de 80 L/d, por dormitorio adicional.

b) **Establecimientos de hospedaje**, según la siguiente tabla

Hoteles, apart-hoteles, hostales.	150 L por dormitorio.
Albergues.	100 L por m^2.

Esta cifra no incluye las dotaciones para otros servicios anexos, tales como restaurantes, bares, salones de baile, peluquerías y lavanderías, que se calculará adicionalmente de acuerdo con lo establecido en esta Norma para cada caso.

c) **Restaurantes**, según la siguiente tabla

Área útil de los comedores (m^2)	Dotación diaria
Hasta 40	900 L
41 a 100	15 L/m^2
Más de 100	12 L/m^2

En aquellos restaurantes donde se elaboran alimentos para ser consumidos fuera del local, se calculará una dotación complementaria a razón de 3 litros por cubierto preparado para este fin.

d) **Locales educacionales y residencias estudiantiles**.

Dotación diaria	
Alumnado y personal residente.	50 L/persona

e) **Gimnasios**.

Dotación diaria.
10 L/m^2 área útil

f) **Hospitales, clínicas y similares**, según la siguiente tabla

Hospitales y clínicas con hospitalización.	250 L/d x cama.
Consultorios médicos.	130 L/d x consultorio.
Clínicas dentales.	100 L/d x unidad dental.

3.3. DISTRIBUCIÓN

a) La distribución de agua caliente desde el equipo de producción a los aparatos sanitarios o puntos requeridos, se puede realizar con o sin retorno de agua caliente.

b) El sistema sin retorno se permitirá solamente en instalaciones con calentadores individuales.

c) El sistema con retorno deberá utilizarse en aquellos edificios donde se instalen equipos centrales de producción de agua caliente.

d) Las tuberías de alimentación de agua caliente se calcularán de acuerdo con lo establecido en el item 7.

3.4. EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE

Para el cálculo de la capacidad del equipo de producción de agua caliente, así como para el cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento, se utilizarán las relaciones que se indican a continuación, en base a la dotación de agua caliente diaria asignada, según la siguiente tabla.

Tipo de edificio	Capacidad del tanque de almacenamiento en relación con dotación diaria en litros.	Capacidad horaria del equipo de producción de agua caliente, en relación con la dotación diaria en litros.
Residencias unifamiliares y multifamiliares.	1/5	1/7
Hoteles, apart-hoteles, albergues.	1/7	1/10
Restaurantes	1/5	1/10
Gimnasios.	2/5	1/7
Hospitales y clínicas, consultorios y similares.	2/5	1/6

Las capacidades del equipo de producción de agua caliente y del tanque de almacenamiento, podrán también determinarse en base a los gastos por aparatos sanitarios.

4. AGUA CONTRA INCENDIO

4.1. SISTEMAS

Los sistemas a emplearse para combatir incendios serán:

a) Alimentadores y gabinetes contra incendio equipados con mangueras para uso de los ocupantes de la edificación.

b) Alimentadores y gabinetes contra incendio equipados con mangueras para uso de los ocupantes de la edificación y salida contra incendio para ser utilizada por el Cuerpo de Bomberos de la ciudad.

c) Alimentadores y mangueras para uso combinado de los ocupantes del edificio y del Cuerpo de Bomberos.

d) Rociadores automáticos.

e) Otros sistemas.

4.2. SISTEMA DE TUBERÍA Y DISPOSITIVOS PARA SER USADOS POR LOS OCUPANTES DE EDIFICIO

Será obligatorio el sistema de tuberías y dispositivos para ser usado por los ocupantes del edificio, en todo aquel que sea de más de 15 metros de altura o cuando las condiciones de riesgo lo ameritan, debiendo cumplir los siguientes requisitos:

a) La fuente de agua podrá ser la red de abastecimiento público o fuente propia del edificio, siempre que garantice el almacenamiento previsto en el sistema.

b) El almacenamiento de agua en la cisterna o tanque para combatir incendios debe ser por lo menos de 25 m3.

c) Los alimentadores deben calcularse para obtener el caudal que permita el funcionamiento simultaneo de dos mangueras, con una presión mínima de 45 m (0.441 MPa) en el punto de conexión de manguera más desfavorable. El diámetro mínimo será 100 mm (4")

d) La salida de los alimentadores deberá ser espaciados en forma tal, que todas las partes de los ambientes del edificio puedan ser alcanzadas por el chorro de las mangueras.

e) La longitud de la manguera será de 30m con un diámetro de 40 mm(1 ½")

f) Antes de cada conexión para manguera se instalará una válvula de globo recta o de ángulo. La conexión para manguera será de rosca macho.

g) Los alimentadores deberán conectarse entre sí mediante una tubería cuyo diámetro no sea inferior al del alimentador de mayor diámetro.

h) Al pie de cada alimentador, se instalará una purga con válvula de control.

i) Las bombas de agua contra incendio, deberán llevar control de arranque para funcionamiento automático.

j) La alimentación eléctrica a las bombas de agua contra incendio, deberá ser independiente, no controlada por el interruptor general del edificio, e interconectada al grupo electrógeno de emergencia del edificio, en caso de tenerlo.

k) Se instalaran «uniones siamesas» con rosca macho y válvula de retención en sitios accesibles de la fachada del edificio para la conexión de las mangueras que suministrarán el agua del exterior.

4.3. SISTEMA DE TUBERÍA Y DISPOSITIVOS PARA SER USADOS POR EL CUERPO DE BOMBEROS

Se instalarán sistemas de tuberías y dispositivos para ser usados por el Cuerpo de Bomberos de la ciudad, en las plantas industriales, edificios de más de 50 m de altura y toda otra edificación que por sus características especiales, lo requiera. Tales sistemas deben cumplir con los siguientes requisitos:

a) Se instalarán «siameses inyección» con rosca macho y válvula de retención en sitio accesible de la fachada del edificio para la conexión de las mangueras que suministrarán el agua desde los hidrantes o carros bomba.

b) Se instalarán alimentadores espaciados en forma tal, que todas las partes de los ambientes del edificio puedan ser alcanzadas por el chorro de agua.

c) Los alimentadores deben calcularse para el caudal de dos salidas y una presión mínima de 45 m en el punto de conexión de mangueras más desfavorables.

d) El almacenamiento de agua en los tanques, para combatir incendios, debe ser por lo menos de 40 m^3 adecuándose al caudal y tamaño posible del incendio, según el Gráfico para Agua Contra Incendio de Sólidos (Lámina N° 3).

Cuando sea posible se permitirá el almacenamiento conjunto entre uno o más locales que en caso de siniestro puedan ser usados por los bomberos.

Las mangueras tendrán una longitud de hasta 60 m y 65 mm (2 ½") de diámetro. Se considerará un caudal mínimo de 10 L/s y deberán alojarse en gabinetes adecuados en cada piso, preferentemente en los corredores de acceso a las escaleras.

e) Cuando el almacenamiento sea común para el agua para consumo y la reserva para el sistema contra incendios, deberá instalarse la salida del agua para consumo de manera tal que se reserve siempre el saldo de agua requerida para combatir el incendio.

f) Cada bocatoma para mangueras interiores, estará dotada de llave de compuerta o de ángulo. La conexión para dichas mangueras será de rosca macho con el diámetro correspondiente.

g) Los alimentadores deberán conectarse entre sí, mediante una tubería cuyo diámetro no sea inferior al del alimentador de mayor diámetro. Al pie de cada alimentador se instalará una de purga con válvula de control.

4.4. SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS

Se instalarán sistemas de rociadores automáticos en los siguientes casos:

a) Edificaciones de más de dos pisos usadas para manufactura, almacenaje de materiales o mercadería combustible y con área superior a los 1000 m² de construcción.

b) Playas de estacionamiento cerradas y techadas de mas de 18 m de altura y de área mayor a los 1000m² de construcción resistente al fuego, u 800 m² de construcción incombustible con protección o 600m² de construcción incombustible sin protección o combustible de construcción pesada.

c) Talleres de reparación automotriz de mas de un piso o ubicados bajo pisos de otra ocupancia que exceda 1000 m² de construcción resistente al fuego, 800 m² de construcción incombustible con protección, 600 m² de construcción incombustible sin protección o combustible de construcción pesada.

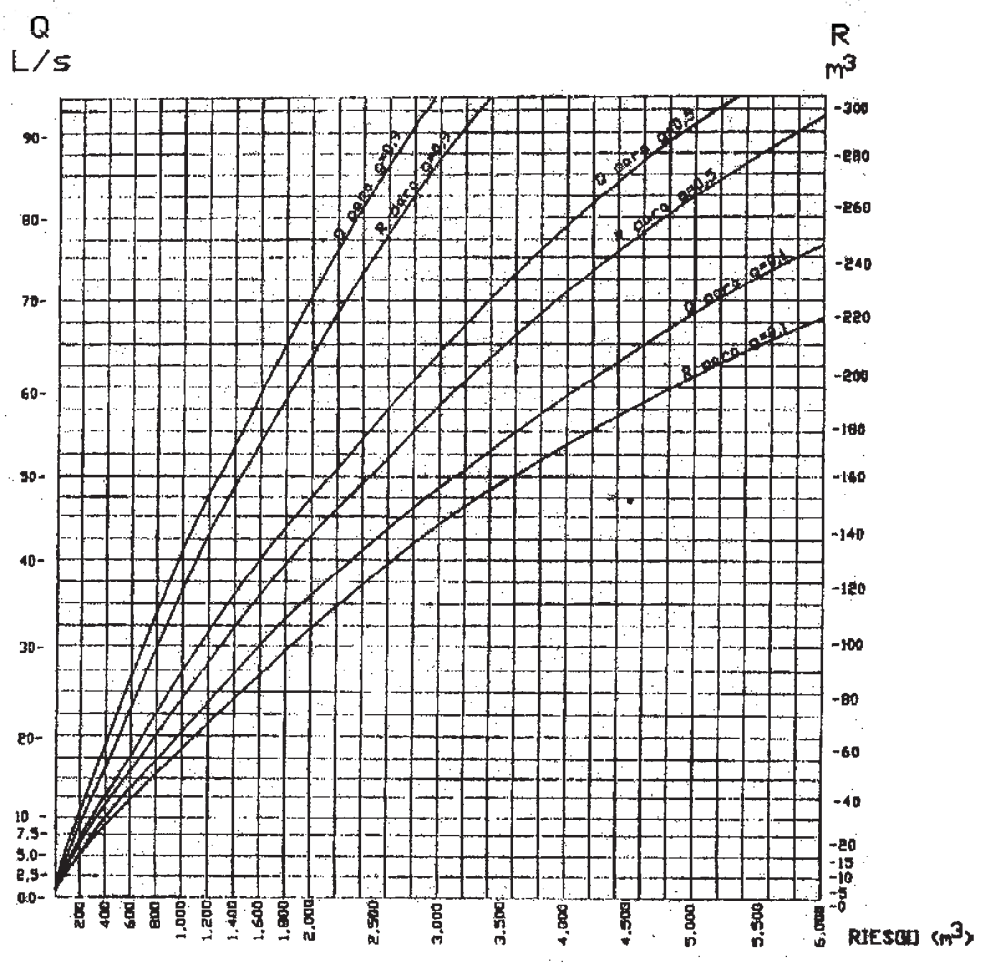
d) Talleres de reparación automotriz de una planta que exceda 1500 m² de construcción resistente al fuego, 1200 m² de construcción incombustible con protección, 900 m² de construcción incombustible sin protección o combustible de construcción pesada, o 600 m² de construcción combustible ordinaria.

4.5. SISTEMAS DE DRENAJE

Los sistemas de drenaje deberán considerar la evacuación del agua utilizada en el combate del incendio.

LÁMINA N°3

GRÁFICO PARA AGUA CONTRA INCENDIO DE SÓLIDOS



Q = CAUDAL DE AGUA EN L/S PARA EXTINGUIR EL FUEGO

R = VOLUMEN DE AGUA EN m³ NECESARIOS PARA RESERVA

g = FACTOR DE APILAMIENTO

0,9 = COMPACTO

0,5 = MEDIO

0.1 = POCO COMPACTO

RIESGO = VOLUMEN APARENTE DEL INCENDIO EN m³

5. AGUA PARA RIEGO

5.1. DISPOSICIONES GENERALES

a) Las instalaciones para riego podrán ser diseñadas formando parte del sistema de distribución de agua de la edificación, o en forma independiente del mismo.

b) El riego de las áreas verdes correspondientes a la edificación podrá hacerse por inundación, con puntos de conexión para mangueras dotadas de sus correspondientes válvulas, por aspersión y por otros sistemas.

c) En el diseño de las instalaciones de riego, con puntos de agua para mangueras, se adoptarán los valores según Tabla.

Diámetro manguera (mm)	Longitud máxima (m)	Área de riego m^2	Caudal L/s
15 (1/2")	10	100	0,2
20 (3/4")	20	250	0,3
25 (1")	30	600	0,5

La distancia entre los puntos de conexión de manguera será de 1,4 de la longitud de la manguera.

d) En el diseño de instalaciones de riego con rociadores o aspersores fijos se adoptará lo siguiente:

- Diámetro mínimo de alimentación de cada rociador: 15 mm (1/2").
- Presión mínima en el punto de alimentación de cada rociador: 12 m (0,118 MPa).
- Gasto mínimo de cada rociador: 0,06 L/s.

e) En el diseño de instalaciones de riego con rociadores o aspersores rotatorios, se adoptará lo siguiente:

- Diámetro mínimo de alimentación de cada rociador: 20 mm (3/4")
- Presión mínima en el punto de alimentación de cada rociador: 20 m (0,196 MPa)
- Gasto mínimo de cada rociador: 0,10 L/s.

f) Las instalaciones de riego podrán ser operadas por secciones, mediante la adecuada instalación de válvulas.

g) Los sistemas de riego deberán estar provistos de dispositivos adecuados, para prevenir posibles conexiones cruzadas por efecto de la existencia de presiones negativas en la red de alimentación.

h) Las válvulas o grifos para conectar mangueras, deberán sobresalir no menos de 0,15 m sobre el nivel del piso.

6. DESAGÜE Y VENTILACIÓN

6.1. DISPOSICIONES GENERALES

a) El sistema integral de desagüe deberá ser diseñado y construido en forma tal que las aguas servidas sean evacuadas rápidamente desde todo aparato sanitario, sumidero u otro punto de colección, hasta el lugar de descarga con velocidades que permitan el arrastre de las excretas y materias en suspensión, evitando obstrucciones y depósitos de materiales.

b) Se deberá prever diferentes puntos de ventilación, distribuidos en tal forma que impida la formación de vacíos o alzas de presión, que pudieran hacer descargar las trampas.

c) Las edificaciones situadas donde exista un colector público de desagüe, deberán tener obligatoriamente conectadas sus instalaciones domiciliarias de desagüe a dicho colector. Esta conexión de desagüe a la red pública se realizará mediante caja de registro o buzón de dimensiones y de profundidad apropiadas, de acuerdo a lo especificado en esta Norma.

d) El diámetro del colector principal de desagües de una edificación, debe calcularse para las condiciones de máxima descarga.

e) Todo sistema de desagüe deberá estar dotado de suficiente número de elementos de registro, a fin de facilitar su limpieza y mantenimiento.

f) Para desagües provenientes de locales industriales u otros, cuyas características físicas y químicas difieran de los del tipo doméstico, deberán sujetarse estrictamente a lo que se establece en el Reglamento de Desagües Industriales vigente, aprobado por Decreto Supremo N° 28-60-S.A.P.L. del 29.11.60, antes de su descarga a la red pública.

g) Cuando las aguas residuales provenientes del edificio o parte de este, no puedan ser descargadas por gravedad a la red pública, deberá instalarse un sistema adecuado de elevación, para su descarga automática a dicha red.

6.2. RED DE COLECCIÓN

a) Los colectores se colocarán en tramos rectos.

b) Los colectores enterrados situados en el nivel inferior y paralelos a las cimentaciones, deberán estar ubicados, en forma tal, que el plano formado por el borde inferior de la cimentación y el colector, forme un ángulo de menos de 45° con la horizontal.

Cuando un colector enterrado cruce una tubería de agua deberá pasar por debajo de ella y la distancia vertical entre la parte inferior de la tubería de agua y la clave del colector, no será menor de 0,15 m.

c) Los empalmes entre colectores y los ramales de desagüe, se harán a un ángulo no mayor de 45°, salvo que se hagan en un buzón o caja de registro.

La pendiente de los colectores y de los ramales de desagüe interiores será uniforme y no menor de 1% para diámetros de 100 mm (4") y mayores; y no menor de 1,5% para diámetros de 75 mm (3") o inferiores.

Las dimensiones de los ramales de desagüe, montantes y colectores se calcularán tomando como base el gasto relativo que pueda descargar cada aparato.

El cálculo de los ramales, montantes y colectores de desagüe se determinará por el método de unidades de descarga.

Podrá utilizarse cualquier otro método racional para calcular los ramales, montantes y colectores, siempre que sea debidamente fundamentado.

d) Al calcular el diámetro de los conductos de desagüe se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El diámetro mínimo que reciba la descarga de un inodoro será de 100 mm (4").
- El diámetro de una montante no podrá ser menor que el de cualquiera de los ramales horizontales que en él descarguen.
- El diámetro de un conducto horizontal de desagüe no podrá ser menor que el de cualquiera de los orificios de salida de los aparatos que en él descarguen.

e) Cuando se requiera dar un cambio de dirección a una montante, los diámetros de la parte inclinada y del tramo inferior de la montante se calcularán de la siguiente manera:

- Si la parte inclinada forma un ángulo de 45° o más con la horizontal, se calculará como si fuera una montante.
- Si la parte inclinada forma un ángulo menor de 45° con la horizontal, se calculará tomando en cuenta el número de unidades de descarga que pasa por el tramo inclinado como si fuera un colector con pendiente de 4%
- Por debajo de la parte inclinada, la montante en ningún caso tendrá un diámetro menor que el tramo inclinado.
- Los cambios de dirección por encima del más alto ramal horizontal de desagüe, no requieren aumento de diámetro.

f) Las montantes deberán ser colocadas en ductos o espacios especialmente previstos para tal fin y cuyas dimensiones y accesos permitan su instalación, reparación, revisión o remoción.

g) Se permitirá utilizar un mismo ducto o espacio para la colocación de las tuberías de desagüe y agua, siempre que exista una separación mínima de 0,20 m entre sus generatrices más próximas.

h) Se permitirá el uso de colectores existentes para servir a nuevas construcciones, solamente cuando su inspección demuestre que estén en buenas condiciones y cumplan lo establecido en esta Norma.

i) Todo punto de contacto entre el sistema de desagüe y los ambientes (punto de colección abierto), deberá estar protegido por un sello de agua con una altura no inferior de 0,05 m, ni mayor de 0,10 m, contenido en un dispositivo apropiado (trampa o sifón).

j) Todo registro deberá ser del diámetro de la tubería a la que sirve. En caso de tuberías de diámetro mayor de 100 mm (4"), se instalará un registro de 100 mm (4") como mínimo.

Los registros se ubicarán en sitios fácilmente accesibles. Cuando las tuberías vayan ocultas o enterradas, los registros, deberán extenderse utilizando conexiones de 45°, hasta terminar a ras con la pared o piso acabado.

La distancia mínima entre la tangente del tapón de cualquier registro y una pared, techo o cualquier otro elemento que pudiera obstaculizar la limpieza del sistema, será de 0,10 m.

Se colocará registros por lo menos en:

- Al comienzo de cada ramal horizontal de desagüe o colector.
- Cada 15 m en los conductos horizontales de desagüe
- Al pie de cada montante, salvo cuando ella descargue a una caja de registro o buzón distante no más de 10 m.
- Cada dos cambios de direcciones en los conductos horizontales de desagüe.
- En la parte superior de cada ramal de las trampas «U».

k) Se instalarán cajas de registro en las redes exteriores en todo cambio de dirección, pendiente, material o diámetro y cada 15 m de largo como máximo, entramos rectos.

Las dimensiones de las cajas se determinarán de acuerdo a los diámetros de las tuberías y a su profundidad, según la tabla siguiente:

Dimensiones Interiores(m)	Diámetro Máximo(mm)	Profundidad Máxima(m)
0,25 x 0,50 (10" x 20")	100 (4")	0,60
0,30 x 0,60 (12" x 24")	150 (6")	0,80
0,45 x 0,60 (18" x 24")	150 (6")	1,00
0,60 x 0,60 (24" x 24")	200 (8")	1,20

Para profundidades mayores se deberá utilizar cámaras de inspección según NTE S.070 Redes de Aguas Residuales.

l) Cuando las aguas residuales contengan grasa, aceite, material inflamable, arena, tierra, yeso u otros sólidos o líquidos objetables que pudieran afectar el buen funcionamiento del sistema de evacuación del edificio u otro sistema público, será necesario la instalación de interceptores o separadores u otro sistema de tratamiento.

m) La capacidad, tipo, dimensiones y ubicación de los interceptores y separadores, estará de acuerdo con el uso respectivo.

n) Se instalarán separadores de grasa en los conductos de desagüe de lavaderos, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados en restaurantes, cocinas de hoteles, hospitales y similares, donde exista el peligro de introducir en el sistema de desagüe, grasa en cantidad suficiente para afectar el buen funcionamiento de éste.

o) Se instalarán separadores de aceite en el sistema de desagüe de estaciones de servicio, talleres de mecánica de vehículos motorizados y otros edificios, donde exista el peligro de introducir aceite y otros lubricantes al sistema a la red de aguas residuales, ya sea en forma accidental o voluntaria.

p) Se instalarán interceptores de arena, vidrio, pelos, hilos u otros sólidos en el sistema de desagüe de embotelladores, lavanderías y otros establecimientos sujetos a la descarga voluntaria o accidental de sólidos objetables.

q) Los interceptores y separadores deberán estar provistos de ventilación en forma similar a otros aparatos sanitarios. El tubo de ventilación tendrá un diámetro mínimo de 50mm (2")

Los interceptores se ubicarán en sitios donde puedan ser inspeccionados y limpiados con facilidad. No se permitirá colocar encima o inmediato a ellos maquinarias o equipos que pudiera impedir su adecuado mantenimiento. La boca de inspección será de dimensiones adecuadas.

r) Los aparatos sanitarios, depósitos o partes del sistema de agua, con dispositivos que descarguen al sistema de desagüe de la edificación, lo harán en forma indirecta, a fin de evitar conexiones cruzadas o interferencias entre los sistemas de distribución de agua para consumo humano y de redes de aguas residuales.

La descarga de desagüe indirecto se hará de acuerdo con los siguientes requisitos:

- La tubería de descarga se llevará hasta una canaleta, caja, sumidero, embudo y otro dispositivo adecuado, provisto de sello de agua y su correspondiente ventilación.
- Deberá dejarse una brecha o interruptor de aire entre la salida de la tubería de descarga y el dispositivo receptor, el que no podrá ser menor de dos veces el diámetro de la tubería de descarga.
- Las canaletas, cajas, sumideros, embudos y otros dispositivos deberán instalarse en lugares bien ventilados y de fácil acceso. Estos dispositivos estarán dotados de rejillas o tapas removibles cuando ello sea requerido para seguridad de las personas.

s) No se permitirá descargar los aparatos sanitarios dotados de descarga de desagüe indirecto en ningún otro aparato sanitario.

t) Los desagües provenientes de los siguientes equipos, deberán descargar en los conductos de desagüe en forma indirecta:

- Esterilizadores, recipientes y equipos similares de los laboratorios, hospitales y clínicas.
- Refrigeradoras comerciales, tuberías de rebose de tanques y similares, equipos provistos de válvula de alivio o seguridad.
- Todos aquellos que se considere inconvenientes en resguardo de la salud pública.

6.3. ALMACENAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema de bombeo de aguas residuales, deberá cumplir con los siguientes requisitos.

a) Su capacidad no será mayor que el volumen equivalente a un ¼ de la dotación diaria, ni menor que el equivalente a 1/24 de la dotación diaria.

b) Deberá estar prevista de un sistema de ventilación que evite la acumulación de gases. Cuando ello no se logre, las instalaciones eléctricas del ambiente deberán ser a prueba de explosión.

c) Deberá estar dotada de una boca de inspección.

d) Cuando se proyecten cámara húmeda y cámara seca, se deberá proveer ventilación forzada para ambas cámaras, El sistema de ventilación deberá proveer como mínimo seis cambios de aire por hora bajo operación continua o un cambio en dos minutos bajo operación intermitente.

e) Deberá preveerse la eliminación de los desagües que se acumulen en la cámara seca.

6.4. ELEVACIÓN

El equipo de bombeo deberá instalarse en lugar de fácil acceso, ventilación e iluminación adecuada.

Los equipos de bombeo deberán cumplir los siguientes requisitos:

a) Que permita el paso de sólidos.

b) La capacidad total de bombeo deberá ser por lo menos el 150% del gasto máximo que recibe la cámara de bombeo.

c) El número mínimo de equipos será de dos, de funcionamiento alternado. La capacidad de cada uno será igual al gasto máximo.

d) El gasto se determinará utilizando el método de unidades de descarga u otro método aprobado.

e) La tubería de descarga estará dotada de una válvula de interrupción y una válvula de retención.

Los motores de los equipos de elevación deberán ser accionados por los niveles en la cámara de bombeo. Se proveerán además controles manuales y dispositivos de alarma para sobre nivel.

Cuando el suministro normal de energía no garantice un servicio continuo a los equipos de bombeo en hoteles, hospitales y similares, deberán proveerse fuentes de energía independientes.

6.5. VENTILACIÓN

a) El sistema de desagüe debe ser adecuadamente ventilado, de conformidad con los párrafos siguientes, a fin de mantener la presión atmosférica en todo momento y proteger el sello de agua de cada una de las unidades del sistema.

b) El sello de agua deberá ser protegido contra sifonaje, mediante el uso adecuado de ramales de ventilación, tubos auxiliares de ventilación, ventilación en conjunto, ventilación húmeda o una combinación de estos métodos.

c) Los tubos de ventilación deberán tener una pendiente uniforme no menor de 1% en forma tal que el agua que pudiere condensarse en ellos, escurra a un conducto de desagüe o montante.

d) Los tramos horizontales de la tubería de ventilación deberán quedar a una altura no menor de 0,15 m por encima de la línea de rebose del aparato sanitario más alto al cual ventilan.

e) La distancia máxima entre la salida de un sello de agua y el tubo de ventilación correspondiente, según siguiente Tabla

Diámetro del conducto de desagüe del aparato sanitario(mm)	Distancia máxima entre el sello y el tubo de ventilación(m)
40 (1 ½")	1,10
50 (2")	1,50
75 (3")	1,80
100 (4")	3,00

Esta distancia se medirá a lo largo del conducto de desagüe, desde la salida del sello de agua hasta la entrada del tubo de ventilación.

f) Toda montante de desagüe deberá prolongarse al exterior, sin disminuir su diámetro. En el caso de que termine en una terraza accesible o utilizada para cualquier fin, se prolongará por encima del piso hasta una altura no menor de 1,80 m. Cuando la cubierta del edificio sea un techo o terraza inaccesible, la montante será prolongada por encima de éste, 0,15 m como mínimo.

En caso de que la distancia entre la boca de una montante y una ventana, puerta u otra entrada de aire al edificio sea menor de 3 m horizontalmente, el extremo superior de la montante deberá quedar como mínimo a 0,60 m, por encima de la entrada del aire.

La unión entre la montante y la cubierta del techo o terraza deberá ser a prueba de filtraciones.

g) La tubería principal de ventilación se instalará vertical, sin quiebres en lo posible y sin disminuir su diámetro.

h) El extremo inferior del tubo principal de ventilación deberá ser conectado mediante un tubo auxiliar de ventilación a la montante de aguas residuales, por debajo del nivel de conexión del ramal de desagüe más bajo.

El extremo superior del tubo de ventilación se podrá conectar a la montante principal, a una altura no menor de 0,15 m por encima de la línea de rebose del aparato sanitario más alto.

i) En los edificios de gran altura se requerirá conectar la montante al tubo principal de ventilación por medio de tubos auxiliares de ventilación, a intervalos de 5 pisos, contados a partir del último piso hacia abajo.

j) El diámetro del tubo auxiliar de ventilación a que se refiere el numeral anterior, será igual al del tubo principal de ventilación. Las conexiones a éste y la montante de aguas residuales deberán hacerse por medio de accesorio tipo «Y» en la forma siguiente:

- Las conexiones a la montante de aguas residuales se harán por debajo del ramal horizontal proveniente del piso correspondiente.
- Las conexiones al tubo de ventilación principal se harán a no menos de 1,0 m por encima del piso correspondiente.

k) El diámetro del tubo de ventilación principal se determinará tomando en cuenta su longitud total, el diámetro de la montante correspondiente y el total de unidades de descarga ventilada, según siguiente Tabla.

DIMENSIONES DE LOS TUBOS DE VENTILACIÓN PRINCIPAL

Diámetro de la montante, (mm)	Unidades de descarga ventiladas	Diámetro requerido para el tubo de ventilación principal			
		2"	3"	4"	6"
		50(mm)	75(mm)	100(mm)	150(mm)
		Longitud Máxima del Tubo en metros			
50 (2")	12	60,0	-	-	-
50 (2")	20	45,0	-	-	-
65 (2½")	10	-	-	-	-
75 (3")	10	30,0	180,0	-	-
75 (3")	30	18,0	150,0	-	-
75 (3")	60	15,0	120,0	-	-
100 (4")	100	11,0	78,0	300,0	-
100 (4")	200	9,0	75,0	270,0	-
100 (4")	500	6,0	54,0	210,0	-
203 (8")	600	-	-	15,0	150,0
203 (8")	1400	-	-	12,0	120,0
203 (8")	2200	-	-	9,0	105,0
203 (8")	3600	-	-	8,0	75,0
203 (8")	3600	-	-	8,0	75,0
254 (10")	1000	-	-	-	38,0
254 (10")	2500	-	-	-	30,0
254 (10")	3800	-	-	-	24,0
254 (10")	5600	-	-	-	18,0

l) Cuando una montante tenga en su recorrido un cambio de dirección de 45° o más con la vertical, será necesario ventilar los tramos de la montante que queden por encima y por debajo de dicho cambio. Estos tramos podrán ventilarse separadamente según lo especificado en el inciso i) del presente artículo, o bien se podrá ventilar por medio de tubos auxiliares de ventilación, uno para el tramo superior inmediatamente antes del cambio y otro para el tramo inferior. Cuando el cambio de dirección de la montante sea menor de 45° con la vertical, no se requerirá la ventilación auxiliar.

m) Para la ventilación individual de aparatos sanitarios, el diámetro de la tubería de ventilación será igual a la mitad del diámetro del conducto de desagüe al cual ventila y no menor de 50 mm ("2") Cuando la ventilación individual va conectada a un ramal horizontal común de ventilación, su diámetro y longitud se determinarán según siguiente Tabla.

DIÁMETRO DE LOS TUBOS DE VENTILACIÓN EN CIRCUITO Y DE LOS RAMALES

TERMINALES DE TUBOS DE VENTILACIÓN.

Diámetro de ramal horizontal de desagüe (mm)	Número máximo unidades de descarga	Diámetro del tubo de ventilación		
		50 mm	75 mm	100 mm
		2"	3"	4"
		Máxima longitud del tubo de ventilación (m)		
50 (2")	12	12,0	-	-
50 (2")	20	9,0	-	-
75 (3")	10	6,0	30,0	-
75 (3")	30	-	30,0	-
75 (3")	60	-	24,0	-
100 (4")	100	2,1	15,0	60,0
100 (4")	200	1,8	15,0	54,0
100 (4")	500	-	10,8	42,0

n) Se permitirá utilizar un tubo común de ventilación para servir dos aparatos sanitarios, en los casos que se señalan a continuación, siempre que el diámetro del tubo de ventilación y la distancia máxima cumplan con lo establecido en el inciso e) del presente artículo.

- Dos aparatos sanitarios tales como lavatorios, lavaderos de cocina o de ropa instaladas en el mismo piso y conectados al ramal de desagüe a un mismo nivel.
- Dos aparatos sanitarios ubicados en el mismo piso, pero conectados a la montante o ramal vertical de desagüe a diferentes niveles, siempre que el diámetro de dicho ramal o montante sea de un tamaño mayor que el requerido por el aparato superior y no menor que el requerido por el aparato inferior.

o) La prolongación de la montante o tubería de desagüe por encima del último ramal, podrá servir como único medio de ventilación para lavatorios y lavaderos siempre que cumpla con las distancias máximas establecidas en el inciso e) del presente artículo.

p) Para el caso de ventilación común, para mas de dos aparatos podrá usarse la ventilación en circuito, siempre que cumpla los requisitos establecidos en el presente artículo.

q) El diámetro del tubo de ventilación en circuito se calculará en función de su longitud y sobre la base del diámetro del ramal horizontal de desagüe, según la Tabla del inciso m).

Dicho diámetro no podrá ser menor que la mitad del diámetro del ramal horizontal de desagüe correspondiente y en ningún caso menor de 50 mm (2").

r) Es obligatorio instalar tubos auxiliares de ventilación en los siguientes casos:

- En la ventilación de la montante.
- En la ventilación en circuito.
- En todos aquellos otros casos en que sea necesario asegurar eln buen funcionamiento del sistema.
- El diámetro mínimo del tubo auxiliar de ventilación será la mitad del diámetro del ramal de desagüe a que está conectado.

s) Aquellos aparatos sanitarios que no pueden ser ventilados de acuerdo a las distancias máximas establecidos

en el inciso e) del presente artículo, tales como lavaderos y otros similares, deberán descargar en forma indirecta a un sumidero de piso, caja u otro dispositivo apropiadamente ventilado.

6.6. SISTEMA DE ELIMINACIÓN SANITARIA DE EXCRETA

a) Letrina sanitaria

Podrá utilizarse letrinas sanitarias en las habilitaciones urbanas que no cuenten con sistemas de eliminación de excretas con arrastre de agua (sistemas de alcantarillado), siempre que cumpla con los requisitos establecidos en las normas correspondientes:

7. AGUA DE LLUVIA

7.1. RECOLECCIÓN

a) Cuando no exista un sistema de alcantarillado pluvial y la red de aguas residuales no haya sido diseñada para recibir aguas de lluvias, no se permitirá descargar este tipo de aguas a la red de aguas residuales. Estas deberán disponerse al sistema de drenaje o áreas verdes existentes.

b) Los receptores de agua de lluvia estarán provistos de rejillas de protección contra el arrastre de hojas, papeles, basura y similares. El área total libre de las rejillas, será por lo menos dos veces el área del conducto de elevación.

c) Los diámetros de las montantes y los ramales de colectores para aguas de lluvia estarán en función del área servida y de la intensidad de la lluvia.

d) Los diámetros de las canaletas semicirculares se calcularán tomando en cuenta el área servida, intensidad de lluvia y pendiente de la canaleta.

e) La influencia que puedan tener las aguas de lluvias en las cimentaciones deberán preverse realizando las obras de drenaje necesarias.

f) La capacidad de las bombas de las cámaras de bombeo se calculará teniendo en cuenta la máxima intensidad de lluvia registrada, de los últimos años.

7.2. ALMACENAMIENTO Y ELEVACIÓN

El volumen de almacenamiento estará de acuerdo a la intensidad y frecuencia de lluvias. El sistema de elevación deberá considerar lo señalado en los artículos 22 y 23 de la presente Norma.

ANEXOS

ANEXO N° 1

UNIDADES DE GASTO PARA EL CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LOS EDIFICIOS (APARATOS DE USO PRIVADO)

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Inodoro	Con tanque – descarga reducida.	1,5	1,5	-
Inodoro	Con tanque.	3	3	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática.	6	6	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	3	3	-
Bidé		1	0,75	0,75
Lavatorio		1	0,75	0,75
Lavadero		3	2	2
Ducha		2	1,5	1,5
Tina		2	1,5	1,5
Urinario	Con tanque	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática.	5	5	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	2,5	2,5	-
Urinario	Múltiple (por m)	3	3	-

Para calcular tuberías de distribución que conduzcan agua fría solamente o agua fría más el gasto de agua a ser calentada, se usarán las cifras indicadas en la primera columna. Para calcular diámetros de tuberías que conduzcan agua fría o agua caliente a un aparato sanitario que requiera de ambas, se usarán las cifras indicadas en la segunda y tercera columna.

ANEXO N° 2

UNIDADES DE GASTO PARA EL CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LOS EDIFICIOS (APARATOS DE USO PÚBLICO)

Aparato sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Inodoro	Con tanque – descarga reducida.	2,5	2,5	-
Inodoro	Con tanque.	5	5	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática.	8	8	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	4	4	-
Lavatorio	Corriente.	2	1,5	1,5
Lavatorio	Múltiple.	2(*)	1,5	1,5
Lavadero	Hotel restaurante.	4	3	3
Lavadero	-	3	2	2
Ducha	-	4	3	3
Tina	-	6	3	3
Urinario	Con tanque.	3	3	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática.	5	5	-
Urinario	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida.	2,5	2,5	-
Urinario	Múltiple (por ml)	3	3	-
Bebedero	Simple.	1	1	-
Bebedero	Múltiple	1(*)	1(*)	

Para calcular tuberías de distribución que conduzcan agua fría solamente o agua fría más el gasto de agua a ser calentada, se usarán las cifras indicadas en la primera columna. Para calcular diámetros de tuberías que conduzcan agua fría o agua caliente a un aparato sanitario que requiera de ambas, se usarán las cifras indicadas en la segunda y tercera columna.

(*) Debe asumirse este número de unidades de gasto por cada salida.

ANEXO N° 3

GASTOS PROBABLES PARA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HUNTER

N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula		
3	0,12	-	120	1,83	2,72	1100	8,27
4	0,16	-	130	1,91	2,80	1200	8,70
5	0,23	0,91	140	1,98	2,85	1300	9,15
6	0,25	0,94	150	2,06	2,95	1400	9,56
7	0,28	0,97	160	2,14	3,04	1500	9,90
8	0,29	1,00	170	2,22	3,12	1600	10,42
9	0,32	1,03	180	2,29	3,20	1700	10,85
10	0,43	1,06	190	2,37	3,25	1800	11,25
12	0,38	1,12	200	2,45	3,36	1900	11,71
14	0,42	1,17	210	2,53	3,44	2000	12,14
16	0,46	1,22	220	2,60	3,51	2100	12,57
18	0,50	1,27	230	2,65	3,58	2200	13,00
20	0,54	1,33	240	2,75	3,65	2300	13,42
22	0,58	1.37	250	2,84	3,71	2400	13,86
24	0,61	1.42	260	2,91	3,79	2500	14,29
26	0,67	1,45	270	2,99	3.87	2600	14,71
28	0,71	1,51	280	3,07	3,94	2700	15,12
30	0,75	1,55	290	3,15	4,04	2800	15,53
32	0,79	1,59	300	3,32	4,12	2900	15,97
34	0,82	1,63	320	3,37	4,24	3000	16,20
36	0,85	1,67	340	3,52	4,35	3100	16,51
38	0,88	1,70	380	3,67	4,46	3200	17,23
40	0,91	1,74	390	3,83	4,60	3300	17,85
42	0,95	1,78	400	3,97	4,72	3400	18,07
44	1,00	1,82	420	4,12	4,84	3500	18,40
46	1,03	1,84	440	4,27	4,96	3600	18,91

N° de unidades	Gasto Probable Tanque	Gasto Probable Válvula	N° de unidades	Gasto Probable Tanque	Gasto Probable Válvula	N° de unidades	Gasto Proba-ble
48	1,09	1,92	460	4,42	5,08	3700	19,23
50	1,13	1,97	480	4,57	5,20	3800	19,75
55	1,19	2,04	500	4,71	5,31	3900	20,17
60	1,25	2,11	550	5,02	5,57	4000	20,50
65	1,31	2,17	600	5,34	5,83	PARA EL NÚMERO DE UNIDADES DE ESTA COLUMNA ES INDIFERENTE QUE LOS APARATOS SEAN DE TANQUE O DE VÁLVULA	
70	1,36	2,23	650	5,85	6,09		
75	1,41	2,29	700	5,95	6,35		
80	1,45	2,35	750	6,20	6,61		
85	1,50	2,40	800	6,60	6,84		
90	1,56	2,45	850	6,91	7,11		
95	1,62	2,50	900	7,22	7,36		
100	1,67	2,55	950	7,53	7,61		
110	1,75	2,60	1000	7,84	7,85		

NOTA: Los gastos están dados en L/s y corresponden a un ajuste de la tabla original del Método de Hunter.

ANEXO N° 4

ESPACIAMIENTO MÁXIMO ENTRE SOPORTES EN METROS

Diámetro de	Pulg.	½"	¾"	1"	1 ¼" a 2"	2 ½" a 4"	Mayor a 4"
la tubería	mm	15	20	25	32 a 50	65 a 100	Mayor a 100
Acero.		2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50
Cobre.		1,80	2,40	2,40	3,00	3,60	4,00
PVC y similares.		1,50	2,00	2,00	2,50	3,00	3,50

ANEXO N° 5

DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS DE IMPULSIÓN EN FUNCIÓN DEL GASTO DE BOMBEO

Gasto de bombeo en L/s	Diámetro de la tubería de impulsión (mm)
Hasta 0,50	20 (3/4")
Hasta 1,00	25 (1")
Hasta 1,60	32 (1 ¼")
Hasta 3,00	40 (1 ½")
Hasta 5,00	50 (2")
Hasta 8,00	65 (2 ½")
Hasta 15,00	75 (3")
Hasta 25,00	100 (4")

ANEXO N° 6

UNIDADES DE DESCARGA

Tipos de aparatos	Diámetro mínimo de la trampa(mm)	Unidades de descarga
Inodoro (con tanque).	75 (3")	4
Inodoro (con tanque descarga reducida).	75 (3")	2
Inodoro (con válvula automática y semiautomática).	75 (3")	8
Inodoro (con válvula automática y semiautomática de descarga reducida).	75 (3")	4
Bidé.	40 (1 ½")	3
Lavatorio.	32 - 40 (1 ¼" - 1 ½")	1 - 2
Lavadero de cocina.	50 (2")	2
Lavadero con trituradora de desperdicios.	50 (2")	3
Lavadero de ropa.	40 (1 ½")	2
Ducha privada.	50 (2")	2
Ducha pública.	50 (2")	3
Tina.	40 - 50 (1 1/2" - 2")	2 - 3
Urinario de pared.	40 (1 ½")	4
Urinario de válvula automática y semiautomática.	75 (3")	8
Urinario de válvula automática y semiautomática de descarga reducida.	75 (3")	4
Urinario corrido.	75 (3")	4
Bebedero.	25 (1")	1 - 2
Sumidero	50 (2")	2

ANEXO N° 7

UNIDADES DE DESCARGA PARA APARATOS NO ESPECIFICADOS

Diámetro de la tubería de descarga del aparato (mm)	Unidades de descarga correspondientes
32 o menor (1 1/4" o menor)	1
40 (1 ½")	2
50 (2")	3
65 (2 ½")	4
75 (3")	5
100 (4")	5

Para los casos de aparatos con descarga continua se calculará a razón de una unidad por cada 0,03 L/s de gasto.

ANEXO N° 8

NÚMERO MÁXIMO DE UNIDADES DE DESCARGA QUE PUEDE SER CONECTADO A LOS CONDUCTOS HORIZONTALES DE DESAGÜE Y A LAS MONTANTES

Diámetro del tubo(mm)	Cualquier horizontal de desagüe (*)	Montantes de 3 pisos de altura	Montantes de más de 3 pisos	
			Total en la montante	Total por Piso
32 (1 ¼")	1	2	2	1
40 (1 ½")	3	4	8	2
50 (2")	6	10	24	6
65 (2 ½")	12	20	42	9
75 (3")	20	30	60	16
100 (4")	160	240	500	90
125 (5")	360	540	1100	200
150 (6")	620	960	1900	350
200 (8")	1400	2200	3600	600
250 (10")	2500	3800	5660	1000
300 (12")	3900	6000	8400	1500
375 (15")	7000	-	-	-

(*) No se incluye los ramales del colector del edificio.

ANEXO N° 9

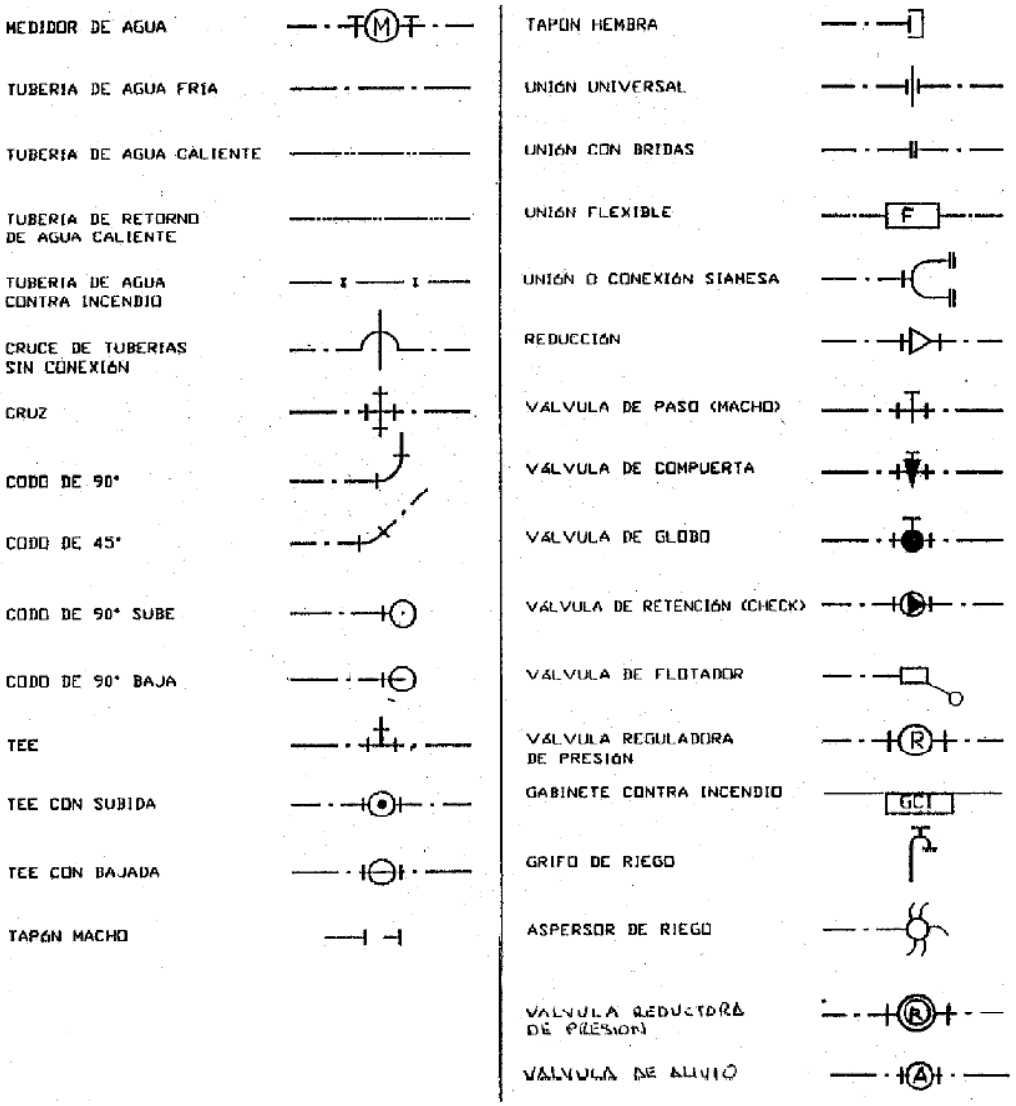
NÚMERO MÁXIMO DE UNIDADES DE DESCARGA QUE PUEDE SER CONECTADO A LOS COLECTORES DEL EDIFICIO

Diámetro del tubo(mm)	Pendiente		
	1%	2%	4%
50 (2")	-	21	26
65 (2 ½")	-	24	31
75 (3")	20	27	36
100 (4")	180	216	250
125 (5")	390	480	575
150 (6")	700	840	1000
200 (8")	1600	1920	2300
250 (10")	2900	3500	4200
300 (12")	4600	5600	6700
375 (15")	8300	10000	12000

ANEXO 10

SIMBOLOGÍA

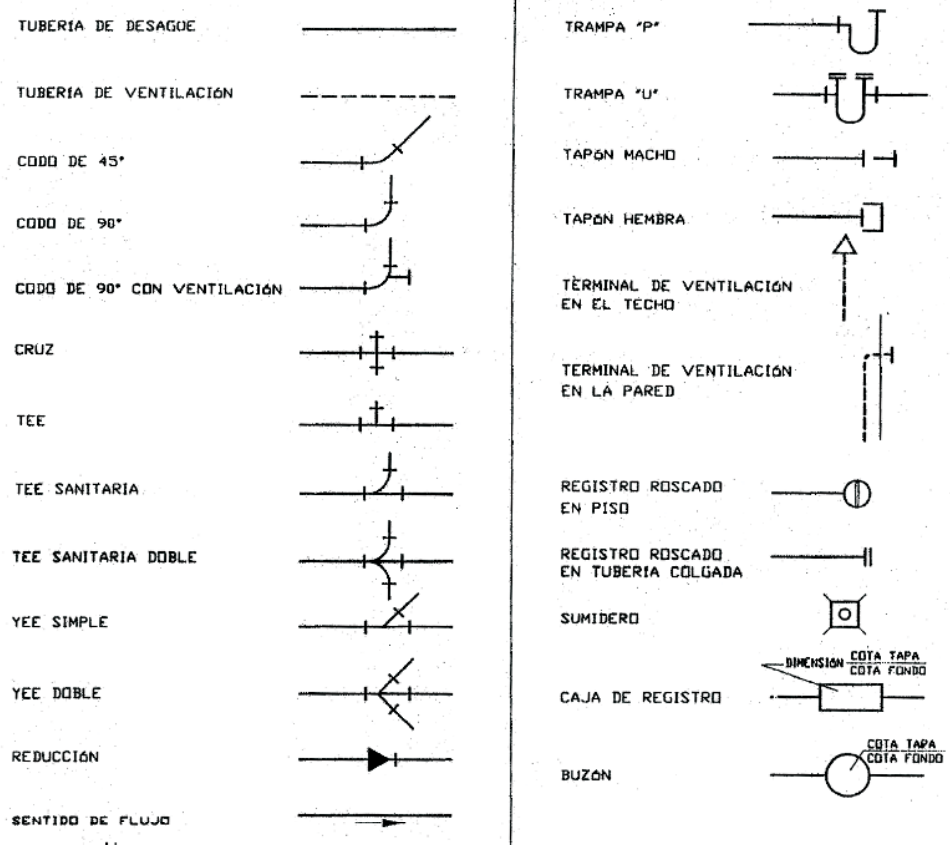
SÍMBOLOS GRÁFICOS



Los símbolos gráficos, no incluidos en la Lámina N°1, deben indicarse en los planos del proyecto

SÍMBOLOS GRÁFICOS

DESAGÜE



Los símbolos gráficos, no incluidos en la lámina N°2, deben indicarse en los planos del proyecto

ANEXO 11

DEFINICIONES

- **Alimentación (tubería de.)**.- Tubería comprendida entre el medidor y la válvula de flotador en el depósito de almacenamiento, o el inicio de la red de distribución, en el caso de no existir depósito.
- **Alimentador**.- Tubería que abastece a los ramales.
- **Agua servida o desagüe**.- Agua que carece de potabilidad, proveniente del uso doméstico, industrial o similar.
- **Baño público**.- Establecimiento para el servicio de higiene personal.
- **Cisterna**. - Depósito de almacenamiento ubicado en la parte baja de una edificación.
- **Colector**.- Tubería horizontal de un sistema de desagüe que recibe la descarga de los ramales o montantes.
- **Conexión cruzada**.- Conexión física entre dos sistemas de tuberías, uno de los cuales contiene agua potable y el otro agua de calidad desconocida, donde el agua puede fluir de un sistema a otro.
- **Diámetro nominal**.- Medida que corresponde al diámetro exterior, mínimo de una tubería.
- **Gabinete contra incendio**.- Salida del sistema contra incendio, que consta de manguera, válvula y pitón.
- **Hidrante**.- Grifo contra incendio.
- **Impulsión (tubería.)**.- Tubería de descarga del equipo de bombeo.
- **Instalación exterior**.- Conjunto de elementos que conforman los sistemas de abastecimiento y distribución de agua, evacuación de desagües e instalaciones sanitarias especiales, ubicadas fuera de la edificación y que no pertenecen al sistema público.
- **Instalación interior**.- Conjunto de elementos que conforman los sistemas de abastecimiento y distribución de agua, evacuación de desagües, su ventilación, e instalaciones sanitarias especiales, ubicados dentro de la edificación.
- **Montante**.- Tubería vertical de un sistema de desagüe que recibe la descarga de los ramales.
- **Ramal de agua**.- Tubería comprendida entre el alimentador y la salida a los servicios.
- **Ramal de desagüe**.- Tubería comprendida entre la salida del servicio y el montante o colector.
- **Red de distribución**.- Sistema de tuberías compuesto por alimentadores y ramales.
- **Servicio sanitario**.- Ambiente que alberga uno o más aparatos sanitarios.
- **Sifonaje**.- Es la rotura o pérdida del sello hidráulico de la trampa (sifón), de un aparato sanitario, como resultado de la pérdida de agua contenida en ella.
- **Succión (tubería de.)**.- Tubería de ingreso al equipo de bombeo.
- **Tanque elevado**.- Depósito de almacenamiento de agua que da servicio por gravedad.

NORMA IS.020

TANQUES SÉPTICOS

1. OBJETIVOS:

El objetivo de la presente norma, es establecer los criterios generales de diseño, construcción y operación de un tanque séptico, como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales.

2. ALCANCE

Se utilizará el Tanque Séptico como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas rurales o urbanas que no cuentan con redes de captación de aguas residuales, o se encuentran tan alejadas como para justificar su instalación.

3. DEFINICIONES

3.1. Afluente.- Aguas residuales sin tratar o parcialmente tratadas, que entra a un depósito ó estanque.

3.2. Aguas residuales domésticas.- Aguas residuales derivadas principalmente de las casas, edificios comerciales instituciones y similares, que no están mezcladas con aguas de lluvia o aguas superficiales.

3.3. Efluente.- Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento.

3.4. Espacio libre.- Es la distancia vertical entre el máximo nivel de la superficie del liquido, en un tanque.

3.5. Estabilidad.- Es la propiedad de cualquier sustancia, contenida en las aguas residuales, o en el efluente o en los lodos digeridos, que impide la putrefacción. Es el antónimo de putrescibilidad.

3.6. Grasa.- En aguas residuales, el término grasa incluye a las grasas propiamente dichas, ceras, ácidos grasos libres, jabones de calcio y de magnesio, aceites minerales y otros materiales no grasosos.

3.7. Lecho de secado de lodos.- Aquella superficie natural confinada o lechos artificiales de material poroso, en los cuales son secados los lodos digeridos de las aguas residuales por escurrimiento y evaporación.

Un lecho de secado de lodos puede quedar a la intemperie o cubierto, usualmente, con un armazón del tipo invernadero.

3.8. Lodos.- Los sólidos depositados por las aguas residuales domésticas o desechos industriales crudos o tratados, acumulados por sedimentación en tanques y que contienen más o menos agua para formar una masa semilíquida.

3.9. Pendiente.- La inclinación o declive de una tubería o de la superficie natural del terreno, usualmente expresada por la relación o porcentaje del número de unidades de elevación o caída vertical, por unidad de distancia horizontal.

3.10. Percolación.- El flujo o goteo del líquido que desciende a través del medio filtrante. El líquido puede o no llenar los poros del medio filtrante.

3.11. Periodo de Retención.- El tiempo teórico requerido para desalojar el contenido de un tanque o una unidad, a una velocidad o régimen de descarga determinado (volumen dividido por el gasto).

3.12. Sedimentación.- El proceso de asentar y depositar la materia suspendida que arrastra el agua, las aguas residuales u otros líquidos, por gravedad. Esto se logra usualmente disminuyendo la velocidad del líquido por debajo del límite necesario para el transporte del material suspendido. También se llama asentamiento.

3.13. Sifón.- Conducto cerrado, una porción del cual yace por debajo de la línea de nivel hidráulico. Así se origina una presión inferior a la atmosférica en esa porción y por esto requiere que sea creado un vacío para lograr el flujo.

3.14. Sólidos Sedimentables.- Sólidos suspendidos que se asientan en el agua, aguas residuales, u otro líquido en reposo, en un periodo razonable. Tal periodo se considera, aunque arbitrariamente, igual a una hora.

3.15. Tanque Dosificador.- Un tanque en el cual se introducen aguas residuales domésticas parcialmente tratadas, en cantidad determinada y del cual son descargadas después, en la proporción que sea necesaria, para el subsecuente tratamiento.

3.16. Tanque Séptico.- Es un tanque de sedimentación de acción simple, en el que los lodos sedimentados están en contacto inmediato con las aguas residuales domésticas que entran al tanque, mientras los sólidos orgánicos se descomponen por acción bacteriana anaerobia.

3.17. Tratamiento Primario.- Proceso anaeróbico de la eliminación de sólidos.

3.18. Tratamiento Secundario.- Tratamiento donde la descomposición de los sólidos restantes es realizada por organismos aeróbicos, este tratamiento se realiza mediante campos de percolación o pozos.

3.19. Trampas de Grasa.- A través de este componente, se separa la grasa flotante o espuma de la superficie de un tanque séptico.

4. INVESTIGACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Las investigaciones básicas para el diseño de los tanques sépticos y la presentación del proyecto serán:

4.1. Estudio del subsuelo

Deberá realizarse un estudio del subsuelo que incluirá: tipo, nivel freático y la capacidad de infiltración del subsuelo

4.2. Esquema General de Localización

El levantamiento topográfico se elaborara para indicar la localización del tanque séptico con respecto a cuerpos de agua tales como ríos, canales de agua de lluvia, lagos, pozos de agua potable existentes; y en general, todos aquellos datos necesarios para la correcta localización del tanque séptico y el tratamiento complementario del efluente.

5. TUBERÍAS DE RECOLECCIÓN Y CONDUCCIÓN AL TANQUE SÉPTICO

Su función es conducir las aguas residuales domésticas desde las viviendas al tanque séptico, debiendo tener cuidado en su construcción de no contaminar el suelo o el abastecimiento de agua y de impedir la entrada de aguas de infiltración que recargarían la capacidad del tanque.

6. DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS

6.1. GENERALIDADES

6.1.1. El tanque séptico es una estructura de separación de sólidos que acondiciona las aguas residuales para su buena infiltración y estabilización en los sistemas de percolación que necesariamente se instalan a continuación.

6.1.2. El diseño de tanques sépticos circulares deberá justificarse y en dicho caso deberá considerarse un diámetro interno mínimo de 1.1 m.

6.1.3. Los tanques sépticos solo se permitirán en las zonas rurales o urbanas en las que no existan redes de alcantarillado, o éstas se encuentren tan alejadas, como para justificar su instalación.

6.1.4. En las edificaciones en las que se proyectan tanques sépticos y sistemas de zanjas de percolación, pozos de absorción o similares, requerirán, como requisito primordial y básico, suficiente área para asegurar el normal funcionamiento de los tanques durante varios años, sin crear problemas de salud pública, a juicio de las autoridades sanitarias correspondientes.

6.1.5. No se permitirá la descarga directa de aguas residuales a un sistema de absorción

6.1.6. El afluente de los tanques sépticos deberá sustentar el dimensionamiento del sistema de absorción de sus efluentes, en base a la presentación de los resultados del test de percolación.

6.2. TIEMPO DE RETENCIÓN

El período de retención hidráulico en los tanques sépticos será estimado mediante la siguiente fórmula:

$$PR = 1{,}5 - 0{,}3 \cdot Log(P \cdot q)$$

donde :

PR = Tiempo promedio de retención hidráulica, en días
P = Población Servida
q = Caudal de aporte unitario de aguas residuales, Lt/hab.dia.

El tiempo mínimo de retención hidráulico será de 6 horas.

6.3. VOLUMEN DEL TANQUE SÉPTICO

6.3.1. El volumen requerido para la sedimentación Vs. en m3 se calcula mediante la fórmula:

$$V_s = 10^{-3} \cdot (P \cdot q) \cdot PR$$

DEBE DECIR:

6.3.2. Se debe considerar un volumen de digestión y almacenamiento de lodos (Vd, en m³) basado en un requerimiento anual de 70 litros por persona que se calculará mediante la fórmula:

$$V_d = ta \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot N$$

donde,

P: Población Servida
N: Es el intervalo deseado entre operaciones sucesivas de remoción de lodos, expresado en años. El tiempo mínimo de remoción de lodos es de 1 año.
ta: Tasa de acumulación de lodos expresada en L/hab.año. Un valor diferente al indicado (70 L/hab.año. Deberá justificarse.

6.4. DIMENSIONES

6.4.1. Profundidad máxima de espuma sumergida (H_e)
Se debe considerar un volumen de almacenamiento de natas y espumas, la profundidad máxima de espuma sumergida (H_e, en m) es una función del área superficial del tanque séptico (A, en m²) y se calcula mediante la ecuación.

$$H_e = \frac{0,7}{A}$$

donde,

A : Área superficial del tanque séptico, en m^2

6.4.2. Debe existir una profundidad mínima aceptable de la zona de sedimentación que se denomina profundidad de espacio libre (Hl, en m) y comprende la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad libre de lodos.

6.4.3. La profundidad libre de espuma sumergida es la distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee o cortina del dispositivo de salida del tanque séptico (Hes) y debe tener un valor mínimo de 0,1 m.

6.4.4. La profundidad libre de lodo es la distancia entre la parte superior de la capa de lodo y el nivel inferior de la Tee o cortina del dispositivo de salida, su valor (Ho, en m) se relaciona con el área superficial del tanque séptico y se calcula mediante la fórmula:

$$H_o = 0,82 - 0,26 \times A$$

Ho, está sujeto a un valor mínimo de 0,3 m

6.4.5. La profundidad de espacio libre (H_l) debe seleccionarse comparando la profundidad del espacio libre mínimo total calculado como (0,1 + H_s) con la profundidad mínima requerida para la sedimentación (H_s), se elige la mayor profundidad.

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

Donde:
A : Área superficial del tanque séptico
V_s : Volumen de sedimentación

6.4.6. La profundidad total efectiva es la suma de la profundidad de digestión y almacenamiento de lodos ($H_d = V_d/A$), la profundidad del espacio libre (H_l) y la profundidad máxima de las espumas sumergidas (H_e).
La profundidad total efectiva:

$$H_{total\ efectiva} = H_d + H_l + H_e$$

6.4.7. En todo tanque séptico habrá una cámara de aire de por lo menos 0,3 m de altura libre entre el nivel superior de las natas espumas y la parte inferior de la losa de techo.

6.4.8. Para mejorar la calidad de los efluentes, los tanques sépticos, podrán subdividirse en 2 o más cámaras. No obstante se podrán aceptar tanques de una sola cámara cuando la capacidad total del tanque séptico no sea superior a los 5 m³.

6.4.9. Ningún tanque séptico se diseñará para un caudal superior a los 20 m³/día. Cuando el volumen de líquidos a tratar en un día sea superior a los 20 m³ se buscará otra solución. No se permitirá para estas condiciones el uso de tanques sépticos en paralelo.

6.4.10. Cuando el tanque séptico tenga 2 o mas cámaras, la primera tendrá una capacidad de por lo menos 50% de la capacidad útil total.

6.4.11. La relación entre el largo y el ancho de un tanque séptico rectangular será como mínimo de 2:1

6.5. CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCIÓN

6.5.1. Materiales
Para los tanques sépticos pequeños, el fondo se construye por lo general de concreto no reforzado, lo bastante grueso para soportar la presión ascendente cuando el tanque séptico esté vacío. Si las condiciones del suelo son desfavorables o si el tanque es de gran tamaño, puede ser necesario reforzar el fondo. Las paredes son, por lo común, de ladrillo o bloques de concreto y deben enlucirse en el interior con mortero para impermeabilizarlas.

6.5.2. Accesos
Todo tanque séptico tendrá losas removibles de limpieza y registros de inspección. Existirán tantos registros como cámaras tenga el tanque. Las losas removibles deberán estar colocadas principalmente sobre los dispositivos de entrada y salida.

6.5.3. Dispositivos de entrada y salida del agua

a) El diámetro de las tuberías de entrada y salida de los tanques sépticos será de 100 mm (4")
b) La cota de salida del tanque séptico estará a 0,05 m por debajo de la cota de entrada, para evitar represamientos.
c) Los dispositivos de entrada y salida estarán constituidos por Tees o cortinas
d) El nivel de fondo de cortinas o las bocas de entrada y salida de las Tees, estarán a –0,3 m y –0,4 m respectivamente, con relación al nivel de las natas y espumas y el nivel de fondo del dispositivo de salida.
e) La parte superior de los dispositivos de entrada y salida estarán a por lo menos 0,20 m con relación al nivel de las natas y espumas.

6.5.4. Muro o tabique divisorio
Cuando el tanque tenga más de una cámara, se deben prever aberturas o pases cortos sobre el nivel del lodo y por debajo de la espuma. Las ranuras o pases deben ser dos, por lo menos, a fin de mantener la distribución uniforme de la corriente en todo el tanque séptico.

6.5.5. Ventilación del tanque
Si el sistema de desagüe de la vivienda u otra edificación posee una tubería de ventilación en su extremo superior, los gases pueden salir del tanque séptico por este dispositivo. Si el sistema no ésta dotado de ventilación, se debe prever una tubería desde el tanque séptico mismo, protegida con una malla.

6.5.6. Fondo del tanque séptico
El fondo de los tanques sépticos tendrá pendiente de 2% orientada hacia el punto de ingreso de los líquidos. Si hay dos compartimientos, el segundo debe tener la parte inferior horizontal y el primero puede tenerla inclinada hacia la entrada. En los casos en que el terreno lo permita, se colocará tubería para el drenaje de lodos, la que estará ubicada en la sección mas profunda. La tubería estará provista de válvula de limpieza.

6.6. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL TANQUE SÉPTICO

6.6.1. Para una adecuada operación del sistema, se recomienda no mezclar las aguas de lluvia con las aguas residuales; así mismo, se evitará el uso de químicos para limpieza del tanque séptico y el vertimiento de aceites.
Los tanques sépticos deben ser inspeccionados al menos una vez por año ya que ésta es la única manera de determinar cuándo se requiere una operación de mantenimiento y limpieza. Dicha inspección deberá limitarse a medir la profundidad de los lodos y de la nata. Los lodos se extraerán cuando los sólidos lleguen a la mitad o a las dos terceras partes de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo.

6.6.2. La limpieza se efectúa bombeando el contenido del tanque a un camión cisterna. Si no se dispone de un camión cisterna aspirador, los lodos deben sacarse manualmente con cubos.

6.6.3. Cuando la topografía del terreno lo permita se puede colocar una tubería de drenaje de lodos, que se colocará en la parte más profunda del tanque (zona de ingreso). La tubería estará provista de una válvula. En este caso, es recomendable que la evacuación de lodos se realice hacia un lecho de secado.

6.6.4. Cuando se extrae los lodos de un tanque séptico, este no debe lavarse completamente ni desinfectarse. Se debe dejar en el tanque séptico una pequeña cantidad de fango para asegurar que el proceso de digestión continúe con rapidez.

6.6.5. Los lodos retirados de los tanques sépticos se podrá transportar hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales. En zonas donde no exista fácil acceso a las plantas de tratamiento o estas no existan en lugares cercanos, se debe disponer los lodos en trincheras y una vez secos proceder a enterrarlos, transportarlos hacia un relleno sanitario o usarlos como mejorador de suelo. Las zonas de enterramiento deben estar alejadas de las viviendas (por lo menos 500 metros de la vivienda más cercana). En ningún caso los lodos removidos se arrojarán a cuerpos de agua.

7. TRATAMIENTOS COMPLEMENTARIOS DEL EFLUENTE

7.1. GENERALIDADES

El efluente de un tanque séptico no posee las cualidades físico-químicos u organolépticas adecuadas para ser descargado directamente a un cuerpo receptor de agua. Por esta razón es necesario dar un tratamiento complementario al efluente, con el propósito de disminuir los riesgos de contaminación y daños a la salud pública. Para el efecto, a continuación se presentan las alternativas de tratamientos del efluente.

7.1.1. CAMPOS DE PERCOLACIÓN

a) Para efectos del diseño del sistema de percolación se deberá efectuar un «test de percolación». Los terrenos se clasifican de acuerdo a los resultados de esta prueba en: Rápidos, Medios, Lentos, según los valores de la presente tabla:

TABLA1
CLASIFICACIÓN DE LOS TERRENOS SEGÚN RESULTADOS DE PRUEBA DE PERCOLACIÓN

Clase de Terreno	Tiempo de Infiltración para el descenso de 1 cm.
Rápidos	de 0 a 4 minutos
Medios	de 4 a 8 minutos
Lentos	de 8 a 12 minutos

Cuando el terreno presenta resultados de la prueba de percolación con tiempos mayores de 12 minutos no se considerarán aptos para la disposición de efluentes de los tanques sépticos debiéndose proyectar otros sistema de tratamiento y disposición final.

b) Las distancias de los tanques sépticos, campo de percolación, pozos de absorción a las viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimiento y cursos de agua superficiales (ríos, arroyos, etc.) estará de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA 2
DISTANCIA MÍNIMA AL SISTEMA DE TRATAMIENTO

TIPO DE SISTEMAS	DISTANCIA MÍNIMA EN METROS			
	Pozo de agua	Tubería de agua	Curso superficial	Vivienda
Tanque séptico	15	3	-	-
Campo de percolación	25	15	10	6
Pozo de absorción	25	10	15	6

c) El tanque séptico y el campo de percolación estarán ubicados aguas abajo de la captación de agua, cuando se trate de pozos cuyos niveles estáticos estén a menos de 15 m de profundidad.

GUÍA DE DISEÑO

1. El área útil del campo de percolación será el mayor valor entre las áreas del fondo y de las paredes laterales, contabilizándolas desde la tubería hacia abajo. En consecuencia, el área de absorción se estima por medio de la siguiente relación.

$$A = Q / R$$

donde:

A : Área de absorción en (m^2)
Q : Caudal promedio, efluente del tanque séptico (L/día)
R : Coeficiente de infiltración (L/m^2/día).

2. La profundidad de las zanjas se determinará de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de precolación. La profundidad mínima de las zanjas será de 0,60 m, procurando mantener una separación mínima de 2 m entre el fondo de la zanja y el nivel freático.

3. El ancho de las zanjas estará en función de la capacidad de percolación de los terrenos y podrá variar entre un mínimo de 0,45 m y un máximo de 0,9 m.

4. La longitud de las zanjas se determinará de acuerdo con la tasa de percolación y el ancho de las zanjas. La configuración de las zanjas podrá tener diferentes diseños dependiendo del tamaño y la forma de la zona de eliminación disponible, la capacidad requerida y la topografía del área.

5. La longitud máxima de cada línea de drenes será de 30 m. Todas las líneas de drenaje en lo posible serán de igual longitud.

6. Todo campo de absorción tendrá como mínimo dos líneas de drenes. El espaciamiento entre los ejes de cada zanja tendrá un valor mínimo de 2 metros.

7. La pendiente mínima de los drenes será de 1,5 ‰ (1,5 por mil) y un valor máximo de 5 ‰ (5 por mil).

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

1. Para construir una zanja de percolación son necesarios los siguientes materiales: gravas o piedras trituradas de granulometría variable comprendida entre 1,5 y 5 cm, tubería de PVC de 100 mm de diámetro con juntas abiertas o con perforaciones que permitan la distribución uniforme del líquido en el fondo de las zanjas.

2. En toda zanja de percolación habrá por lo menos dos capas de grava limpia, la inferior tendrá un espesor mínimo de 0,15 m constituida por material cuya granulometría variará entre 2,5 a 5 cm. sobre ella se acomodarán los drenes. Rodeando los drenes se colocará otra capa de grava de 1,5 a 5 cm, la que cubrirá hasta una altura de por lo menos 5cm el resto de las zanjas se rellenará con la tierra extraída de la excavación hasta alcanzar entre 10 a 15 cm de altura por encima de la superficie del suelo.

3. En los sistemas de disposición de efluentes de un tanque séptico mediante tanques de percolación, deberá existir cajas repartidoras de flujos hacia los respectivos drenes.

4. Cada dren o conjunto de drenes, llevará en un punto inicial una caja de inspección de 0.60x0.60 m. como mínimo. La función de esta caja será la de permitir regular o inspeccionar el funcionamiento de cada uno de los drenes en conjunto.

5. En las cajas distribuidoras se pondrá especial cuidado para lograr la distribución uniforme del flujo de cada dren. Esto se podrá obtener ya sea por medias cañas vaciadas en la fosa de fondo, por pantallas distribuidoras de flujo o por otros sistemas debidamente justificados.

6. Las salidas hacia los drenes en las cajas distribuidoras estarán todas al mismo nivel salvo que se utilicen vertederos para el reparto de caudales.

7. No se permitirá en la caja de distribución que ninguna salida hacia los drenes esté ubicada exactamente frente a la tubería de ingreso.

7.1.2. POZOS DE ABSORCIÓN

GUÍA DE DISEÑO

1. Los pozos de absorción podrán usarse cuando no se cuente con área suficiente para la instalación del campo de percolación o cuando el suelo sea impermeable dentro del primer metro de profundidad, existiendo estratos favorables a la infiltración.

2. El área efectiva de absorción del pozo lo constituye el área lateral del cilindro (excluyendo el fondo). Para el cálculo se considerará el diámetro exterior del muro y la altura quedará fijada por la distancia entre el punto de ingreso de los líquidos y el fondo del pozo.

3. La capacidad del pozo de absorción se calculará en base a las pruebas de infiltración que se hagan en cada estrato, usándose el promedio ponderado de los resultados para definir la superficie de diseño.

4. Todo pozo de absorción deberá introducirse por lo menos 2m en la capa filtrante, siempre y cuando el fondo del pozo quede por lo menos a 2 m sobre el nivel máximo de la capa freática.

5. El diámetro mínimo del pozo de absorción será de 1m.

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

1. Los pozos de absorción tendrán sus paredes formadas por muros de mampostería con juntas laterales separadas. El espacio entre el muro y el terreno natural se rellenará con grava de 2,5 cm. la losa de techo tendrá una capa de inspección de 0,6 m de diámetro.

2. Cuando el efluente de un tanque séptico está conectado directamente a dos o mas pozos de absorción, se requerirá instalar caja de distribución de flujo.

3. Se instalarán tantos pozos de absorción como sean necesarios en función de la capacidad de infiltración de los terrenos, la distancia entre ellos se regulará por su diámetro o por su profundidad según los casos, pero no será menor de 6,00 m entre sus circunferencias.

8. ACCESORIOS QUE FUNCIONAN BAJO CIERTAS CONDICIONES

8.1. TRAMPA DE GRASA

8.2.1. La instalación de trampa de grasa en los sistemas que usen tanques sépticos, solo será obligatoria cuando se trate de establecimientos que preparen y expendan alimentos (como restaurantes, hoteles, campamentos y similares)
No es obligatorio diseñar trampas de grasa para viviendas si las instalaciones son pequeñas.

8.2.2. La capacidad para grandes instalaciones debe ser el doble de la cantidad de líquido que entra durante la hora de máxima demanda.

8.2.3. Para pequeñas instalaciones, su capacidad debe ser de 8 L/persona.

8.2.4. La capacidad mínima de la trampa de grasa debe ser de 120 L.

8.2.5. El efluente de la trampa de grasa debe ser conectado directamente al tanque séptico, y no a un sistema separado de disposición.

8.2.6. Del nivel líquido a la parte inferior de la losa de cubierta existirá una distancia mínima de 0,3 m.

8.2.7. La trampa de grasa tendrá una cobertura hermética. La grasa almacenada deberá ser eliminada cuando el volumen alcance un espesor equivalente al 50% de la altura del líquido en ella.

8.2.8. La trampa de grasa estará ubicada en lugar de fácil acceso y en la proximidad de los artefactos que descarguen desechos grasos.

8.2.9. En los hoteles y locales similares la trampa de grasa se calculará con dos cámaras cuando tenga una capacidad superior a los 600 litros.

ANEXO

ANEXO1
PRUEBA DE PERCOLACIÓN – PROCEDIMIENTO

La prueba de percolación se utiliza para obtener un estimativo de tipo cuantitativo de la capacidad de absorción de un determinado sitio. El procedimiento recomendado para realizar tales pruebas es el siguiente:

1. Número y Ubicación de las Pruebas
Se harán 6 o más pruebas en agujeros separados uniformemente en el área donde se construirá el campo de percolación.

2. Tipo de Agujeros
Excávense agujeros cuadrados de 0,3 x 0,3 m cuyo fondo deberá quedar a la profundidad a la que se construirán las zanjas de drenaje

3. Preparación del Agujero de Prueba
Cuidadosamente, con cuchillo se rasparán las paredes del agujero; añada 5 cm de grava fina o arena gruesa al fondo del agujero.

4. Saturación y Expansión del Suelo
Se llenará cuidadosamente con agua limpia el agujero hasta una altura de 0.30 m sobre la capa de grava y se mantendrá esta altura por un período mínimo de 4 horas. Esta operación debe realizarse en lo posible durante la noche. A las 24 horas de haber llenado por primera vez el agujero, se determinará la tasa de percolación de acuerdo con el procedimiento que se describe a continuación.

5. Determinación de la Tasa de Percolación:

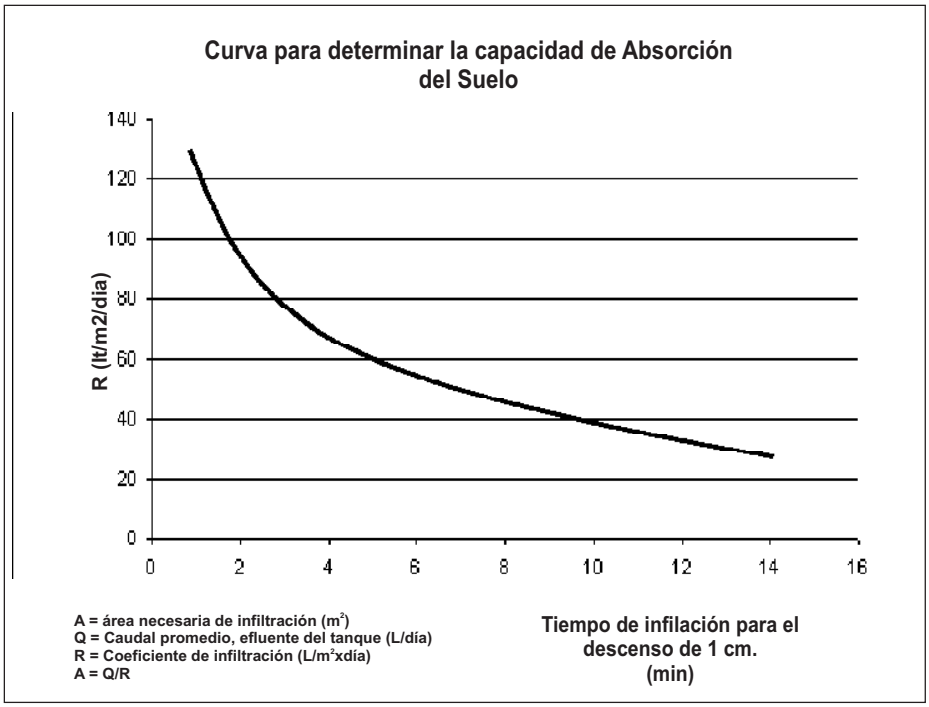
a. Si el agua permanece en el agujero después del periodo nocturno de expansión, se ajusta la profundidad aproximadamente a 25 cm sobre la grava. Luego utilizando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua durante un periodo de 30 min. Este descenso se usa para calcular la tasa de percolación.

b. Si no permanece agua en el agujero después del periodo nocturno de expansión, se añade agua hasta lograr una lámina de 15 cm por encima de la capa de grava. Luego, utilizando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua a intervalos de 30 minutos aproximadamente, durante un periodo de 4 horas. Cuando se estime necesario se podrá añadir agua hasta obtener un nuevo nivel de 15 cm por encima de la capa de grava. El descenso que ocurre durante el periodo final de 30 minutos se usa para calcular la tasa de absorción o infiltración. Los datos obtenidos en las primeras horas proporcionan información para posibles modificaciones del procedimiento de acuerdo con las condiciones locales.

c. En suelos arenosos o en algunos otros donde los primeros 15 cm de agua se filtran en menos de 30 minutos después del periodo nocturno de expansión, el intervalo de tiempo entre mediciones debe ser de 10 minutos y la duración de la prueba una hora. El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración.

Nota : En los terrenos arenosos no será necesario esperar 24 horas para realizar la prueba de percolación.

GRAFICO 1



III.4. INSTALACIONES ELECTRICAS Y MECÁNICAS

NORMA EM. 010

INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES

Artículo 1º.- GENERALIDADES

Las instalaciones eléctricas interiores están tipificadas en el Código Nacional de Electricidad y corresponde a las instalaciones que se efectúan a partir de la acometida hasta los puntos de utilización.

En términos generales comprende a las acometidas, los alimentadores, subalimentadores, tableros, sub-tableros, circuitos derivados, sistemas de protección y control, sistemas de medición y registro, sistemas de puesta a tierra y otros.

Las instalaciones eléctricas interiores deben ajustarse a lo establecido en el Código Nacional de Electricidad, siendo obligatorio el cumplimiento de todas sus prescripciones, especialmente las reglas de protección contra el riesgo eléctrico.

Artículo 2º.- ALCANCE

Las prescripciones de esta Norma son de aplicación obligatoria a todo proyecto de instalación eléctrica interior tales como: Viviendas, Locales Comerciales, Locales Industriales, Locales de Espectáculos, Centros de Reunión, Locales Hospitalarios, Educacionales, de Hospedaje, Locales para Estacionamiento de Vehículos, Playas y Edificios de Estacionamiento, Puesto de Venta de Combustible y Estaciones de Servicio.

En general en cualquier instalación interior en todo el territorio de la República.

Artículo 3º.- CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN

En la elaboración de proyectos de instalaciones eléctricas interiores, los proyectistas están obligados a realizar cálculos de iluminación en locales tales como: Comerciales, Oficinas, Locales de Espectáculos, Aeropuertos, Puertos, Estaciones de Transporte Terrestre y Similares, Locales Deportivos, Fábricas y Talleres, Hospitales, Centros de Salud, Postas Médicas y Afines, Laboratorios, Museos y afines.

A continuación se presenta la Tabla de Iluminancias mínimas a considerar en lux, según los ambientes al interior de las edificaciones, definiendo la calidad de la iluminación según el tipo de tarea visual o actividad a realizar en dichos ambientes.

Los proyectistas deben observar las disposiciones del Código Nacional de Electricidad y las Normas DGE relacionadas a la iluminación

TABLA DE ILUMINANCIAS PARA AMBIENTES AL INTERIOR

AMBIENTES	ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)	CALIDAD
Áreas generales en edificios		
Pasillos, corredores	100	D - E
Baños	100	C - D
Almacenes en tiendas	100	D - E
Escaleras	150	C - D
Líneas de ensamblaje		
Trabajo pesado (ensamble de maquinarias)	300	C - D
Trabajo normal (industria liviana)	500	B - C
Trabajo fino (ensambles electrónicos)	750	A - B
Trabajo muy fino (ensamble de instrumentos)	1500	A - B
Industrias químicas y plásticos		
En procesos automáticos	150	D - E
Plantas al interior	300	C - D
Salas de laboratorios	500	C - D
Industria farmacéutica	500	C - D
Industrias del caucho	500	C - D
Inspección	750	A - B
Control de colores	1000	A - B
Fábricas de vestimenta		
Planchado	500	A - B
Costura	750	A - B
Inspección	1000	A - B
Industrias eléctricas		
Fabricación de cables	300	B - C
Bobinados	500	A - B
Ensamblaje de partes pequeñas	1000	A - B
Pruebas y ajustes	1000	A - B
Ensamble de elementos electrónicos	1500	A - B
Industrias alimentarias		
Procesos automáticos	200	D - E
Áreas de trabajo general	300	C - D
Inspección	500	A - B
Trabajos en vidrio y cerámica		
Salas de almacén	150	D - E
Áreas de mezclado y moldeo	300	C - D
Áreas de acabados manuales	300	B - C
Áreas de acabados mecánicos	500	B - C
Revisión gruesa	750	A - B
Revisión fina – Retoques	1000	A - B
Trabajos en hierro y acero		
Plantas automáticas	50	D - E
Plantas semi – automáticas	200	D - E
Zonas de trabajo manual	300	D - E
Inspección y control	500	A - B
Industrias de cuero		
Áreas de trabajo en general		
Prensado, curtiembre, costura	300	B - C
Producción de calzados	750	A - B
Control de calidad	1000	A - B
Trabajos de maquinado (forjado – torno)		
Forjado de pequeñas piezas	200	D - E
Maquinado en tornillo de banco	400	B - C
Maquinado simple en torno	750	A - B
Maquinado fino en torno e inspección de pequeñas partes	1500	A - B
Talleres de pintado		
Preparación de superficies	500	C - D
Pintado general	750	B - C
Pintado fino, acabados, control	1000	A - B
Fábricas de papel		
Procesos automáticos	200	D - E
Elaboración semi automática	300	C - D
Inspección	500	A - B
Imprentas – Construcción de libros		
Salas de impresión a máquina	500	C - D
Encuadernado	500	A - B
Composición, edición, etc.	750	A - B
Retoques	1000	A - B
Reproducciones e impresiones a color	1500	A - B
Grabados en acero y cobre	2000	A - B
Industrias textiles		
Área de desembalaje	200	D - E
Diseño	300	D - E
Hilados, cardados, teñidos	500	C - D
Hilados finos, entrelazados	750	A - B
Cosido, inspección	1000	A - B
Industrias en madera		
Aserradero	200	D - E
Ensamble en tornillo de banco	300	C - D
Trabajo con máquinas	500	B - C
Acabados	750	A - B
Inspección control calidad	1000	A - B
Oficinas		
Archivos	200	C - D
Salas de conferencia	300	A - B
Oficinas generales y salas de cómputo	500	A - B
Oficinas con trabajo intenso	750	A - B
Salas de diseño	1000	A - B
Centros de enseñanza		
Salas de lectura	300	A - B
Salones de clase, laboratorios, talleres, gimnasios	500	A - B
Tiendas		
Tiendas convencionales	300	B - C
Tiendas de autoservicio	500	B - C
Tiendas de exhibición	750	B - C
Edificios Públicos		
Salas de cine	150	B - C
Salas de conciertos y teatros	200	B - C
Museos y galerías de arte	300	B - C
Iglesias		
- nave central	100	B - C
- altar y púlpito	300	B - C

AMBIENTES	ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux)	CALIDAD
Viviendas		
Dormitorios		
- general	50	B - C
- cabecera de cama	200	B - C
Baños		
- general	100	B - C
- área de espejo	500	B - C
Salas		
- general	100	B - C
- área de lectura	500	B - C
Salas de estar	100	B - C
Cocinas		
- general	300	B - C
- áreas de trabajo	500	B - C
Área de trabajo doméstico	300	B - C
Dormitorio de niños	100	B - C
Hoteles y restaurantes		
Comedores	200	B - C
Habitaciones y baños		
- general	100	B - C
- local	300	B - C
Áreas de recepción, salas de conferencia	300	B - C
Cocinas	500	B - C
Subestaciones eléctricas al interior		
Alumbrado general	200	B - C
Alumbrado local	500	A - B
Alumbrado de emergencia	50	B - C
Hospitales – Centros Médicos		
Corredores o pasillos		
- durante la noche	50	A - B
- durante el día	200	A - B
Salas de pacientes		
- circulación nocturna	1	A - B
- observación nocturna	5	A - B
- alumbrado general	150	A - B
- exámenes en cama	300	A - B
Salas de exámenes		
- alumbrado general	500	A - B
- iluminación local	1000	A - B
Salas de cuidados intensivos		
- cabecera de cama	50	A - B
- observación local	750	A - B
Sala de enfermeras	300	A - B
Salas de operaciones		
- sala de preparación	500	A - B
- alumbrado general	1000	A - B
- mesa de operaciones	100000	A - B
Salas de autopsias		
- alumbrado general	750	A - B
- alumbrado local	5000	A - B
Laboratorios y farmacias		
- alumbrado general	750	A - B
- alumbrado local	1000	A - B
Consultorios		
- alumbrado general	500	A - B
- alumbrado local	750	A - B

CALIDAD DE LA ILUMINACIÓN POR TIPO DE TAREA VISUAL O ACTIVIDAD

CALIDAD	TIPO DE TAREA VISUAL O ACTIVIDAD
A	Tareas visuales muy exactas
B	Tareas visuales con alta exigencia. Tareas visuales de exigencia normal y de alta concentración
C	Tareas visuales de exigencia y grado de concentración normales; y con un cierto grado de movilidad del trabajador.
D	Tareas visuales de bajo grado de exigencia y concentración, con trabajadores moviéndose frecuentemente dentro de un área específica.
E	Tareas de baja demanda visual, con trabajadores moviéndose sin restricción de área.

Artículo 4º.- EVALUACIÓN DE LA DEMANDA

Los proyectos deberán incluir un análisis de la potencia instalada y máxima demanda de potencia que requerirán las instalaciones proyectadas.

La evaluación de la demanda podrá realizarse por cualquier de los dos métodos que se describen:

Método 1. Considerando las cargas realmente a instalarse, los factores de demanda y simultaneidad que se obtendrán durante la operación de la instalación.

Método 2. Considerando las cargas unitarias y los factores de demanda que estipula el Código Nacional de Electricidad o las Normas DGE correspondientes; el factor de simultaneidad entre las cargas será asumido y justificado por el proyectista.

El valor mínimo de la demanda máxima y el tipo de suministro para la elaboración del Proyecto de Subsistema de Distribución Secundaria, que requiere una habilitación de tierras para ser dotada del servicio público de electricidad, están establecidos en la Norma DGE «Calificación Eléctrica para la Elaboración de Proyectos de Subsistemas de Distribución Secundaria».

Artículo 5º.- COMPONENTES DE UN PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA INTERIOR

Para los efectos de la presente Norma se considera que un proyecto de instalación eléctrica interior consta de lo siguiente:

- Memoria Descriptiva
- Factibilidad y Punto de Entrega del Servicio Público
- Memoria de Cálculo
- Especificaciones Técnicas
- Planos
- Certificado de Habilitación de Proyectos

Memoria Descriptiva

Descripción de la naturaleza del proyecto y la concepción del diseño de cada una de las instalaciones que conforman el sistema proyectado.

Factibilidad y Punto de Entrega del Servicio Público de Electricidad

Cartas con la factibilidad y punto de entrega (suministro) para el servicio público de electricidad, otorgada por el respectivo concesionario.

Memoria de Cálculo

Descripción y formulación de los parámetros de cálculo de los diferentes diseños, complementado con las respectivas hojas de cálculo.

Especificaciones Técnicas

Descripción de las características específicas y normas de fabricación de cada uno de los materiales y/o equipos a utilizarse; así como, los métodos constructivos a seguirse.

Planos

Los planos deben ser presentados en hojas de tamaño y formatos normalizados según la NTP 272.002 y NTP 833.001, doblados al tamaño A4 conforme a la NTP 833.002 debiendo quedar a la vista el rótulo respectivo donde debe figurar el nombre completo y número de registro del Colegio de Ingenieros del Perú del Profesional Responsable (Ing. Electricista o Ing. Mecánico-Electricista); así como su firma y sello oficial.

De acuerdo a la naturaleza y magnitud del proyecto los planos pueden ser:

- Planos Generales: Para que mediante aplicación de los símbolos gráficos normalizados en electricidad se haga la distribución de las salidas, diagramas unifilares y demás elementos de los diseños del proyecto. El plano debe ser desarrollado en escala 1:50.
- Planos de Conjunto: Para identificar la posición relativa de las distintas partes y/o elementos de un sistema, que por su tamaño sea necesario hacerlo. El plano debe ser desarrollado en escala 1:100, 1:200 ó 1:500.
- Planos de Detalle: Para una mejor identificación o comprensión de algunos elementos o parte de los diseños del proyecto, tales como esquemas generales, planos isométricos etc., sean necesarios. Los detalles deben ser desarrollados en escala 1:20 ó 1.25.

Certificado de Habilitación de Proyectos

Documento emitido por el Consejo Departamental del Colegio de Ingenieros del Perú, por la que certifica que el Profesional que se menciona se encuentra hábil y esta autorizado para desarrollar un proyecto de su especialidad.

Artículo 6º.- DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El diseño de instalaciones eléctricas, deberá realizarse de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad.

Artículo 7º.- CONSTRUCCIÓN POR ETAPAS
Cuando las instalaciones de un proyecto vayan a construirse por etapas se deberá:

a) Elaborar el proyecto completo, dejando claramente establecido cada una de las etapas.
b) En el caso que no se pueda definir las cargas de alguna de las etapas, deberá preverse lo necesario y suficiente para atender las futuras etapas tales como: circuitos de reserva en el tablero eléctrico, canalizaciones, etc.

Artículo 8º.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOCALES ESPECIALES SEGÚN EL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD
Se regirán por lo dispuesto en el Código Nacional de Electricidad, Normas Técnicas y las disposiciones emitidas por las autoridades competentes.

Artículo 9º.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES
Las instalaciones eléctricas temporales están destinadas a dar suministro de energía eléctrica a actividades temporales.
Las instalaciones eléctricas temporales deberán:

a) Cumplir con las prescripciones del Código Nacional de Electricidad y Normas DGE de Suministros Provisionales.
b) Garantizar la seguridad de las personas.
c) Al concluir la actividad temporal deberá retirarse todas las instalaciones efectuadas.

Artículo 10º.- EQUIPOS PARA SUMINISTROS DE ENERGÍA POR EMERGENCIA
Los equipos a instalarse deberán cumplir con las prescripciones del Código Nacional de Electricidad.
Los locales con afluencia de público, incluyendo los edificios multifamiliares, deberán contar con instalaciones de iluminación de emergencia.

Artículo 11º.- REFERENCIAS NORMATIVAS
En la presente Norma se hace mención a las siguientes Normas Técnicas Peruanas:

NTP 272.002 Papeles. Lista de aplicación de los formatos de la serie A INTINTEC.

NTP 833.001 Dibujo Técnico. Formato de Láminas.

NTP 833.002 Dibujo Técnico. Plegado de Láminas.

NORMA EM. 020

INSTALACIONES DE COMUNICACIONES

Artículo 1°.- OBJETO
La presente Norma, establece las condiciones que deben cumplir, las redes e instalaciones de comunicaciones en edificaciones que involucran a las telecomunicaciones y a los servicios postales de ser el caso.
El diseño e implementación de la infraestructura de comunicaciones en edificaciones que involucran a las telecomunicaciones y a los servicios postales de ser el caso, deben observar las normas correspondientes específicas que aprobará el Ministerio de Transportes y Comunicaciones
En la presente Norma se desarrolla lo referido a redes e instalaciones de telecomunicaciones.

Artículo 2°.- ALCANCE
La presente norma se aplica a las redes e infraestructura de telecomunicaciones en edificaciones, considerando, entre otros, los siguientes aspectos:

1. Diseño y construcción de los sistemas de ductos, conductos y/o canalizaciones que permitan la instalación de las líneas de acometida y la distribución interna dentro de las edificaciones, que permitan la provisión de los servicios de telecomunicaciones.
2. Diseño y construcción de canalizaciones y cámaras que permitan la instalación y empalmes necesarios de los cables de distribución.
3. Diseño y construcción de ductos, conductos y/o canalizaciones a partir de la cámara de acometida.
4. Diseño y construcción de instalaciones de captación de señales de televisión y otros.

La infraestructura de telecomunicaciones considera los siguientes sistemas entre otros:

- Sistemas telefónicos fijos y móviles
- Sistemas de telefonía pública
- Sistemas satelitales
- Sistemas de procesamiento y transmisión de datos
- Sistemas de acceso a Internet
- Sistemas de cableado, inalámbricos u ópticos
- Sistemas de radiodifusión sonora o de televisión
- Sistemas de protección contra sobretensiones y de puesta a tierra

La autoridad competente que apruebe el proyecto, autorice la construcción y/o recepción de obras u otros actos administrativos para la edificación respectiva, tendrá la responsabilidad de velar, que el proyecto cumpla con la presente Norma y las disposiciones que emita el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
Las instalaciones existentes se adecuarán a la presente normativa en los aspectos relacionados con la seguridad de las personas y de la propiedad, para lo cual se tomará en cuenta las normas y recomendaciones del Instituto Nacional de Defensa Civil –INDECI, el Código Nacional de Electricidad y las normas que fueran pertinentes.

Artículo 3°.- NORMAS GENERALES
Los materiales deberán cumplir con las normas técnicas emitidas por la entidad competente y de ser el caso por estándares internacionales que sean aplicables.
Se deberá prever aspectos de seguridad necesarios para asegurar la inviolabilidad y el secreto de las telecomunicaciones.
Para la elaboración de proyectos, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones se deberá cumplir con el Código Nacional de Electricidad, los Reglamentos de Seguridad e Higiene Ocupacional vigentes, disposiciones del Instituto Nacional de Cultura - INC y otras normas relacionadas al tema.
En el caso que se dispusiera el acceso y uso compartido de otra infraestructura de uso público, serán aplicables las disposiciones sectoriales y las normas sobre seguridad pertinentes.
El solicitante de una autorización de edificación deberá permitir y dar facilidades para la realización de inspecciones de parte de las autoridades competentes.
Toda solicitud de modificación o erradicación de infraestructura de telecomunicaciones deberá ser sustentada y verificada por las entidades competentes.
Toda instalación de telecomunicaciones en edificaciones deberá tomar en cuenta otras instalaciones tales como las eléctricas, mecánicas, de gas, agua, entre otras y cumplir las normas de seguridad con relación a ellas.
Toda edificación deberá contar con las cajas de distribución, ductos y conductos que posibiliten la prestación de los servicios públicos de telecomunicaciones de acuerdo con la norma específica emitida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
El planeamiento de la red de tuberías deberá asegurar una eficiente distribución en toda la edificación de tipo empotrado, salvo a nivel del sótano en el cual la instalación puede ser expuesta.
Las instalaciones industriales deben respetar los criterios y recomendaciones generales que se hacen tanto para edificios como para las urbanizaciones, en cuanto corresponda, para el diseño y ejecución de las obras en cuestión.

Artículo 4°.- PROYECTO TÉCNICO PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES EN EDIFICACIONES.
Para solicitar la licencia de construcción de una edificación se deberá presentar a la Municipalidad, como parte del expediente técnico, el Proyecto Técnico de instalaciones de telecomunicaciones, conforme a la presente Norma y será refrendado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú.

El Proyecto Técnico debe contener lo siguiente:

1. Memoria descriptiva: Deberá especificar la descripción de la infraestructura de los servicios de telecomuni-

caciones, premisas de diseño, descripción esquemática del sistema o sistemas a instalar, características técnicas generales del sistema de telecomunicaciones y el número de unidades y metrado de los materiales.

2. Planos: Se adjuntarán el plano de ubicación y distribución de: ductos, conductos, cámaras, canaletas y accesos domiciliarios de la infraestructura.

Artículo 5°.- APROBACIÓN DEL PROYECTO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES

La solicitud de aprobación de la edificación deberán acompañar el Proyecto Técnico para la implementación de las instalaciones de telecomunicaciones e incluirá lo previsto en el Artículo 4° de la presente Norma.

La aprobación del Proyecto Técnico estará a cargo de la municipalidad correspondiente, el mismo que estará previamente refrendado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú. En caso de compartición de infraestructura, la participación de otros profesionales será según la competencia requerida.

La ejecución del Proyecto Técnico de instalación de los ductos, cámaras, pedestales e infraestructura necesaria para la red de distribución de los servicios públicos de telecomunicaciones, estará bajo la dirección de un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones, colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú y bajo la responsabilidad de la urbanizadora constructora.

Luego se procederá a la inspección técnica del Proyecto Técnico ejecutado y se emitirá un informe refrendado por un ingeniero electrónico o de telecomunicaciones colegiado y habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú, en el cual, de ser el caso se dará la conformidad de las instalaciones de telecomunicaciones y se procederá a la recepción de obra. De no ser conforme la ejecución del proyecto se emitirá un informe de todo aquello que no cumple la instalación de telecomunicaciones debidamente sustentado.

El solicitante de una autorización de edificación entregará al municipio el plano definitivo de la instalación de telecomunicaciones, registrando todas las modificaciones efectuadas durante el proceso de construcción.

Artículo 6°.- ANTENAS DE ESTACIONES BASE CELULAR E INALÁMBRICOS

La altura de los elementos de las estaciones base o repetidoras y niveles de potencia de las mismas, será la necesaria para el correcto funcionamiento del servicio, según las normas técnicas aplicables y se observará que no exceda de los valores de límites permisibles de radiaciones no ionizantes, de acuerdo a las normas nacionales pertinentes.

En todos los casos, los elementos que compongan las estaciones y que estén apoyados o fundados sobre el terreno, deberá tomarse en consideración que la altura de cada uno de los elementos de la estación se contará a partir del nivel de terreno.

En caso de ubicación de los elementos de la red de telecomunicaciones inalámbricas en azoteas ó placas de cubiertas de edificios, la operadora del servicio inalámbrico, debe cumplir las siguientes condiciones:

1. No ocupar el área de emergencia o helipuertos, en caso de haberlos.
2. No ocupar el área de accesos a equipos de ascensores y de salida a terrazas, ni obstaculizar ductos.
3. Prever un área libre a partir de los bordes de la terraza, placa, azotea o cubierta del último piso.
4. Elementos como riendas, cables, tensores y similares, se permiten siempre y cuando no sean anclados ó sujetados a elementos de fachada.
5. El estudio de cargas, de la capacidad portante y de sismicidad de las respectivas estructuras de soporte, la estabilidad y firmeza de las antenas en su base de apoyo estarán bajo la dirección de ingenieros competentes, colegiados y habilitados por el Colegio de Ingenieros del Perú.
6. La solicitud de aprobación del diseño para la instalación de los elementos que conforman una estación de la red de telecomunicaciones inalámbricas, debe ser presentada por el propietario, poseedor o tenedor del predio ante el Municipio en el formulario que adopte dicha entidad.

Artículo 7°.- REDES DE BAJO VOLTAJE EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES (CABLEADO ESTRUCTURADO)

En toda edificación se deberá prever las condiciones necesarias que permita el cumplimiento de las Normas Técnicas Peruanas y de ser el caso las recomendaciones internacionales, entre ellas: ISO, CENELEC, IEEE, EIA/TIA.

NORMA EM.030

INSTALACIONES DE VENTILACIÓN

Artículo 1º.- GENERALIDADES

En las edificaciones para viviendas, edificios industriales, comerciales, de recreación, deben preverse las necesidades de instalaciones con ventilación natural mediante aberturas o ventanas al exterior, según lo dispuesto en los requisitos de ocupación o mediante ventilación mecánica.

El contenido de la presente norma se refiere principalmente a disposiciones para la ventilación mecánica.

La ventilación mecánica es desde la simple renovación del aire en un ambiente o conjunto determinado de ambientes sin ningún tratamiento, hasta la renovación del aire y su tratamiento con procesos diversos simples o combinados de limpieza, mezcla, humectación, deshumectación, calentamiento y enfriamiento.

La variedad de instalaciones de ventilación, los valores referenciales para la ventilación referidos a temperatura, humedad relativa y renovaciones por hora para locales de trabajo y especiales se presentan en el Anexo A.

Artículo 2º.- NORMAS

En la instalación de los equipos se deberá tener en cuenta lo establecido en el Código Nacional de Electricidad, así como regirse por el Reglamento de Higiene Ocupacional del Subsector Electricidad.

Artículo 3º.- DEFINICIONES

Para la aplicación de lo dispuesto en la presente norma, se entiende por:

- VENTILACION MECÁNICA.- El procedimiento controlado de renovación de aire en locales cerrados, mediante elementos y dispositivos electromecánicos, a diferencia de la ventilación natural variable y aleatoria.
- INSTALACION DE CLIMATIZACION.- Es la que puede mantener automáticamente durante todo el año los valores máximos y mínimos de la temperatura y la humedad del aire de un local dentro de valores prescritos.
- AIRE EXTERIOR.- Aire tomado de la atmósfera libre.
- AIRE DE IMPULSIÓN.- Aire tratado y conducido a los locales.
- AIRE PRIMARIO.- Aire de impulsión a la salida de una planta central de tratamiento.

Artículo 4º.- APLICACIÓN DE LA VENTILACIÓN

La ventilación mecánica consistirá de ventilación forzada que suministre aire exterior, según lo dispuesto en esta Norma, o de aire acondicionado, como se establece en la Norma EM.050

La ventilación forzada que se requiera y que suministre aire exterior, operará donde la edificación o parte de ella esté ocupada por personas; cada habitación o ambiente se considerará separadamente, exceptuando ambientes menores como el ropero empotrado o similares conexos a las habitaciones principales apropiadamente ventiladas.

Se podrá eximir o variar de los requerimientos para ventilación forzada y el suministro de aire exterior o la extracción de humos o vapores nocivos, peligrosos o de algún otro modo objetables, sujetándose a la consideración de los riesgos, disposición de los componentes de la edificación y equipamiento, y al equipamiento especial para condiciones específicas de uso.

Artículo 5º.- REQUISITOS BASADOS EN EL USO

En general, cada habitación o ambiente ocupado, tendrá como mínimo, un cambio completo de aire cada 30 minutos, con las salvedades concernientes a cada uso específico, contenidas en los apartados respectivos, y las que se mencionan o continuación:

1. Se requerirá un mínimo de quince metro cúbicos de aire exterior por hora y por ocupante, pero manteniendo el mínimo de un cambio completo de aire cada 30 minutos, para las siguientes ocupaciones: Residencias especiales asilos para ancianos, huérfanos, etc. – Residencias obligatorias establecimientos de reclusión – Locales de espectáculos – Centros de reunión – Hospitales – Locales educacionales.

Si la velocidad de ingreso de aire exterior, excede de tres metros por segundo, la cota de la toma estará como mínimo a 2.40 m. sobre el nivel del piso terminado inmediatamente inferior.

2. En todas las edificaciones empleadas para estacionamiento o manejo de automóviles operando con su propio motor y en todas las edificaciones para almacenamiento o uso de líquidos inflamables, se proveerá una ventilación por extracción que produzca un cambio completo de aire cada doce minutos.

Tal extracción se tomará a nivel del suelo o lo más cercano posible.

3. En edificaciones o partes de estas, destinadas para plantas de lavado en seco, habrá un cambio completo de aire cada tres minutos.

4. Todos los cuartos de baño, duchas, botaderos y similares, que no tengan una ventana exterior dimensionada según como se dispone para otros ambientes, serán dotados de un sistema de extracción mecánica, que produzca un cambio completo de aire cada tres minutos, salvo que el aire de ventilación sea acondicionado, en cuyo caso, se requerirá un cambio completo de aire cada siete y medio minutos.

La recirculación de aire, no está permitida en tales ambientes.

5. La ventilación mecánica de cuartos de baño o servicios higiénicos para el público, se efectuará mediante un sistema aprobado de extracción que descargue al exterior de la edificación.

La ventilación de garajes en sótanos, deberá ser permanente y se efectuará por un sistema mecánico de impulsión y extracción que suministre un mínimo de doce metros cúbicos de aire exterior, por hora y por metro cuadrado de área de piso, incluyendo el área de circulación, pero manteniendo el mínimo de cambio completo de aire cada doce minutos.

La ventilación de bóvedas y cuartos de máquinas, ubicadas en sótanos, requiere un cambio completo de aire cada tres minutos durante los períodos de ocupación humana, salvo que estén dotados de ventilación permanente.

6. Las áreas en las que se efectúen trabajos de pintura por rociado, montaje de embarcaciones de fibra de vidrio o lugares peligrosos similares, habrá un cambio completo de aire por minuto.

El volumen a considerarse en el cálculo de la ventilación requerida se definirá como un mínimo de seis metros desde el sitio de trabajo en el plano horizontal y cuatro metros en una dirección vertical.

Artículo 6º.- DUCTOS DE VENTILACIÓN

Todos los ductos de aire se construirán íntegramente de metal y otros materiales incombustibles aprobados, de resistencia adecuadamente igual.

En las instalaciones de ventiladores de ático, se instalara un termostato de incendio para parar el ventilador y un eslabón fusible para cerrar la abertura, un lugar del requisito anterior.

Los ductos serán plenamente estancos, sin más aberturas que las esenciales para el funcionamiento del sistema. Estarán sustancialmente asegurados o soportados, de miembros estructurales sustanciales, por colgadores metálicos, soportes laterales o sus equivalentes.

Los ductos no deberán atravesar ningún muro cortafuegos, a menos que sea inevitable y en tales casos, deberán proveerse puertas automáticas contra incendio o compuertas de cierre.

Los ductos se construirán de metal u otros materiales incombustibles, para darles resistencia estructural y durabilidad igual o mayor a la establecida por las normas adoptadas.

Cada junta de los ductos metálicos redondos, se asegurará contra desplazamientos, por lo menos con un tornillo metálico, excepto en las construcciones para viviendas unifamiliares o similares, en las cuales podrá usarse cinta plástica aprobada para sellar y asegura las juntas.

Ningún ducto ni equipo podrá instalarse en cajas de escaleras ni en espacios destinados a otras instalaciones o en donde puedan entorpecer la evacuación de los ocupantes o la labor de personal de emergencia.

Los ductos, provenientes de extracción de baños, campanas de cocina y secadores, deberán descargar el exterior de la edificación.

Artículo 7º.- ELIMINACIÓN DE HUMOS Y VAPORES CON GRASA, DE EQUIPOS DE COCINA EN LOCALES COMERCIALES

El diseño, instalación y uso de componentes de extracción tales como campanas, eliminadores de grasa, ductos, reguladores, aparatos de movimiento de aire, equipamiento auxiliar y equipos de extinción de incendios para el sistema de extracción y equipamiento de cocina, usado en aplicaciones de cocina comerciales, industriales, institucionales y similares, cumplirá con las normas técnicas adoptados, salvo las excepciones que se indican.

Los requisitos de este apartado, no son de aplicación a campanas y ductos, empleados para extraer únicamente calor, de unidades de cocina tales como, lavaderos, cafeteras, calentadores de agua y equipos similares de cocina en los que se anticipe producción de humo o vapores con grasa.

Todo equipo de cocina que se use en procesos asociados con producción de humo o vapores con grasa, será equipado con un sistema de extracción, compuesto de una campana, un sistema de ductos, equipo de eliminación de grasa y equipo contra incendios.

1. Posición

Las campanas no se alzarán más de dos metros y diez centímetros sobre el nivel del piso terminado.

La longitud y ancho de las campanas se extenderá un mínimo de treinta centímetros adicionales sobre el aparato que sirven.

Donde las condiciones de espacio lo permitan, las campanas tendrán una altura no menor de sesenta centímetros, configurando un reservorio que confine momentáneamente las burbujas de humo y grasa, hasta que el sistema de extracción pueda evacuarlo.

Las campanas de cocina se colocaran tan bajo como sea posible para incrementar su efectividad; y tendrán sus conexiones de extracción en la parte superior trasera.

2. Sistemas de extracción (ventilas) de aparatos a gas

Los sistemas de extracción (ventilas) de los aparatos de cocina que funcionen con gas, a excepción de hornos, se prolongarán a través o más allá de la rejilla o filtro de grasa y se regularán según lo disponga la norma de instalación correspondiente.

3. Características generales de campanas

Las campanas que se instalen encima de todo equipo de calentamiento o cocción en general y lavadoras con agua caliente o vapor, se construirán de materiales incombustibles, con uniones estancas y manteniendo una separación mínima de cuarenta y cinco centímetros, de todo material combustible sin protección.

Los sistemas de ductos crearan una velocidad, de acarreo del aire en el sistema de extracción, de no menos de siete y medio metros por segundo y no más de once metros por segundo. La velocidad del aire a través de la cara de la campana, será como mínimo de medio metro por segundo.

4. Ductos

Los ductos se conducirán al exterior tan directamente como sea posible.

El sistema de ductos será independiente sin ninguna conexión con otro sistema.

Los registros de inspección y limpieza, estarán equipados con puertas, deslizantes o batientes, con seguros, se colocaran a los lados de los tramos horizontales para prevenir goteos; su espaciamiento no excederá de seis metros.

Los tramos verticales situados al exterior de las edificaciones, serán soportados adecuadamente por las paredes exteriores. En el interior de los edificios irán encerrados en un pozo o chimenea de material resistente al fuego, según lo establecido en la Norma EM.060 de este Reglamento, que se extienda continuamente a través del techo.

En la base de cada tramo vertical se proveerá una trampa para residuos, con facilidades para limpieza.

Los ductos de extracción no deberán atravesar muros corta-fuegos. Si los ductos atraviesan particiones de material combustible, deberán guardar una separación de cuarenta y cinco centímetros; a menos que, la partición se haya aislado para obtener un protección mínima de una hora de resistencia al fuego; en cuyo caso, la separación podrá reducirse a siete y medio centímetros.

Artículo 8º.- CAMPANAS Y DUCTOS DE COCINAS DOMÉSTICAS

Las campanas de cocina con un ducto incombustible ventilarán al exterior de la edificación, Las campanas de cocina y ductos de metal, tendrán jutas herméticas y serán de un espesor no menor que el correspondiente al calibre 26 de acuerdo a norma adoptado.

Pueden instalarse campanas de cocina sin ductos. Los ductos de campanas de cocina o de sistemas de ventilación residenciales, deberán cumplir con las normas técnicas correspondientes y se aplicaran únicamente a las instalaciones que estén dentro de una unidad residencial unifamiliar.

Artículo 9º.- SISTEMA DE EXTRACCIÓN PARA VAPORES INFLAMABLES

Los sistemas de extracción para vapores inflamables, deberán cumplir con las normas técnicas sobre la materia. Si se usan ventiladores asociados a la extracción de vapores inflamables, deberán instalarse dispositivos de protección, que detengan la operación del ventilador en el caso de incendio.

Artículo 10º.- REQUISITOS DE VENTILACIÓN PARA USOS ESPECÍFICOS

1. Casa habitación, residencias y locales comerciales

1.1. Casa habitación unifamiliares

Las habitaciones destinadas a dormitorio o vivienda; así como, los otros espacios para ocupación humana, tales como vestíbulos, comedores, cocinas y cuartos de baño, serán provistas de ventilación, por medio de ventanas en paredes exteriores, con un área libre de ventilación no menor a un veinteavo (1/20) del área del piso de tales habitaciones.

1.2. Residencias transitorias, hoteles, moteles, pensiones y locales comerciales.

Las habitaciones destinadas a dormitorio o vivienda, serán provistas de ventilación por medio de ventanas, en paredes exteriores, con un área libre de ventilación, no menor a un veinteavo (1/20) del área del piso de tales habitaciones.

Otros espacios para ocupación humana, tales como vestíbulos, cuartos para casilleros individuales, comedores, cocinas y cuartos de baño, serán provistos de un sistema de ventilación operado mecánicamente.

1.3. Residencias especiales, asilos para ancianos, puericultorios, establecimientos de reclusión

Todos los ambientes habitualmente usados por seres humanos, serán dotados de ventilación, por medio de ventanas, con área libre de ventilación no menor a un veinteavo (1/20) de la superficie del piso de habitación; o, en caso contrario, mediante un sistema mecánico de ventilación.

2. Edificios de estacionamiento

Se deberá cumplir con lo señalado por el artículo 11º de la presente Norma.

3. Locales industriales

3.1. Locales industriales no peligrosos

Incluyen locales tales como: factorías, plantas de ensamblaje y manufactura, molinos, laboratorios, industrias lácteas, lavanderías, plantas frigoríficas, aserraderos, plantas de laminados, fabricas de cajas, talleres de carpintería con equipo fijo o portátil o herramientas que excedan un total de 14,92 kW y otros usos similares.

3.1.1. Todos los ambientes habitualmente usados por seres humanos, serán dotados de ventilación, por medio de ventanas con un área libre de ventilación no menor a un veinteavo (1/20) de la superficie del piso de la habitación; o, en caso contrario, mediante un sistema mecánico de ventilación.

3.1.2. Todos los ambientes de las edificaciones, en los cuales se use o almacene líquidos inflamables o se guarden o manejen automóviles, serán provistos de ventilación mecánica; salvo que, la autoridad responsable, pueda eximir de este requisito cuando la edificación cuente con aberturas sin obstrucciones y ventilación cruzada. El profesional responsable debe demostrar que es factible.

3.1.3. Se proveerá con sistemas individuales de extracción y equipos colectores de polvo, a todos los equipos y máquinas herramientas, que produzcan o generen fibras, residuos, raspaduras o polvo, combustibles y que excedan de 1,5 kW; o, a cualquier número de equipos ó maquinas herramientas que excedan de 3,73 kW .

3.2. Locales industriales de alto riesgo (peligrosos)

Incluyen usos peligrosos, tales como el almacenamiento y uso de materiales que son fácilmente inflamables y se queman con extrema rapidez como sigue:

División 1: Almacenamiento y manejo de explosivos y materiales altamente combustibles; tales, como, manufactura, venta y almacenamiento de explosivos; fabricas de polvo de aluminio; fabricas, almacenes y salas de venta de plásticos de nitrato de celulosa; molinos de cereales; molinos de harina y alimentos; elevadores de granos; fabricas de colchones; fabricas de jebe; plantas de papel de desecho; y, plantas de almacenamiento y procesado de poliestireno.

División 2: Almacenamiento y manejo de líquidos inflamables de las clases I, II y III; e incluirá, usos tales como destilerías, grandes plantas de gasolina, factorías de barnizado, grandes plantas de almacenamiento o carga de gas licuado de petróleo, manufactura de pinturas, pintura por rociado, almacenaje y manejo de adelgazantes y solventes de pinturas; y, almacenaje y manejo de compuestos de estireno.

3.2.1. Todos los ambientes, habitualmente usados por seres humanos, serán dotados de ventilación, por medio de ventanas, con un área libre de ventilación, no menor a un veinteavo (1/20) de la superficie del piso de la habitación.

3.2.2. Todos los ambientes de las edificaciones, en los cuales se use o almacene líquidos inflamables, serán provistos de ventilación mecánica.

3.2.3. En todas las edificaciones en las que se use o almacene líquidos inflamables, se preverá una ventilación mecánica por extracción, suficiente para producir un cambio completo de aire cada 15 minutos.

3.2.4. Dicha extracción, se tomará de un punto al nivel del piso o cercano al mismo; y, deberá operar cuando la edificación este ocupada por seres humanos.

3.2.5. Se proveerán sistemas de extracción y equipos colectores de polvo, para todos los equipos y maquinas-herramienta que produzcan o generen fibras, residuos, raspaduras, polvo, etc., altamente combustibles.

3.3. Locales de espectáculos

Incluyen teatros, cinematógrafos, salas de conciertos, salas de conferencias y otros usos similares.

3.3.1. Todos lo ambientes, habitualmente usados por seres humanos y todos los camarines o vestidores, serán dotados de ventilación, por medio de ventanas, con un área libre de ventilación no menor a un veinteavo (1/20) de la superficie del piso de la habitación; o, en caso contrario, mediante un sistema mecánico de ventilación.

3.3.2. Los registros o pasos de aire, situados detrás de un escenario, comunicados a una cabina de proyección, o que atraviesen un muro cortafuego, serán equipado de dispositivos automáticos de cierre con eslabones fusibles; y los ventiladores de suministros serán controlados por un dispositivo sensor de temperatura.

3.3.3. Ventiladores de escenario.- Habrá uno o más ventiladores, construidos de metal u otros materiales incombustibles, cerca al centro y encima del punto mas alto de cualquier escenario permanente, erigidos encima del techo y con un área total de ventilación, igual por lo menos, al cinco por ciento del área de piso entre las paredes del escenario. Las puertas o tapas para los ventiladores, se abrirán por gravedad, se mantendrán cerradas y se

operaran mediante cordones que se extenderán hacia cada lado del escenario. Estos cordones estarán equipados con tres eslabones fusibles, uno de los cuales se colocará en el ventilador encima del nivel principal de techo y los otros dos en puntos aprobados, no afectados por las cabezas rociadoras. Tales estabones se fundirán y separarán a 71 ºC. Cada ventilador será abierto y cerrado por lo menos una vez antes de cada actuación.

3.3.4. Cabinas de proyección.- La ventilación de las cabinas de proyección, deberá cumplir, por lo menos, con lo siguiente:

- Dos o más ductos de suministros de aire exterior con rejillas de descarga ubicada en extremos opuestos, con el borde superior a una cota de treinta centímetros sobre el nivel del piso terminado y dimensionadas para permitir un cambio de aire cada tres minutos.
- Un sistema de extracción operado mecánicamente, independiente de los otros sistemas en el edificio, con el motor del extractor externo al sistema de ductos, con una o más salidas de aire, localizadas de modo que aseguren una circulación total y dimensionadas para un cambio de aire cada tres minutos, el sistema de extracción, deberá descargar al exterior del edificio, en un lugar tal que, el aire expulsado no pueda ser inmediatamente circulado dentro del sistema de suministro de aire.
- Tales sistemas de ventilación, también pueden servir para ambientes auxiliares, como los de generación y rebobinado.

3.3.5. Proyectores. Las máquinas de proyección, serán equipadas cada una, con sistemas que extraigan aire de cada lámpara y descarguen directamente al exterior del edificio, mediante ductos de materiales rígidos (incluyendo conectores flexibles continuos aprobados para el propósito), de tal modo que el aire de expulsión, no sea recirculado dentro de sistemas de suministros o interconectado con otros sistemas. La capacidad de tales ductos será de:

- Treinta y seis metros cúbicos por hora, como mínimo para cada lámpara de arco conectado al sistema, o de acuerdo a la recomendación del fabricante.
- Cincuentaicuatro metros cúbicos por hora, como mínimo para cada lámpara de Xenón, o no menos que lo recomendado por el fabricante, para mantener una temperatura de operación en el alojamiento de la lámpara, no mayor de 54 ºC.

3.4. Centros de reunión

Incluye usos tales como, casinos, cabaret, restaurantes, salas de baile, etc. Son exigibles requisitos de ventilación iguales a los indicados en 3.3 .

3.5. Instalaciones deportivas

Incluye usos tales como, estadios, coliseos y estructuras cerradas con cúpula, piletas de natación, etc, y edificaciones auxiliares.

Todos los ambientes, habitualmente ocupados por seres humanos, tendrán ventilación conforme lo estipulado para lograr la ocupación más adecuada.

3.6. Hospitales

Incluyen también, sanatorios, postas médicas y en general todo establecimiento para la salud.

Todos los ambientes, habitualmente usados por seres humanos, serán dotados de ventilación, por medio de ventanas, con un área libre de ventilación, no menor a un veinteavo (1/20) de la superficie del piso de la habitación; o, en caso contrario, mediante un sistema mecánico de ventilación.

3.7. Locales educacionales

Incluyen usos tales como, bibliotecas, museos, etc. Son exigibles requisitos de ventilación iguales a los indicados en 3.3.1

Artículo 11º.- EJECUCIONES ESPECIALES DE VENTILACIÓN

Incluyen garajes de cualquier medida, edificios para estacionamiento de vehículos y sótanos para estacionamiento.

1. Garajes. Los garajes, cuya superficie de piso sea menor o igual a veinticinco metros cuadrados, se ventilarán en forma natural, mediante aberturas, con un área libre de ventilación, no menor a ciento cincuenta centímetros cuadrados, ubicados cerca al nivel del piso, de preferencia en la puerta exterior.

2. Garajes pequeños. Hasta cien metros cuadrados de superficie de piso. Serán dotados de ventilación natural, mediante aberturas uniformemente distribuidas en paredes opuestas, con un área libre total, no menor a 0.2 metros cuadrados por cada espacio de estacionamiento; tales aberturas se situarán a cotas cercanas al piso y encima de la cota correspondientes al terreno exterior, en una pared; y, a cotas cercanas al techo en la pared opuesta. En caso contrario o de no lograrse ventilación transversal suficiente, serán provistas de ventilación mecánica.

3. Garajes medianos y grandes. Hasta mil metros cuadrados y más de mil metros cuadrados, de superficie de piso, respectivamente.

Serán dotados de ventilación natural, en forma similar a los garajes pequeños, con un área libre total de aberturas, no menor a 0.06 metros cuadrados por cada espacio de estacionamiento. En caso contrario o de no lograrse ventilación transversal suficiente, serán provistos de ventilación mecánica.

4. Sótanos para estacionamiento. Incluye también a los semi-sotanos cuyo, piso se encuentre a más de cincuenta centímetros por debajo de la cota correspondiente al terreno exterior.

Serán obligatoriamente provistos de ventilación mecánica. los elementos de ventilación se ubicarán dentro de los límites de la propiedad, descargando los gases de extracción, a una cota mínima de 2.50 metros sobre el nivel de la vereda.

Los semisótanos hasta con 1,50 m de diferencia de nivel con el terreno exterior podrán tener sólo ventilación natural.

5. Caudal de aire. Es obligatorio la presentación de los cálculos, que fundamenten la determinación del caudal, en base a un máxima concentración de cincuenta partes por millón, de monóxido de carbono (CO). En ningún caso, la renovación de aire será menor a doce metros cúbicos por hora y por metro cuadrado de superficie total de estacionamiento, incluyendo las áreas de circulación; ni, menor a un cambio completo de aire cada doce minutos.

6. Alarmas de CO. Cuando la ventilación de garajes grandes no sea permanente, deberá proveerse la instalación de alarmas audio-visuales que conecten automáticamente la ventilación, al sobrepasar el límite permitido, en la medida de la concentración de carbono.

7. Velocidad máxima. En ningún caso, la corriente de aire en ductos principales será mayor de doce metros por segundo, ni excederá el límite acústico permisible.

Artículo 12º.- REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

1. Temperatura del aire exterior. Cuando la temperatura exterior sea menor de dieciocho grados centígrados, la temperatura mínima de ingreso, del aire de renovación, a ambientes habitualmente usados por seres humanos, en ningún caso deberá ser menor a dieciocho grados centígrados.

2. Altitud. A partir de quinientos metros de altura sobre el nivel del mar. Deberán efectuarse las correcciones para que los caudales a la altitud de diseño, correspondan en peso a los caudales establecidos en este reglamento, basados en aire Standard a 20ºc. y 760 mm. Hg. con un peso especifico de 1.2 Kg. por metro cúbico.

3. Humedad. El aire de renovación, que ingrese a ambientes habitualmente usados por seres humanos, deberá tener una humedad relativa mínima de treinta por ciento

4. Instalaciones complementarias. Se regirán por las disposiciones pertinentes contenidas en otros apartados de este reglamento.

Artículo 13º.- REFERENCIAS NORMATIVAS

En la presente Norma se hace referencia a los siguientes documentos normativos de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios de los Estados Unidos Norteamérica, National Fire Protection Asociation (NFPA):

NFPA 90A:2002	Installation of Air Conditioning and Ventilating Sytems.
NFPA 90B:2006	Installation of Warm Air Heating and Air Conditioning Sytems.
NFPA 91:2004	Exhaust Sytems for Air Conveyin of Vapours, Gases, Mist and Noncombustible Particulate Solids.
NFPA 96:2004	Ventillation Control of Fire Protection of Commercial Cooking Operations.
NFPA 664:2002	Prevention of fires and Explosions in Wood Processing and Woodworking Facilities.

ANEXO

VALORES REFERENCIALES DE TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RENOVACIONES Y CONCENTRACIONES MÁXIMAS ADMISIBLES EN INSTALACIONES DE VENTILACIÓN

A.1 .- INSTALACIONES DE VENTILACIÓN

Las instalaciones de ventilación se distinguen según el grado de preparación del aire de impulsión:

a) Instalaciones elementales sin limpieza del aire

- Sólo extracción.

b) Instalaciones con limpieza del aire

- Solo impulsión;
- Impulsión más extracción

c) Instalaciones con limpieza y tratamiento del aire de impulsión

- Con calentamiento.
- Con enfriamiento.
- Con humectación.
- Con deshumectación.
- Con humectación y deshumectación.
- Instalaciones de ventilación con calefacción adicional.
- Instalaciones de ventilación con calefacción y refrigeración.
- Instalaciones de climatización.

A.2 .- VALORES REFERENCIALES EN LA VENTILACIÓN

A.2.1. Tabla de valores referenciales que deben tener los ambientes de acuerdo a la temperatura exterior.

Aire Exterior	Aire del local		
Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	Humedad relativa del aire (%)	
		Límite Inferior	Límite Exterior
Por debajo de:			
20	22	35	65
25	23	35	65
30	25	35	60
32	26	35	55

A.2.2. Renovaciones, temperatura y humedad relativa

Las instalaciones de ventilación producen condiciones de estado del aire en los locales a los que se aplican; dichas condiciones de estado, deben sujetarse a valores determinados según el uso de tales locales, los mismos que pueden distinguirse como:

a) Locales de permanencia y de trabajo (véase Tabla); y,
b) Locales especiales (véase Tabla)

Tabla de renovaciones, temperatura y humedad relativa para locales de permanencia y de trabajo

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES POR HORA (Cantidad)	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Aseos			
- públicos	10-15	15	40-60
- en fábricas	8-10	15	40-60
- en oficinas	5-8	18	40-60
- en viviendas	3-4	20	40-60
Locales de trabajo	3-8	18-20	50-70
Salas de Exposiciones	2-3	15-18	50
Bibliotecas,Archivos	4-8	15-18	40-60
Oficinas	4-8	20	50-60
Duchas	10-15	22-25	70-85
Guardarropas	4-6	15	40-60
Restaurantes	5-10	20	55
Piscinas cubiertas	3-5	22-28	70-80
Aulas	6-8	20	60
Cantinas	6-8	18	55
Grandes almacenes	6-10	20	50-60
Cines y teatros			
- con prohibición de fumar	4-6	20	50-60
- sin prohibición de fumar	5-8	20	50-60
Hospitales			
- Salas de reconocimiento y de tratamiento	3-5	24	30-45
- Salas de hospitalización	2-5	20-22	50-60
- Baños	5-8	22	80-90
- Aseos	8-15	20	40-60
Cocinas (ver norma VDI 2052)			
- Cocinas pequeñas: h = 2,5 a 3,5 m	15-25	20	40-60
Tiendas	6-8	20	50-60
Escuelas			
- Aulas	4-5	20	60
- Pasillos, cajas de escaleras	2-3	18-20	50
- Aseos	5-8	18	40-60
- Gimnasios	2-3	15-18	50-75
- Piscinas de aprendizaje cubiertas	2-3	24	80-85
- Baños y lavados	5-8	22	80-90
Salas de actos	6-12	20	50
Salas de juntas	5-10	18	60-70

Tabla de renovaciones, temperatura y humedad relativa para locales especiales

TIPO DE LOCAL	RENOVACIONES POR HORA (Cantidad)	TEMPERATURA DEL AIRE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Talleres de decapado	5-15	16-22	85
Tintorerías	10-20	16-24	85
Locales de pintura a pistola	20-50	22-25	55-65
Garajes:			
- pequeños	10-15	5	50
- grandes	5-8	5	50
Hospitales			
- Grupo de quirófanos	5-12	20-25	50-65
Cocinas:			
- Cocinas de tamaño medio :			
H = 3 a 4 m	20-30	18	50-70
H = 4 a 6 m	15-20	18	50-70
- Cocinas grandes			
H = 3 a 4 m	20-30	18	50-70
H = 4 a 6 m	15-30	18	50-70
Laboratorios (ver normas VDI 2051)	8-15	18-22	50-70
- Aspiración de digestores	200-400	-	-
Taller de barnizado	10-20	25-40	65-80
Salas de medición y de verificación	8-15	20-22	50-55
Naves de montaje	4-10	10-15	55-65
Lavanderías			
- Sala de lavado	15-20	23-26	75-85
- Sala de planchado	10-15	27	70
- Sala de calandria o prensado de ropa	10-15	27-30	65-70
Talleres en general	3-8	12-18	50-60

A.2.3. Concentraciones máximas admisibles (valores CMA) para gases nocivos en puestos de trabajo

Materia	Valor CMA	
	Partes por millón	mg/m^3
Acetaldehído	200	360
Acetona	1000	2400
Acido Acético	25	65
Acido cianhídrico	10	11
Acido fórmico	5	9
Alcohol etílico	1000	790 000
Amoniaco	50	35
Anhídrido Sulfuroso	5	13
Anilina	5	19
Arsenamina	0,05	0,2
Benceno	10	32
Bencina	500	2000
Bromo	0,1	0,7
Butano	1000	2350
Cloro	0,5	1,5
Cloroformo	50	240

Materia	Valor CMA	
	Partes por millón	mg/m³
Cloruro de hidrógeno	5	7
Dióxido de carbono	5000	9000
Dióxido de cloro	0,1	0,3
Eter etílico	400	1200
Fenol	5	19
Flúor	0,1	0,2
Fosfatina	0,1	0,15
Fosgeno	0,1	0,4
Mercurio	0,000007	0,1
Meticloruro	50	105
Nitrobenceno	1	5
Oxido de carbono	50	55
Ozono	0,1	0,2
Plomo	0,000017	0,2
Seleniuro de hidrógeno	0,05	0,2
Sulfuro de carbono	20	60
Sulfuro de hidrógeno	10	15
Tetracloro-etileno	100	670
Tetracloruro de carbono	10	65
Toluol	200	750
Tricloroetileno	100	520
Xilol	200	870
Yodo	0,1	1

NORMA EM.040

INSTALACIONES DE GAS

CAPITULO 1
OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1. La presente Norma Técnica de Edificaciones es de carácter obligatorio y de aplicación a nivel nacional, en todas aquellas edificaciones en la que se instalen redes interiores de gas.

1.2. El objetivo de esta Norma es establecer las previsiones constructivas que deben incluir en un proyecto de edificaciones de manera que sea posible la instalación y mantenimiento de redes interiores de gas natural y/o gas licuado de petróleo, y el equipamiento correspondiente; asimismo establece los criterios para el diseño de instalaciones de gas en las edificaciones.

1.3. El alcance de la presente Norma incluye las instalaciones de gas alimentadas por medio de redes y/o alimentadas por gas suministrado en envases a presión.

1.4. La presente Norma se basa en las Normas Técnicas Peruanas e Internacionales Vigentes, relacionadas al sistema de gas, en caso de controversia de la presente Norma, tendrá prioridad el DS 042-99-EM y el DS 027-94-EM

CAPITULO 2
DISPOSICIONES GENERALES

2.1. Los Proyectos de Instalaciones de Gas en Edificaciones y la Supervisión de los mismos, serán realizados por el profesional responsable y debidamente acreditado, en Instalaciones de Gas registrados ante la autoridad competente.

2.2. Se podrá aprobar, provisoriamente, diseños o sistemas constructivos que sean presentados ante la autoridad competente y que no estén contemplados en la presente Norma, siempre que su uso esté preestablecido en normas Internacionales Calificadas.

CAPITULO 3
DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

3.1. Para los efectos de la presente Norma, las siguientes definiciones y términos, relativos a instalaciones interiores en general, tendrán el significado que se indica:

3.1.1. **Abertura**: Cualquier espacio que comunica el interior con el exterior de un edificio, tales como, puertas, ventanas, conductos de basura y otros.

3.1.2. **Accesorio** (fitting): En un sistema de tuberías es usado como un elemento de unión, tal como un codo, una curva de retorno, una «tee», una unión, un reductor con rosca en sus extremos («bushing»), una cruz, o una tubería corta con rosca en sus extremos («nipple»). No incluye artículos tales como una válvula o un regulador de presión.

3.1.3. **Acometida:** Instalaciones que permiten el suministro de gas natural seco desde las redes de distribución según la categoría de consumidores. La acometida tiene como componentes el tubo de conexión, el medidor, los equipos de regulación y accesorios complementarios.

3.1.4. **Ambiente inflamable**: Aquel que contiene polvo, vapor o gas inflamable, en mezcla con el aire y en concentración tal que puede entrar en ignición por acción de una chispa o cualquier otro agente.

3.1.5. **Ampliación**: Operación realizada en una instalación interior de gas tendiente a aumentar la capacidad o longitud de la tuberías, potencia conectada o capacidad de los conductos de evacuación.

3.1.6. **Aguas abajo:** Se entiende por “aguas abajo de” o “corriente abajo de” a la expresión que ubica a un determinado objeto que se encuentra instalado posterior al de referencia en el sentido de la circulación del fluido.

3.1.7. **Aguas arriba:** Se entiende por “aguas arriba de” o “corriente arriba de” a la expresión que ubica a un determinado objeto que se encuentra instalado en forma precedente al de referencia en el sentido de la circulación del fluido.

3.1.8. **Aprobado:** Aceptable para la autoridad competente.

3.1.9. **Arranque de medidor**: Es el conjunto de elementos que conduce el gas desde el término de la acometida (empalme individual) o de la matriz interior (empalme múltiple), hasta la respectiva instalación interior. Incluye tubos, llaves de paso, medidores, y reguladores de servicio cuando corresponda.

3.1.10. **Autoridad competente:** Es el organismo del Estado responsable de la aplicación de cualquier parte de esta Norma, o el funcionario designado por este para ejercitar tal función.

3.1.11. **Batería de Cilindros**: Es el conjunto de elementos de una instalación interior de GL, formado por dos y hasta un máximo de diez cilindros (incluidos los cilindros para la reposición); incluye regulador de presión, piezas de tuberías, llave de paso general, conexiones flexibles, colector, etc.

3.1.12. **Caseta de Cilindros de GLP**: Es una caseta con material no inflamable, con una resistencia a la acción del fuego correspondiente, a lo menos, a la clase F - 120.

3.1.13. **Central de Abastecimiento**: Unidad de almacenamiento de GL destinada a suministrar gas, con ubicación dentro del terreno.

3.1.14. **Central de Distribución:** Central de GLP destinada a suministrar gas a la central de abastecimiento.

3.1.15. **Central de GLP**: Conjunto formado por uno o más tanques de GLP con sus accesorios, sistemas de control y protección y reja de seguridad; incluye el múltiple de interconexión de estanques cuando corresponda.

3.1.16. **Chimenea:** Ducto principal vertical que permite evacuar los gases de combustión de una manera segura al aire libre.

3.1.17. **Colector o Manifold**: Es el dispositivo formado por tubos de cobre tipo K o Acero con terminales que sirven, uno de ellos, para conectarlo al inversor y los otros, a las conexiones flexibles.

3.1.18. **Combustión:** Proceso químico de oxidación rápida entre un combustible y un comburente que produce la generación de energía térmica y luminosa, acompañada por la emisión de gases de combustión y, en ciertos casos, partículas sólidas.

3.1.19. **Componente**: Una parte esencial de un equipo de consumo que es capaz de realizar una función(es) independiente(s) y contribuir a la operación del equipo. Un ejemplo de un componente es un termostato. El termostato es capaz de una operación independiente, y contribuye a la operación del aparato controlando su ciclo de encendido-apagado.

3.1.20. **Condensado (condensación):** Un líquido separado del gas natural seco (inclusive gas combustible) debido a una reducción en la temperatura o a un aumento en la presión.

3.1.21. **Conexión Flexible**: Es el accesorio formado por un tubo de cobre o elastómero.

3.1.22. **Consumo**: Volumen total de gas suministrado a una instalación de gas en un período determinado. También se puede expresar en función de la energía equivalente que produce la combustión de dicho volumen de gas; en este caso se expresa en Mcal, Joule o kWh.

3.1.23. **Consumo continuo**: Aquel superior a dos horas, con intermitencias igual o inferiores a media hora cada vez. (Por ejemplo: fábricas, hoteles, fuentes de soda, etc.).

3.1.24. **Consumo diario**: consumo de un día promedio con los artefactos funcionando en condiciones normales de uso.

3.1.25. **Consumo intermitente**: Aquel igual o inferior a dos horas con intermitencia superiores a media hora cada vez. (Por ejemplo: Consumo doméstico en casas, bloques o conjuntos habitacionales).

3.1.26. **Elementos productores de chispas**: Son aquellos que no son fabricados para ambientes inflamables, por ejemplo campanillas, enchufes, interruptores, etc.

3.1.27. **Empresa de gas**: Entidad destinada a producir, transportar, distribuir o suministrar gas.

3.1.28. **Encendido:** Es el establecimiento de una llama en el quemador.

3.1.29. **Equipo de consumo**: Un artefacto para convertir gas natural seco en energía que incluye cualquier componente, control, alambre eléctrico, o tubería, requerido como una parte esencial de ese artefacto.

3.1.30. **Estación de regulación y medición**: Conjunto de aparatos y elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas abajo del punto de entrega y medir los volúmenes de gas consumidos. Asimismo, asegura que la presión no sobrepase de un límite prefijado ante fallas eventuales.

3.1.31. **Estación de regulación secundario (sub. estaciones):** Conjunto de aparatos y elementos instalados con el propósito de reducir y regular automáticamente la presión del fluido aguas debajo de la "estación de regulación y medición". Su utilización se requiere cuando la presión de trabajo del artefacto difiere de la presión regulada y asignada.

3.1.32. **Factor de simultaneidad**: Es la razón entre la potencia máxima absorbida por un conjunto de instalaciones durante un intervalo de tiempo dado y la suma de las potencias máximas absorbidas individualmente por cada instalación durante este intervalo. Símbolo: fs.

3.1.33. **Fijador**: Elemento destinado a fijar un artefacto de gas en un lugar determinado.

3.1.34. **Filtro:** Elemento destinado a retener partículas sólidas presentes en el gas natural seco.

3.1.35. **Fuego abierto**: Es todo elemento que de una u otra forma produce llama en un ambiente o en el exterior, ya sea en forma permanente o esporádica.

3.1.36. **Fuente de Ignición**: Todo elemento que de una forma u otra presente zonas de temperatura igual o superior a la temperatura de ignición, ya sea en forma permanente o esporádica, entre otros, se considerarán como tales: llamas, cigarrillos encendidos, operaciones de corte y/o soldadura, roce excesivo, superficies calientes, estufas, chispas eléctricas y mecánicas, etc.

3.1.37. **Gabinete de medidores**: Caseta destinada a proteger a los medidores de gas y, cuando corresponda, a los reguladores de presión asociados. También se le denomina nicho.

3.1.38. **Gas licuado de petróleo (GLP):** Es una mezcla de gases del petróleo formada principalmente por propano comercial y butano comercial.

3.1.39. **Gas Natural**: Es una mezcla de gases hidrocarburos y no hidrocarburos, que se generan naturalmente y que se encuentran en formaciones geológicas porosas bajo la superficie de la tierra, a menudo asociada con petróleo. Su constituyente principal es el metano (CH_4).

3.1.40. **Gases de combustión**: Los productos de la combustión y el aire en exceso.

3.1.41. **Horno**: Es todo aquel equipo en el que el material se calienta o se enfría en una cámara cerrada.

3.1.42. **Horno de calentamiento directo:** Es todo aquel horno en el que el calor se genera en la cámara de trabajo, o en una cámara de combustión en comunicación de la misma, y los productos de combustión entran en contacto con el material en proceso.

3.1.43. **Horno de calentamiento indirecto:** Es todo aquel horno en el que el calor se genera en una cámara de combustión totalmente separada de la de trabajo y los productos de combustión no entran en contacto con el material en proceso.

3.1.44. **Incombustible**: Material que no es capaz de ser ignitado o combustionado, tal como material consistente completamente de, o de una combinación de, acero, hierro, ladrillo, baldosa, concreto, pizarra, asbesto, vidrio y yeso.

3.1.45. **Instalación interior de gas**: Aquella instalación de gas construida dentro de una propiedad, para uso exclusivo de sus ocupantes, ubicada tanto en el interior como en el exterior de los edificios o construcciones. La instalación interior comienza a la salida del medidor, cuando ella es abastecida desde una red de distribución; o a la salida del regulador de presión, cuando es abastecida mediante un tanque de GLP.

3.1.46. **Instalador de gas:** Persona natural o jurídica calificada para poder ejecutar, reparar o modificar instalaciones internas de gas natural seco o GLP, y cuyo representante es una persona experimentada o entrenada.

3.1.47. **Inversor**: Es el dispositivo manual o automático, en forma de Te, para la utilización selectiva de los cilindros, que abre y cierra el paso de GLP desde los cilindros al regulador de presión. Se utiliza para poder sustituir los cilindros vacíos por otros llenos, sin interrumpir el servicio (se conoce también como Te de distribución).

3.1.48. **Llave de corte**: Es la llave ubicada inmediatamente antes del medidor o del regulador, según corresponda.

3.1.49. **Llave de paso**: Llave que se instala en el sistema interior para abrir o cerrar el suministro de gas.

3.1.50. **Llave General**: Es la llave que permite suspender el suministro.

3.1.51. **Matriz de Distribución**: Es una tubería de una red de distribución que conduce gas a otras tuberías o a las acometidas de los usuarios.

3.1.52. **Matriz Interior**: Es el conjunto de elementos destinados a conducir el gas desde el término de la acometida hasta el comienzo de los arranques de medidores. Incluye tubos y accesorios tales como conectores y reguladores de servicio cuando corresponda.

3.1.53. **Medidor**: Se llama medidor al instrumento destinado al registro del consumo de gas en m3, o de otras magnitudes que configuren el suministro.

3.1.54. **Modificación**: Operación tendiente a realizar un cambio en el trazado de una instalación interior de gas.

3.1.55. **Pérdida de presión**: Disminución de la presión que experimenta el gas al circular a través de una tubería, artefacto, medidor, dispositivo, etc.

3.1.56. **Piloto**: Una llama que se requiere para encender una mezcla de gas/aire en el quemador.

3.1.57. **Piloto continuo**: Es aquel que permanece funcionando durante todo el periodo de servicio.

3.1.58. **Presión de corte**: Define el valor de la presión a la cual actúa la válvula de seguridad de bloqueo por sobrepresión.

3.1.59. **Piloto intermitente**: Es aquel que enciende automáticamente cada vez que es necesario encender el quemador principal y permanece en operación mientras el mismo está funcionando.

3.1.60. **Piloto interrumpido**: Es aquel que enciende automáticamente cada vez que es necesario encender el quemador principal, apagándose una vez finalizado el tiempo de encendido del mismo.

3.1.61. **Potencia**: Cantidad de calor transferido durante la unidad de tiempo. Se expresa en KW o Mcal/hora, etc.

3.1.62. **Potencia de cálculo parcial**: Corresponde a la potencia instalada de todas las instalaciones interiores que reciben suministro de gas del tramo que se dimensiona, multiplicada por el factor de simultaneidad (fs), correspondiente a las citadas instalaciones.

3.1.63. **Potencia instalada**: Suma de las potencias nominales de los artefactos de una instalación de gas.

3.1.64. **Potencia instalada parcial:** Corresponderá a la suma de las potencias nominales de los artefactos de una o varias instalaciones interiores.

3.1.65. **Potencia nominal**: Corresponderá a la indicada en la placa de identificación del artefacto, quemador, etc.

3.1.66. **Presión de descarga**: Define el valor de la presión a la cual se verifica el inicio de la descarga de la válvula de seguridad de alivio por venteo.

3.1.67. **Presión de diseño**: Es la presión máxima que puede alcanzar la instalación, valor por el que debe dimensionarse la misma y seleccionarse los materiales.

3.1.68. **Presión de Prueba:** Presión a la cual es sometida el sistema antes de entrar en operación con el fin de garantizar su hermeticidad.

3.1.69. **Presión de Servicio o Presión de distribución**: Es la presión de suministro a la instalación interior. No deberá ser inferior a la presión mínima ni exceder a la presión máxima permitidas de acuerdo a normas vigentes.

3.1.70. **Presión de Trabajo ó Presión máxima admisible de operación**: Presión a la que deben operar satisfactoriamente las tuberías, accesorios y componentes que están en contacto con el gas natural en un sistema de distribución y en equipos de consumo, en condiciones de máxima demanda.

3.1.71. **Presión de venteo**: Define el valor de presión al cual la válvula de seguridad de alivio por venteo desaloja el caudal requerido por cálculo. Dicho valor es igual a la suma de la presión de apertura más la sobre-presión alcanzada durante la descarga.

3.1.72. **Productos de combustión**: Componentes que resultan de la combustión de gas natural seco con el oxígeno del aire e incluye gases inertes pero excluye el exceso de aire.

3.1.73. **Profesional Responsable**: Ingeniero Colegiado y hábil.

3.1.74 **Puesta en Servicio**: Es la habilitación de la instalación interior al suministro de gas, de manera que permita el adecuado funcionamiento de sus componentes y de los artefactos conectados a ella. Está será según su rango como sigue:

a) De baja presión (BP): hasta 0,05 bar (500 mm de columna de agua).
b) De media presión A (MPA): hasta 0,4 bar.
c) De media presión B (MPB): hasta 4 bar.
d) La máxima presión del gas envasado será de 1,4 bar

3.1.75. **Purga**: Eliminar el fluido existente (gaseoso o líquido) en la tubería, filtros y separadores, equipos de consumo, con un fluido deseado.

3.1.76. **Ramal:** Es la parte de un sistema de tuberías que conduce gas natural seco desde la tubería principal a un equipo de consumo.

3.1.77. **Razón de vaporización**: Cantidad de energía equivalente al poder calorífico del GLP que se puede evaporar por hora en los envases de GLP; se expresa en Mcal/h.

3.1.78. **Red de Distribución**: Instalación destinada a conducir el gas desde la fuente de abastecimiento, el comienzo de la instalación interior de los usuarios. Está formada por matrices, centros reductores de presión y accesorios necesarios para el buen funcionamiento del sistema.

3.1.79. **Red Interior de gas**: Conjunto de tuberías y accesorios destinados a conducir el gas hasta los artefactos; desde el medidor o el regulador, según corresponda.

3.1.80. **Reencendido**: Es el intento de encendido del quemador cuando la llama se extinguió estando el mismo en servicio.

3.1.81. **Regulador de presión**: Es el dispositivo mecánico destinado a reducir la presión de alimentación y mantener la presión de salida constante, en un valor nominal predeterminado, dentro de ciertos límites especificados.

3.1.82. **Regulador de servicio**: Un regulador de presión instalado en una línea de servicio para controlar la presión del gas entregado al cliente.

3.1.83. **Regulador del equipo de consumo**: Un regulador de presión localizado en el tren de válvulas del equipo de consumo.

3.1.84. **Regulador del sistema**: Un regulador de presión instalado en un sistema de tuberías aguas abajo del regulador de servicio y aguas arriba del regulador del equipo de consumo.

3.1.85. **Separador**: Conjunto de elementos prefabricados que responden a un proyecto particular y que se destinan a retener partículas sólidas y/o líquidas contenidas en el fluido para hacerlo mas puro.

3.1.86. **Sistema de Venteo:** Un sistema para la eliminación de gases de combustión al aire libre por medio de una chimenea, un conectador de venteo, una abertura, o un sistema natural o mecánico de escape.

3.1.87. **Techo de protección:** Es el cobertizo de material incombustible que permite proteger las válvulas de los cilindros y el regulador del equipo de GLP de la acción del agua, sol, etc.

3.1.88. **Tee de prueba**: Es el accesorio de unión en forma de Tee que sirve para efectuar la prueba de hermeticidad. Tiene hilo hembra interior (HI) y tapón HE.

3.1.89. **Temperatura de cálculo**: Corresponde a la temperatura local mínima del año, más 5 °C.

3.1.90. **Tiempo de seguridad de arranque:** Periodo comprendido entre el comienzo del proceso de encendido del quemador y la interrupción de este si no se produce el mismo.

3.1.91. **Tramo**: Parte de la tubería sin derivaciones o arranque que tiene una misma potencia de cálculo parcial, y diámetro. Se delimita por dos números consecutivos.

3.1.92. **Tren de válvulas**: La combinación de válvulas, controles, y tubería de un aparato aguas arriba de un múltiple («manifold») por el cual el gas natural seco es suministrado al aparato y por el cual el gas es controlado.

3.1.93. **Tubería aérea:** Tubería a la vista, no está en contacto con el suelo ni está empotrada a la pared.

3.1.94. **Tubería enterrada / oculta**: Tubería que, cuando está ubicada en una pared, en el piso, o en el techo de una construcción terminada, está escondida de la vista y sólo puede ser expuesta por el uso de una herramienta. No se aplica a la tubería que pasa directamente por una pared o división.

3.1.95. **Tubo conector**: Tubería o manga con un conector en cada extremo para conectar el equipo de consumo con el sistema de tuberías esta tubería o manga será metálica para proteger de daños por cambios físicos y térmicos.

3.1.96. **Tubo radiante resistente:** Conducto calefaccionado de calefactor por medio de una llama que se desarrolla en su interior, la transmisión de calor a la cámara del horno es fundamentalmente por radiación. Los tubos radiantes resistentes son estancos respecto a la cámara del horno y deben resistir con seguridad una sobre-presión por el encendido de la mezcla gas-aire.

3.1.97. **Válvula**: Instrumento colocado en la tubería para controlar o bloquear el suministro de gas natural seco hacia cualquier sección de un sistema de tuberías o de un aparato de consumo.

3.1.98. **Válvula de Alivio interno:** Una válvula de alivio de presión que esta construida en el cuerpo del diafragma de un regulador de presión.

3.1.99. **Válvula de alivio por venteo**: Un artefacto diseñado para abrirse a fin de prevenir un aumento de la presión del gas natural seco en exceso de un valor especificado debido a una emergencia o una condición anormal.

3.1.100. **Válvula de Línea de alivio:** Una válvula de alivio instalada en el sistema de tuberías aguas abajo de la etapa final de un regulador de presión que no esta equipado con una válvula de alivio interno.

3.1.101. **Válvula de Seguridad de cierre rápido**: Una válvula que corta automáticamente el suministro de gas natural seco cuando pierde energía por un control de seguridad de combustión, o un control del límite de seguridad, o por la pérdida del medio actuante.

3.1.102. **Válvula Unidireccional ("Back check")**: Una válvula que está normalmente cerrada y permite el flujo en sólo una dirección.

3.2. Para los efectos de la presente Norma, los siguientes términos relativos a los artefactos y a su instalación, tendrán el significado y alcance que se indica:

3.2.1. **Alimentación de gas**: Conexión de entrada de gas al artefacto.

3.2.2. **Artefacto de gas o artefacto**: Es el aparato fijo o portátil, que utiliza combustibles gaseosos, en el cual se realiza la mezcla de gas con aire y la combustión subsiguiente.

3.2.3. **Artefacto de gas fijo**: Artefacto de gas cuyo diseño fue concebido para ser instalado en una posición permanente en el tiempo.

3.2.4. **Artefacto de gas para empotrar** : Artefacto destinado a ser instalado en un armario, en un mueble de cocina o dentro de un nicho ubicado en la pared o en condiciones análogas. Esto hace que el artefacto de gas no necesariamente presente envolvente en toda su estructura.

3.2.5. **Calentador Instantáneo o Calefón**: Artefacto usado para la producción instantánea de agua caliente destinada, generalmente, a usos sanitarios.

3.2.6. **Cocina**: Artefacto para cocción, compuesto por una cubierta que comprende uno o varios quemadores y, eventualmente, uno o varios hornos y/o asadores por radiación o contacto.

3.2.7. **Conexión**: Unión del artefacto a la red interior de gas y conductos de evacuación. En algunos casos comprende la unión a las instalaciones de agua y electricidad.
3.2.8. **Conducto colectivo**: Conducto central en donde desembocan los conductos de Calefones y termos.
3.2.9. **Conducto de evacuación:** Conducto preferentemente vertical, destinado a la evacuación de los productos de la combustión de un artefacto al exterior.
3.2.10. **Doble conducto individual:** Conjunto formado por dos conductos concéntricos. El conducto interior permite la evacuación de los productos de la combustión del artefacto, y el espacio anular entre ambos conductos, permite ventilar el recinto al exterior.
3.2.11. **Estufa**: Artefacto destinado a elevar la temperatura del ambiente en que está colocado. También se conoce como calefactor.
3.2.12. **Horno**: Artefacto cerrado, utilizado para asar, cocer y tostar.
3.2.13. **Llave de control**: Llave de accionamiento manual, de dos o más posiciones, que controla el suministro de gas a uno o más quemadores; generalmente tiene un enclave en posición cerrada.
3.2.14. **Marmita**: Artefacto destinado a calentar agua.
3.2.15. **Salida de artefacto**: Aquella por la que salen las productos de la combustión generados en el artefacto.
3.2.16. **Termotanque o Termogas**: Artefacto en el cual se calienta y se almacena un volumen de agua, bajo control termostático, destinada comúnmente a usos sanitarios.
3.2.17. **Ventilación**: Abertura hecha a propósito, que se diseña para permitir permanentemente el paso del aire.
3.2.18. **Ventilación a los cuatro vientos**: Conducto expuesto al viento cualquiera que sea su dirección.
3.2.19. **Volumen de recinto**: Es el que se obtiene del producto del área limitada por los muros y la altura del recinto, sin deducción del mobiliario.

CAPITULO 4
PROYECTOS DE INSTALACIONES DE GAS

4.1. Generalidades

4.1.1. Profesionales facultados para la realización de proyectos de instalaciones de gas

4.1.1.1. El diseño de los proyectos y la ejecución de las instalaciones de gas deberán ser realizadas por profesionales o empresas facultadas para tal efecto, las mismas que deberán ser acreditados.

4.1.2 Aspectos formales de la presentación de proyectos

4.1.2.1. Antes de iniciar los trabajos, el Instalador de gas deberá contar con el plano de la Instalación de acuerdo al DS 042-99-EM y el DS 027-94-EM a lo establecido en la Presente Norma. Este plano deberá permanecer en la obra.
4.1.2.2. Una vez terminada la instalación interior de gas conforme a las disposiciones vigentes y al plano respectivo, y efectuadas las pruebas señaladas en 5.2.7 de la presente Norma.
4.1.2.3. Las instalaciones interiores de gas, deberá tener presente lo siguiente:

- Si en una instalación interior de gas se encuentran proyectados calentadores instantáneos y cocinas, para los efectos de cálculo se deben considerar potencias nominales, indicada en su placa de cada artefacto.

4.1.3. Procedimientos para la ejecución de planos.

4.1.3.1. En la ejecución de planos de instalaciones de gas deberán tenerse en consideración los requisitos siguientes:

- Todos los símbolos utilizados en los planos deberán estar especificados y descritos en los mismos (leyenda).

4.1.4. Procedimientos de cálculo

4.1.4.1. El cálculo de tuberías, conductos de evacuación de gases productos de la combustión y capacidad de tanques, se efectuará de acuerdo a lo dispuesto en la presente Norma.

4.1.5. Bases generales de diseño

4.1.5.1. Todo proyecto de nueva edificación de más de un piso destinada a edificio multifamiliar deberá incluir obligatoriamente, el proyecto de Instalación interior de gas.
4.1.5.2. Los edificios multifamiliares de más de un piso deberán contar con instalaciones interiores de gas, además de conductos colectivos y secundarios para evacuar los productos de la combustión de Calentadores instantáneos o termos o, en todo caso, un mecanismo suficientemente seguro para garantizar la evacuación de los productos de la combustión.. Dichos conductos deberán quedar ubicados de tal modo que permitan instalar el Calentador instantáneo o termo en un recinto que cumpla con las dimensiones y ventilaciones exigidas por la presente Norma.
4.1.5.3. Los edificios multifamiliares de hasta seis pisos desde el nivel 0.00, con un máximo de *25* departamentos con un acceso común, podrán contar con instalaciones individuales de gas en tuberías de cobre tipo K o L, o de tuberías aprobadas de acero con recubrimiento negro o galvanizado, alimentadas desde cilindros de gas licuado de petróleo, siempre que cumplan con lo siguiente:

a) La tubería deberá ir desde el terminal para conexión del artefacto de cocina, calefactor o calentador de gas, a los cilindros de gas licuado de petróleo, debiendo terminar en una boquilla de conexión estriada para que pueda ser conectado el tubo flexible del regulador de presión, terminal que deberá fabricarse en un material similar a la tubería, y sus dimensiones ser equivalentes a las de la boquilla de conexión de los reguladores.
b) Los cilindros de gas licuado de petróleo se instalarán en espacios ventilados, ubicados a lo más en el quinto piso desde el nivel del acceso vehicular del edificio, protegidos mediante un gabinete construido en material resistente al fuego igual o superior a F-60. El gabinete deberá contar con una puerta hermética, si ésta se encuentra ubicado en un espacio que comunique con el interior de un recinto habitable, y deberá tener una cara abierta al exterior del edificio, protegida con una rejilla metálica electro soldada empotrada a la construcción, rejilla que no podrá comunicar con el sector de ingreso de las viviendas.
c) Los gabinetes deberán considerar el espacio suficiente para la ubicación de una cantidad de cilindros que permita satisfacer la potencia instalada de los artefactos proyectados, debiendo considerarse al menos el espacio para dos cilindros tipo 10 K.

4.1.5.4. Las instalaciones interiores deberán ser proyectadas con habilitación mínima para un Calentador instantáneo y una Cocina. Por lo tanto, el dimensionamiento de la tubería deberá efectuarse considerando dicha habilitación.
4.1.5.5. La instalación interior de gas de toda edificación deberá ajustarse a la reglamentación y normativa técnica vigente. El Instalador extenderá el Acta correspondiente, una vez realizadas las pruebas relativas a la hermeticidad de las tuberías.
4.1.5.6. Si un propietario desea tener dos o más servicios de gas para una propiedad con casa o departamentos interiores, los servicios respectivos deberán ser independientes, incluyendo empalmes individuales, en el caso de gas de red, y equipos individuales en el caso de gas envasado.
4.1.5.7. En los edificios de departamentos en que se coloquen uno o más medidores por piso, la matriz interior deberá ir totalmente a la vista (o cubierta pero no empotrada) y el vertical de dicha matriz deberá ir por el conducto de los medidores o patio de luz, y siempre a la vista. Esta matriz no debe quedar a más de 50 centímetros de la ubicación del o de los medidores. El arranque de la matriz interior deberá quedar distanciado como mínimo 60 centímetros de los cables eléctricos. No se permitirá pasar una matriz interior por salas de calderas, cajas de ascensores, montacargas y túneles.

4.1.6. Normas específicas de seguridad

4.1.6.1. Para que la instalación interior de gas sea segura ella deberá cumplir pruebas de hermeticidad satisfactorias; las pérdidas de presión deben estar dentro del rango permitido; las ventilaciones de los recintos donde se encuentran instalados los artefactos deben garantizar una segura

renovación de aire; la ubicación de artefactos, cilindros, tanques, reguladores de presión, medidores, tuberías deben cumplir con las distancias de seguridad de tal manera que ellos no puedan ser dañados y ellos no puedan dañar a terceros; y toda la instalación en su conjunto debe ser sometida en el tiempo a un mantenimiento adecuado.

4.2. Artefactos

Todo relacionado con artefactos, ver la NTP 111.011

4.3. Suministro de aire y de ventilación

4.3.1. Determinación de ventilación para distintos tipos de artefactos

4.3.1.1. Las cocinas, hornos, o cualquier combinación de ellos para uso doméstico se instalarán en recintos con volumen mínimo de 5m³. De acuerdo a su volumen, el recinto de la cocina deberá tener las ventilaciones que se indican en la tabla siguiente:

Ventilación de recintos para la instalación de cocinas y hornos

Volumen del recinto V (m^3)	N⁰ de artefactos permitidos	Ventilaciones
5 ≤ V <10	No más de 1	Una superior y una inferior
10≤V<16	1	Una inferior
	2 o más	Una superior y una inferior
16≤V	1	No requiere
	2 o más	Una inferior

Las ventilaciones tanto superiores como inferiores deberán cumplir con los requisitos estipulados en 4.3.1.4. Podrá eliminarse la ventilación superior sólo cuando se consulte una campana extractora del aire conectada al exterior.

4.3.1.2. Para la instalación de los calentadores instantáneos y acumuladores, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

a) Los calentadores instantáneos y de acumulación se podrán instalar en recintos de cocinas que tengan como mínimo un volumen de 7 m^3 y que cuenten con las ventilaciones que se indican en la Tabla siguiente:

Ventilaciones para la instalación de calentadores instantáneos y de acumulación

Volumen del recinto V (m^3)	Nro. de artefactos permitidos	Ventilaciones
7 ≤ V < 10	No más de 1	Una superior y una inferior
10 ≤ V < 20		Una inferior
	2 o más	Una superior y una inferior
20 ≤ V	1	No requiere
	2 o más	Una inferior

Las ventilaciones tanto superiores como inferiores deberán cumplir con los requisitos estipulados en la Sección 4.3.2.2 del presente reglamento. La ventilación superior podrá ser reemplazada por un doble conducto de evacuación de los productos de la combustión.

b) Se prohíbe la instalación de calentadores instantáneos y de acumulación de gas en departamentos cuya superficie edificada no sobrepase las áreas establecidas en el Reglamento Nacional de Construcciones.

c) No se podrán instalar calentadores instantáneos y de acumulación en baños.

4.3.1.3. Las disposiciones establecidas en la presente Norma son aplicables a estufas cuya consumo nominal es menor o igual que 6,8 KW (6 Mcal/h). Estas estufas deberán instalarse considerando los requisitos siguientes:

a) Estufas de gas tipo A

- Volumen: Estos artefactos de gas deberán instalarse en recintos cuyo volumen asegure que el gasto equivalente sea igual o inferior a 300 W/m^3 (0,27 Mcal/h/m^3)
- Ventilación: Los recintos en que se instalen estos artefactos deberán tener dos aberturas, una superior y una inferior, de acuerdo a la señalado en 4.3.2.9.

b) Estufas de gas tipo B

- Volumen: Los recintos en que se instalen estos artefactos deberán tener un volumen mayor o igual a 8 m^3.
- Ventilación: El recinto dispondrá de una sección libre mínima de 100 cm^2 que reúna las características señaladas en el artículo 35º de la presente Norma. Si en el recinto hay instalado otro artefacto de gas, la sección libre mínima será de 150 cm^2.

c) Estufas de gas tipo C

- La instalación de estos artefactos de gas no tiene restricciones respecto de la ventilación y del volumen de los recintos, cualquiera sea su destino.

4.3.1.1. La ventilación de los recintos donde se encuentren instalados artefactos de gas, deberá cumplir con los requisitos que se señala a continuación:

a) Ventilación superior

- Esta ventilación se utiliza para la salida del aire viciado.
- Se ubicará a una altura mínima de 1,80 m sobre el piso.
- La sección libre mínima de salida del aire viciado será de 150 cm^2.
- Siempre será una ventilación directa, es decir, deberá descargar directamente al exterior a través de una pared, o por el entretecho mediante un doble conducto, o por medio de un conducto colectivo exclusivo para ventilación que sirva a varias unidades en un edificio de departamentos.

b) Ventilación inferior

- Esta ventilación se utiliza para proveer aire para la combustión, tanto a artefactos de gas tipo A, como artefactos de gas tipo B.
- Se ubicará a una altura máxima de 30 cm sobre el nivel del piso, y se tratará que su ubicación no constituya una molestia para los ocupantes del recinto.
- La sección libre de entrada de aire desde el exterior será de 150cm^2, excepto lo señalado en b) de 4.3.1.3.
- Esta entrada de aire puede ser directa desde el exterior, o indirecta a través de otros recintos.

c) Ventilación directa.

Esta se logra introduciendo aire en un punto adyacente al artefacto de gas o ubicado adecuadamente respecto de él, utilizando una de las siguientes alternativas:

- Por pasadas a través de los muros exteriores;
- Por un conducto de ventilación individual, ya sea horizontal, ascendente, o descendente; o
- Por un conducto de ventilación colectivo.

La entrada de aire deberá estar ubicada a no menos de 30 cm de cualquier parte de un conducto para artefacto tipo B o tipo C. Asimismo, si la ventilación se logra por un conducto individual ascendente a un conducto colectivo, su entrada de aire deberá estar ubicada siempre a una altura inferior a la de un sombrerete de un conducto para artefactos tipo B, y a no menos de 60 cm de cualquier parte de dicho sombrerete.

La ventilación directa es obligatoria en el caso de artefactos instalados que no precisen estar conectados a un conducto de evacuación de los productos de la combustión.

d) Ventilación indirecta.

Esta se logra por pasadas de aire a través de un muro interior que forma parte de un recinto que tenga una ventilación directa al exterior; recinto que no podrá ser dormitorio, baño o cocina.

4.3.1.1. Los conductos para la evacuación de los productos de la combustión de los artefactos de gas, deberán ser diseñados y construidos de acuerdo a lo establecido en la presente Norma.

4.3.2. Evacuación de gases de combustión

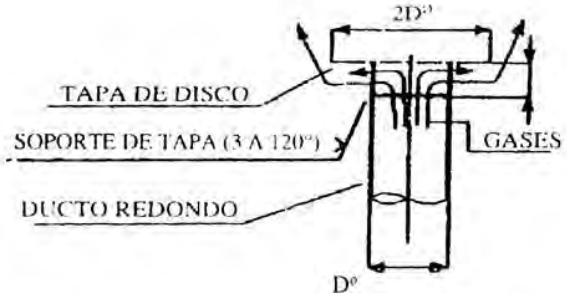
4.3.2.1. Los conductos de evacuación de calentadores instantáneos y de acumulación según su posición, número de artefactos conectados y ángulo de su tramo lateral se agruparán en los tipos y clases indicados en la siguiente tabla siguiente:

Clasificación de Conductos de Calentadores Instantáneos

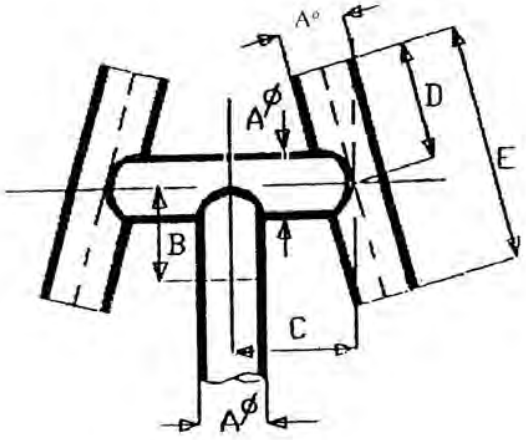
Tipo	Clases	Clases
Según su posición	Según número de artefactos	Según el ángulo del tramo lateral
I Conducto vertical	A. Simple	
	B. Doble o Triple	
II Conducto Lateral		C. con ángulo, respecto a la horizontal menor de 45º
		D. con ángulo, respecto a la horizontal mayor de 45º

4.3.2.2. Todo conducto llevará un sombrerete de material incombustible. Entre los diferentes tipos, se pueden indicar los siguientes:

a) Tipo I
Sombrerete sencillo. Su esquema y relaciones de dimensiones, se tienen en la figura siguiente:



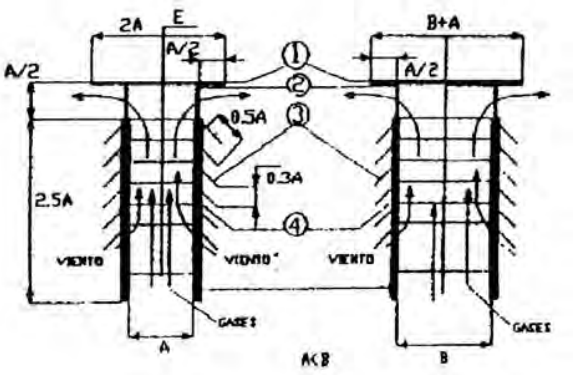
b) Tipo II
Sombrerete H. Su esquema y relaciones de dimensiones se muestran en figura siguiente



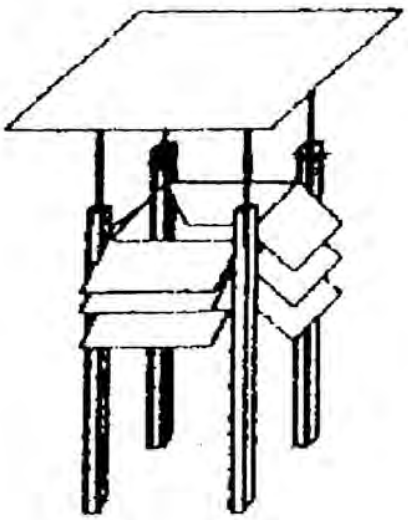
Dimensiones en cm

Af	B	C	D	E
7.5	7.5	13	13	23
13.	18	26	23	38
18	20	32	32	53

c) Tipo III
Sombrerete aspirador estacionario. Evita que el tiraje del conducto sea afectado por la orientación del viento. Su esquema y relación de dimensiones se tienen en la figura siguiente:



1 TAPA DEL SOMBRERETE
2 SOPORTE DE LA TAPA (4 SOPORTES)
3 PERSIANAS (24 PERSIANAS)
4 SOPORTES DE PERSIANAS (4 SOPORTES)



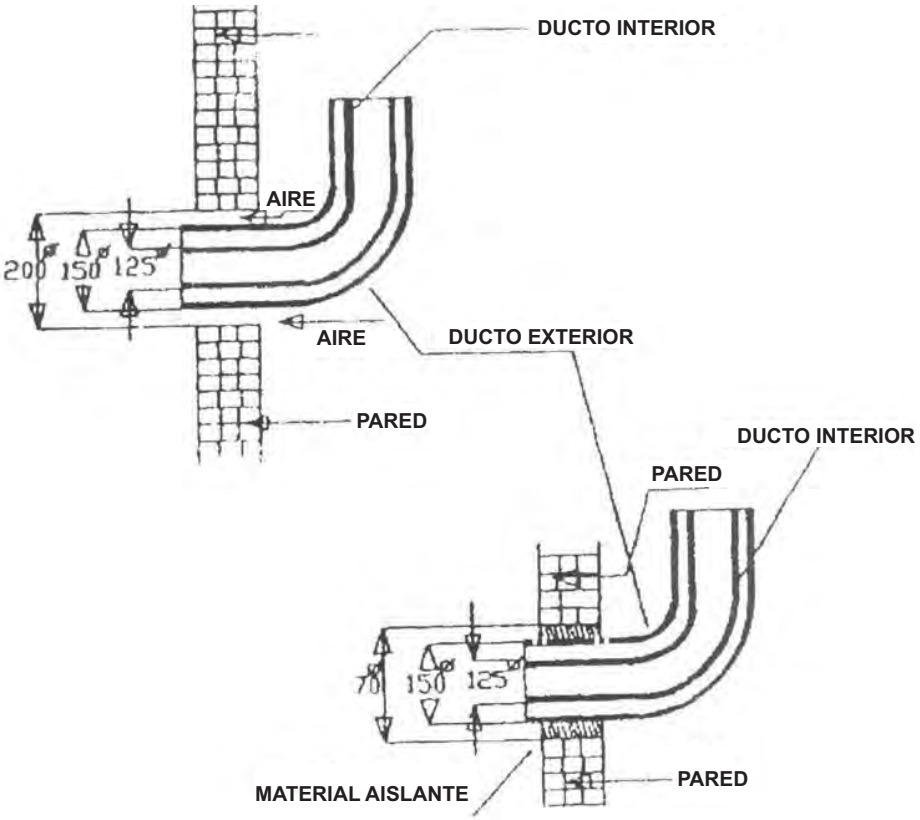
4.3.2.3. Los conductos cumplirán los requisitos siguientes:

a) Serán autoportantes, estarán bien anclados y tendrán una resistencia mecánica adecuada.
b) Quedarán a una distancia mínima de 15 cm de paredes y/o vigas de madera u otros materiales combustibles; esta distancia podrá reducirse a 2 cm si se interpone una plancha incombustible y aislante térmico.

4.3.2.4. Se autoriza el uso de doble conducto metálico para evacuar los gases producto de la combustión cuando debe cruzarse tabiques, cielos, vigas o techumbres de material combustible, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

a) Que el diámetro del conducto exterior sea 25 mm mayor que el diámetro del tubo interior.
b) Que el diámetro del orificio de paso sea 50 mm mayor que el diámetro del tubo exterior o que se interponga un material aislante de a lo menos 10 mm de espesor entre el tubo exterior y el elemento combustible que atraviesa.

DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD ENTRE DOBLE DUCTO METÁLICO Y PARED O VIGA COMBUSTIBLE, EN MM



4.3.2.5. Las distancias mínimas de seguridad para doble conducto metálico de artefactos con potencia nominal superior a 30 KW *(25* Mcal/h) se deberán establecer de acuerdo a un estudio específico para cada caso.

4.3.2.6. Los conductos de calentadores instantáneos y de acumulación de acuerdo con su potencia instalada, deberán cumplir los siguientes requisitos:

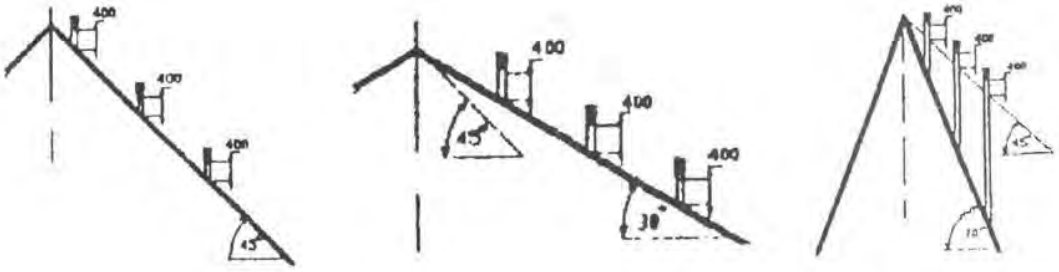
a) Potencia instalada inferior a 38 MJ/h (9 Mcal/h):

- Tener una longitud de un metro como mínimo.

- Su sombrerete tendrá una distancia mínima de un metro a puertas y ventanas.

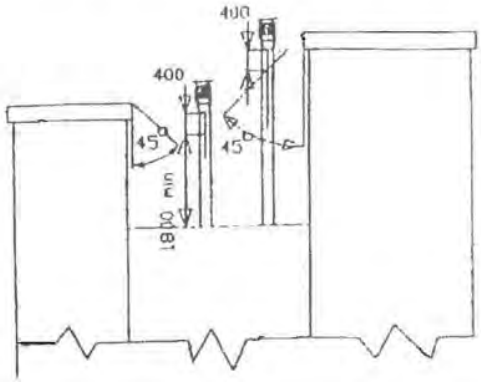
b) Potencia instalada superior a 38 MJ/h (9 Mcal/h). El conducto ventilará a los cuatro vientos, es decir, deberá cumplir con los requisitos siguientes:

- Sobresalir 0,40 m como mínimo de la cubierta de la techumbre o sobre un plano imaginario de 45°, trazado desde el punto más alto de la cubierta



- Sobresalir 1,80 m como mínimo, sobre el piso de terrazas.

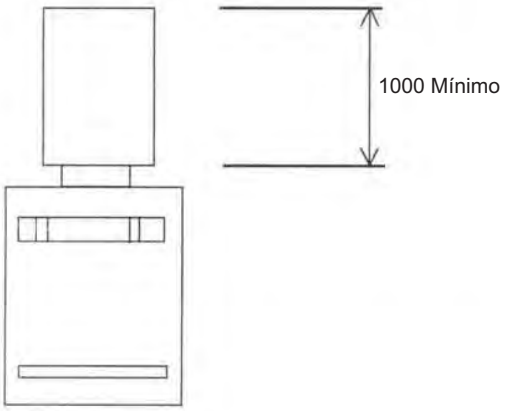
- Si existen muros circundantes, deberá sobrepasar 0,40 m de los planos imaginarios trazados a 45º hacia abajo de la pared más alta de los muros.



4.3.2.7. Los conductos según su posición se dividen en dos tipos:

a) Tipo I: Conductos verticales

- Clase A. Conductos simples



- Clase B. Conductos dobles o triples. Deberán ventilar a los 4 vientos.

FIGURA N° 4.3.2.8A

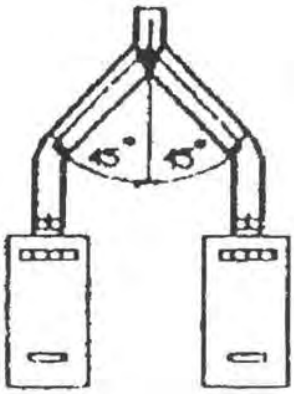
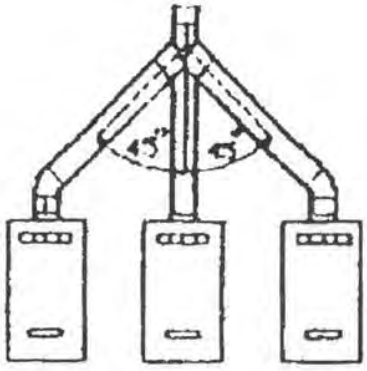


FIGURA N° 4.3.2.8B



b) Tipo II: Conductos laterales

Las clases C y D corresponden a lo indicado en las Fig. N° 4.3.2.8C y N° 4.3.2.8D, respectivamente.

FIGURA N°4.3.2.8C

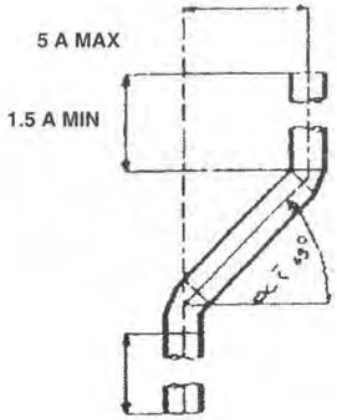
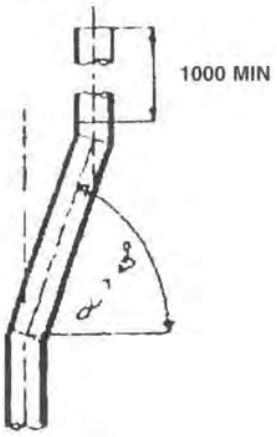


FIGURA N°4.3.2.8D

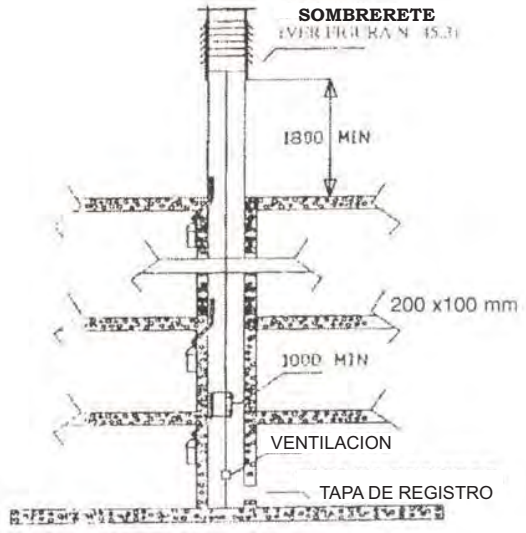


4.3.2.8. El conducto podrá ser de sección circular, cuadrada o rectangular y por ningún motivo, con sección inferior al de la salida del calentador instantáneo y termo.

4.3.2.9. Cada uno de los diferentes tramos de un conducto de artefactos debe ser confeccionado de una sola pieza.

4.3.2.10. Además de lo que le sea aplicable de los artículos precedentes, los conductos colectivos cumplirán con los requisitos siguientes:

a) En edificios de departamentos, se instalarán conductos colectivos en los que desembocarán los tramos verticales superiores de los conductos de calentadores instantáneos y de acumulación los cuales en el último piso podrán desembocar al conducto colectivo o indirectamente a los 4 vientos.



b) El conducto colectivo será exclusivamente para la evacuación de los productos de la combustión de los calentadores instantáneos y de acumulación.

c) En los conductos ubicados en edificios de 5 pisos o más, sólo se usará el sombrerete tipo aspirador estacionario; en cambio, para edificios de hasta 4 pisos se podrá usar cualquier tipo de sombrerete, siempre que se tenga una normal evacuación de los productos de la combustión.

d) Deberá empezar a nivel o bajo el piso en donde está instalado el calentador instantáneo y de acumulación más bajo que descarga en él.

e) Deberán tener en su parte inferior una tapa de registro ubicada a una distancia no menor de 30 cm. de la entrada del conducto del calentadores instantáneos y de acumulación más bajo. Esta tapa deberá mantenerse bien cerrada.

f) Si son de forma cuadrada o rectangular, tendrán la sección correspondiente a uno circular, aumentada en un 10%; en caso de ser rectangular, la relación entre el lado mayor y el menor no deber ser superior a 1,5.

g) No deberán presentar cambios de ángulo que impidan que sus extremos superior e inferior sean mutuamente observables

4.3.3. Sistemas de regulación de tiro para evacuación de gases producto de la combustión

4.3.3.1. Los conductos colectivos deberán tener en su parte inferior una perforación para tiro natural de 20 x 10 cm como mínimo, recubierta de celosía.

La abertura de ventilación correspondiente deberá quedar ubicada en un espacio de propiedad común.

4.3.3.2. En caso de usarse extractores para eliminar los gases producto de la combustión, su dimensionamiento deberá ser tal que evite la posibilidad de sobresucción.

4.3.3.3. Se prohíbe instalar calentadores instantáneos y de acumulación Tipo B en recintos donde existen extractores de aire, o conductos de aspiración, que afecten el normal funcionamiento de dichos artefactos.

4.3.4. Referencias a métodos de cálculo para el dimensionamiento de conductos de evacuación de gases de combustión.

4.3.4.1. La sección de un conducto colectivo se calculará siguiendo el procedimiento siguiente:

a) Se considerará la potencia total de los calentadores instantáneos y de acumulación que descargarán en él; por lo tanto, no se incluirá el consumo de los calentadores instantáneos y de acumulación instalados en el último piso del edificio, si descargan a los cuatro vientos.

b) Para el cálculo de la sección se aplicará la Tabla N° 4.3.4.1 cuyo valor incluye la sección del tramo vertical superior de los conductos de calentadores instantáneos y de acumulación.

Tabla N° 4.3.4.1
Sección interior del conducto colectivo según potencia instalada (*) (**)

Consideran la potencia indicada en la placa de cada calentador y termo hasta 25 Mcal/h				Sección interior para conductos colectivos circulares, en cm², según número de conductos de calentadores y termos hasta 25 Mcal/h que descarguen por piso	
Caudal de gas		**Potencia total**			
Natural	**Licuado**	**Equivalente**			
m³/h	**m³/h**	Mcal/h	**MJ/h**	**Uno**	**Dos**
10,2	4,0	100 ó menos	4,2 ó menos	440	560
16,8	6,0	150	6,3	540	670
22,5	8,0	200	8,4	640	770
33,7	12,0	300	12,6	N.A	960
45,0	16,0	400	16,7	N.A	1150

Nota N.A. = NO ACEPTABLE.

(*) Esta tabla es aplicable a conductos colectivos de edificios de hasta 8 pisos.

(**) Las situaciones no contempladas en esta tabla, deberán ser calculadas.

4.3.5. Conexiones de conductos de evacuación de gases de combustión

4.3.5.1. Los conductos de evacuación de gases producto de la combustión deberán introducirse en la parte exterior de la salida de los calentadores instantáneos y de acumulación con un mínimo de juego para evitar fugas de los productos de la combustión; lo mismo se deberá hacer con los tramos superiores del conducto, que deberán introducirse en el tramo inferior.

4.3.5.2. En los conductos colectivos se podrán conectar hasta dos conductos de calentadores instantáneos y de acumulación por piso.

4.3.6. Materiales autorizados y/o recomendados para conductos de evacuación de gases de combustión

4.3.6.1. Los materiales de los conductos deberán asegurar una correcta evacuación de los gases producto de la combustión. En el caso de los conductos colectivos, deberá asegurarse el cumplimiento de este requisito cuando se encuentren operando en cualquier condición, debiendo mantener estas características permanentemente durante la vida útil del edificio, a menos que dichos conductos, o parte de ellos, puedan ser fácilmente reemplazados, sin perjuicio de la obligación de mantener las condiciones de seguridad primitivas.

Para cumplir con las condiciones anteriores, el respectivo conducto deberá:

a) Construirse de un material no quebradizo y no combustible. En el caso de los conductos colectivos, los materiales deberán tener una resistencia al fuego correspondiente, a lo menos, a la clase F-60, para edificios de hasta 4 pisos; la clase F-90, para edificios de 5 a 6 pisos; y a la clase F-120 para edificios de 7 o más pisos.

b) Tener una superficie de baja rugosidad y no tener estrangulaciones a lo largo de su trayectoria.

c) Ser resistente a la humedad o a la corrosión, según corresponda.

d) Ser estanco.

e) Garantizar que los gases no alcancen su temperatura de rocío por pérdidas de calor.

4.4. Tuberías

4.4.1. Materiales autorizados para tuberías

4.4.1.1. En instalaciones de gas sólo se podrán utilizar tubos y accesorios de acuerdo a la NTP 111.011.

4.4.1.2. Se podrá aprobar, tuberías que sean presentados ante la autoridad competente y que no estén contemplados en la presente Norma, siempre que su uso esté preestablecido en normas Internacionales Calificadas

4.4.2. Referencias a Métodos de Cálculo de Tuberías

4.4.2.1. Para fines del cálculo del dimensionamiento de tuberías de GLP en media presión se considerarán las propiedades físicas del GL en fase gaseosa a 288,16°K (15°C) y 101,3 kPa (760 mm Hg), como sigue:

a) Poder calorífico superior:
   93,8 MJ/m3 (22,4 Mcal/m³)
b) Densidad
   2,0 Kg/m³
c) Densidad relativa:
   1,5
d) Viscosidad absoluta.
   0,0075 cP

4.4.2.2. Se aceptará emplear tubos de cobre tipo L en presiones manométricas iniciales de hasta 140 kPa (21,7 lbf/pulg2); para valores superiores, se emplearán tubos de cobre tipo K.

4.4.2.3. Para instalaciones domésticas, la presión manométrica inicial de trabajo en los tramos de media presión se fija en 100 kPa (14,5 lbf/pulg²).

4.4.2.4. En el cálculo de la pérdida máxima de presión, se deberá considerar lo siguiente:

a) Se aceptará como máxima pérdida entre los reguladores de 1ª y 2ª etapa, un 50% de la presión manométrica inicial, siempre que la velocidad del gas sea inferior a 40 m/s.

b) En los edificios en que la tubería en media presión suba por el exterior para conectarse a los medidores, se debe considerar también la pérdida parcial de los tramos verticales, y

c) Para cada edificio se deberá calcular el valor total de la pérdida de presión.

4.4.2.5. Para calcular los diámetros de los tramos en media presión se empleará la Potencia de Cálculo parcial, que corresponde a la potencia instalada parcial, multiplicada por el factor de simultaneidad (fs) correspondiente, que se calcula en la forma señalada en 4.6.1.1 letra b) y en la tabla N°4.6.1.1c, de acuerdo con el número de instalaciones interiores que tendrán suministro a través de ese tramo.

4.4.2.6. Como procedimiento para dimensionar la tubería en media presión se aceptará indistintamente:

a) El empleo de la fórmula siguiente:

$$P = 12,2 \times (HD^5/L)^{1/2}$$

Donde:

P = Potencia de cálculo, KW
H = Diferencia de los cuadrados de las presiones absolutas iniciales y finales, (kPa).
D = Diámetro interno de la tubería, en cm.
L = Longitud de la tubería en m.

Dicha fórmula se estima válida para los consumos medios de los usuarios de GL y los trazados típicos de las redes de distribución de Gas en media presión, con el diámetro de tubería comprendido entre las designaciones 3/8 y 4.

b) Que el proyectista utilice otro método para dimensionar la tubería, siempre que el sistema utilizado corresponde a procedimientos de general aceptación en ingeniería.

c) Si eventualmente existieran discrepancias entre los resultados obtenidos según las letras a) y b), estas situaciones se resolverán verificando el dimensionamiento de la red de Gas, mediante la aplicación de la fórmula racional y las correspondientes tablas de longitudes equivalentes de las piezas de tubería y accesorios.

4.4.2.7. El cálculo para dimensionar tuberías de todas las instalaciones interiores de gas en baja presión, para los distintos gases combustibles de servicio público, debe considerar las propiedades físicas y sus respectivas condiciones de referencia, las que se prescriben en la tabla siguiente:

Propiedades físicas de los gases y condiciones de referencia

Tipo de gas	Empresa - Ciudad	Propiedades físicas		Condiciones de referencia
		Densidad relativa	Poder calorífico Bruto, PCB	288,16°K (15°C)
Licuado	Todo el país	1,50	93,78 MJ/m³ (22,4 Mcal/m³)	101,3 kPa (760 mm Hg)
Natural	Todo el país	0,59	39,77 MJ/m³ (9,50 Mcal/m³)	278,16 °K (5°C) 99,7 kPa (748 mm Hg)

4.4.2.8. De acuerdo con el tipo de gas, en una instalación interior se aceptará la pérdida máxima de presión prescrita en la tabla siguiente, hasta cada uno de los artefactos conectados.

Pérdida máxima de presión según el tipo de gas

Tipo de gas	Pérdida máxima de presión aceptable Pa	Descripción
Licuado	150	Entre el regulador de 2° etapa o de simple etapa, o el medidor, y cada uno de los artefactos
Natural	120	Entre el regulador de 2° etapa o el medidor, y cada uno de los artefactos

4.4.2.9. De acuerdo con el material empleado en la fabricación de los tubos, para los efectos de cálculo se considerará:

a) Para los tubos de cobre y acero, el diámetro interior normalizado de acuerdo a las normas vigentes

El diámetro nominal adoptado será igual o inmediatamente superior al resultante del cálculo.

D^5 para tubos de acero

Designación convencional	D^5 (cm^5)
3/8	1,9
½	6,3
¾	28,6
1	101
1 ¼	420
1 ½	946
2	3 380
2 ½	8 720
3	28 740
4	111 800

4.4.2.10. Para calcular los diámetros de los distintos tramos de tuberías se empleará la Potencia de Cálculo, que corresponde a la suma de las potencias instaladas que alimenta cada tramo.

4.4.2.11. A los proyectos que consulten instalaciones interiores de gas en baja presión se les recomienda acompañar una memoria de cálculo, donde se indicará el procedimiento empleado para dimensionar la tubería.

4.4.2.12. Para el dimensionamiento de la tubería en baja presión, se aceptará indistintamente:

a) El empleo de la fórmula siguiente:

$$P = 2,68 \times 10^{-5} \times K (D^5 \times \Delta P / (d \times L))^{1/2} \times PCS$$

Donde:

P = Potencia de cálculo, en kW;
K = factor de fricción (Ver tabla N° 4.4.2.12);
D = Diámetro interior del tubo, en cm;
ΔP = Pérdida de presión, en Pa;
d = Densidad relativa del gas;
L = Longitud de la tubería, en m, y
PCS = Poder calorífico superior, en MJ/m³

Tabla Nº 4.4.2.12
Valor del Factor de Fricción K

Designación comercial	K
3/8 a 1	1800
1 ¼ a 1 ½	1980
2 a 2 ½	2160
3	2340
4	2420

b) Que el proyectista utilice otro método para dimensionar la tubería, siempre que el sistema utilizado corresponde a procedimientos de general aceptación en ingeniería.

c) Para ambas alternativas, cuando los edificios tengan una altura superior a los 10 m se debe considerar la variación de la presión con la altura. Para estos efectos se acepta aplicar la fórmula siguiente:

$$\Delta ph = 11,932(1-d)\ h$$

Donde,

Δph = Variación de la presión con la altura, en Pa.
D = Densidad relativa del gas.
h = Altura, en m

Para el GL se podrá desestimar la pérdida de presión por altura, Δph, cuando ella se compense aumentando la presión de salida del regulador; hasta un máximo de 3,24 kPa (330 mm H20).

4.4.2.13. Si eventualmente existiera discrepancias entre los resultados obtenidos de conformidad a Los apartados a) y b) del artículo 69°, estas situaciones se resolverán verificando el dimensionamiento de la instalación de gas, mediante la aplicación de la fórmula racional y las correspondientes tablas de longitudes equivalentes de las piezas de tuberías y accesorios.

4.4.3. Conexiones de tuberías

4.4.3.1. Las conexiones entre tuberías y accesorios de una instalación deben ser de un mismo material. Si se emplean materiales distintos debe evitarse el contacto directo entre ellos, mediante accesorios aislantes aprobados.

4.4.3.2. En las uniones de tuberías de cobre en baja presión se usara soldadura con un mínimo de 40% de estaño. No obstante, se recomienda el empleo de soldadura con un mínimo de 15% de plata.

4.4.3.3. En las instalaciones de gas en media presión se usará soldadura con un mínimo de 15% de plata, u otra tipo de soldadura aprobada.

4.4.3.4. Para conectar los artefactos a la red interior de gas se deberá considerar lo siguiente:

a) Se debe utilizar tubos de alimentación de acero o cobre. Las características de los tubos deben adaptarse a la naturaleza y al modo de distribución del gas utilizado, así como el diámetro de las uniones de conexión.

b) La longitud de las tuberías de las conexiones no deben exceder de 1.0 m y su disposición debe ser tal, que permita evitar todo esfuerzo de tracción. Las conexiones deben estar sujetas firmemente en sus dos extremos, ser accesibles en toda su longitud y estar dispuestas de forma que no puedan ser alcanzadas por las llamas, ni deterioradas por los productos de la combustión, ni por las partes calientes de los artefactos o por derrames de productos calientes.

c) Las conexiones deben ser accesibles para facilitar el montaje y desmontaje del artefacto de gas.

d) Sólo para cocinas y excepcionalmente se aceptará el uso de tuberías flexibles cuya cubierta sea metálica y que cuenten con certificados de aprobación.

Nota: De existir incompatibilidad con la NTP 111.011, prevalecerá dicha Norma.

4.5. Accesorios

4.5.1. Llaves de paso

4.5.1.1. La Empresa deberá colocar antes del medidor una llave de paso (llave de corte), que pueda interrumpir en forma segura y rápida el flujo de gas a la instalación interior.

4.5.1.2. Todo Manifold o batería de cilindros de Gas deberá tener una llave de paso general, de diámetro nominal igual al diámetro de la tubería del bastón. Esta llave se instalará entre el regulador de presión y la Tee de prueba.

4.5.1.3. La alimentación de cada artefacto de gas debe contar con una llave de paso para su apertura y cierre.

4.5.1.4. Las llaves de paso señaladas en 4.5.1.1, 4.5.1.2 y 4.5.1.3, deben ser de corte rápido, asimismo deben estar a la vista, y ubicadas de manera tal que su manipulación y revisión sea expedita y rápidamente accesible.

4.5.1.5. Para las cocinas, la llave de paso debe estar ubicada entre 90cm y 110cm sobre el nivel del piso y entre 10cm y 20cm del costado de la cocina. En las cocinas con muebles modulares, no se permitirá la llave de paso oculta detrás de puertas o cajones de estos muebles. Cuando la llave de paso quede embutida en la pared, no deberá presentar problemas para su lubricación.

4.5.1.6. Para los calentadores instantáneos y de acumulación, la llave de paso debe estar ubicada entre 90 y 120 cm sobre el nivel del piso, y entre 10 y 20 cm bajo el extremo inferior del calentador instantáneo o de acumulación.

Nota: De existir incompatibilidad con la NTP 111.011, prevalecerá dicha Norma.

4.5.2. Elementos de protección

4.5.2.1. Cuando se indique en el reglamento y las buenas prácticas de ingeniería lo aconsejen, se deberá considerar elementos de protección tales como: Válvulas de seguridad, Válvulas de exceso de flujo, Válvula de retención, Válvulas automáticas, Reguladores, etc.

4.5.3. Terminales de alimentación de artefactos

4.5.3.1. En las instalaciones nuevas, las alimentaciones de artefactos de gas no instalados, deberán quedar selladas por un terminal roscado que permita la conexión de la llave de paso, con su tapa correspondiente. Asimismo, en las instalaciones antiguas en las cuales se ha removido un artefacto, el terminal o la llave de paso también deberán quedar sellados, de modo que al abrirse accidentalmente dicha llave, no haya escape de gas.

4.6. Equipos de gas envasado (Cilindros Portátiles)

En concordancia con el Decreto Supremo 027-94-EM

4.6.1. Cálculo de capacidad de cilindros de GLP que suministran gas a instalaciones interiores, ya sea de uso doméstico, comercial, o industrial

4.6.1.1. Generalidades

En el cálculo de capacidad de los cilindros deben considerarse varios factores, como son: Tipo de usuarios, el consumo diario medio, la razón de vaporización, tipo de artefactos, etc. Por esta razón se usarán tablas empíricas, y los criterios que a continuación se indican:

a) En la Tabla siguiente se entrega una clasificación de los usuarios en bajo, medio y alto nivel de consumo, de acuerdo con la superficie construida de la vivienda.

Tabla 4.6.1.1a
Clasificación de los Usuarios según la Superficie Construida de la Vivienda

Superficie construida en m^2	Nivel de consumo
Menos de 50 m^2	Bajo
Más de 50 hasta 75 m^2	Medio
Más de 75 m^2	Alto

Tabla 4.6.1.1b
Consumo diario en Mcal/día según clase de artefactos
Nivel de consumo y temperatura de cálculo

Artefacto	Nivel	Temperaturas de cálculo en °C						
		10	5	0	-5	-10	-15	-20
Estufa	Bajo	1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0
	Medio	3,0	9,0	18,0	27,0	36,0	45,0	54,0
	Alto	3,0	12,0	24,0	36,0	48,0	60,0	72,0
Calentador	Bajo	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
	Medio	6,0	9,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	Alto	6,0	12,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Cocina	Bajo	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Medio	4,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
	Alto	6,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Calentador y cocina	Bajo	5,0	7,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	Medio	10,0	14,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
	Alto	12,0	19,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0
Estufa + calentador+ cocina	Bajo	6,5	10,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0
	Medio	13,0	23,0	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0
	Alto	15,0	31,0	50,0	62,0	74,0	86,0	98,0
2 Calentadores + cocina	Medio	13,0	18,5	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
	Alto	15,0	25,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Estufa + 2 calentadores + cocina	Medio	16,0	27,5	42,0	51,0	60,0	69,0	78,0
	Alto	18,0	37,0	59,0	71,0	83,0	95,0	107,0
2 Estufa + calentador+ cocina	Medio	14,5	27,5	45,0	58,5	72,0	85,5	93,0
	Alto	16,5	37,0	62,0	80,0	98,0	116,0	134,0
2 Estufa + 2 calentadores + cocina	Medio	17,5	32,0	51,0	64,5	78,0	91,5	99,0
	Alto	19,5	43,0	71,0	89,0	107,0	125,0	143,0

b) Para el cálculo de los factores de simultaneidad, deberá considerarse lo siguiente:

• De acuerdo con el tipo de artefacto:

- Para una cocina, Calefón más cocina u otros artefactos, se aplicará la fórmula general siguiente:

$$fs = \frac{a \cdot (Pit)^b + c}{Pit}$$

Donde:

fs = Factor de simultaneidad
Pit = Potencia instalada total
a, b y c = Parámetros dependientes de los artefactos conectados, con los valores 1,05 - 0,76 y 5,8 si se aplica a una cocina; 1,01 - 0,75 y 23,0 si es un Calefón más cocina; 0,95 - 0,85 y 33,0 si es a otros artefactos, respectivamente. En el caso de otros artefactos supone en la instalación calderas, termo-calderas, más de un Calefón, estufas, etc.

- Para Calefón, cocina y estufa se aplicará la fórmula particular:

$$f's = \frac{fs\ (Ca + Co) + 0{,}12}{1{,}12}$$

- Para el caso especial de conjuntos habitacionales en que sus ocupantes tienen todos el mismo horario de trabajo, se aplicará la fórmula particular:

$$fse = 0{,}5(fs + 1)$$

• En la tabla siguiente se dan los valores calculados al aplicar las fórmulas prescritas en los puntos precedentes, para cantidades de hasta 200 instalaciones interiores, considerando las siguientes potencias por artefactos:

Cocina, 8 Mcal/h; Calefón, 18 Mcal/h (10 L/min); estufa, 3 Mcal/h; y otros artefactos, 38 Mcal/h.

Tabla 4.6.1.1c
Factores de simultaneidad de acuerdo con la cantidad de instalaciones interiores y artefactos conectados

Cantidad de instalaciones interiores	Factor de simultaneidad para			
	Co	Ca - Co	Ca – Co - C	Otros
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,90	0,82	0,84	0,93
3	0,73	0,63	0,67	0,76
4	0,64	054	0,59	0,66
5	0,58	0,48	0,54	0,61
6	0,54	0,43	0,49	0,57
7	0,50	0,40	0,46	0,54
8	0,48	0 38	0,45	0,51
9	0,46	0,36	0,43	0,49
10	0,44	0,34	0,41	0,48
11-15	0,40	0,31	0,38	0,44
16-20	0,36	0,27	035	040
21-30	0,32	0,24	0,32	0,38
31-44	0,28	0,21	0,29	0,35
45-58	0,26	0,19	0,28	0,32
59-72	0,24	018	027	031
73-86	0,23	0,17	0,26	0,30
87-100	0,22	0,16	0,25	0,29
101-133	0,20	0,15	0,24	0,28
134-166	0,19	0,14	0,23	0,27
167-200	0,18	0,13	0,22	0,26

Nota: C= Estufa; Ca= Calefón y Co= Cocina.

• Para artefactos de potencia diferente a la indicada en los números precedentes y en los casos de dudas o divergencias, se deberá calcular el factor de simultaneidad aplicando la fórmula respectiva; cálculo que primará sobre los valores dados en la Tabla anterior.
• En el cálculo de la razón de vaporización influyen, al mismo tiempo, la frecuencia del consumo, la temperatura y la humedad relativa del ambiente, y el porcentaje de llenado del envase. En las tablas 4.6.1.1d y 4.6.1.1e, se fijan la razón de vaporización expresada en Mcal/h, según la frecuencia del consumo, tipa de cilindro, y temperatura ambiente de cálculo, en °C.

Tabla 4.6.1.1d
Razón de Vaporización en Mcallh Consumo Intermitente en Cilindros

Temperatura de cálculo °C	Cilindros tipo 45	Cilindros tipo 10
15	38	17
10	35	16
5	32	15
0	29	14
-5	26	13
-10	24	12
-15	20	10
-20	15	8

Tabla 4.6.1.1e
Razón de Vaporización en Mcal/h Consumo Continuo en Cilindros

Temperatura de cálculo °C	Cilindros tipo 45	Cilindros tipo 10
15	33	17
10	30	14
5	27	12
0	24	11
-5	21	10
-10	18	9
-15	14	7
-20	9	5

• Según sea el tipo de los artefactos, el consumo será continuo e intermitente, lo que disminuirá o aumentará la razón de vaporización y el consumo.

4.6.2. Medidas de seguridad
En base al DS 027-94-EM

4.6.2.1. Toda instalación de cilindros de gas licuado, deberá efectuarse cumpliendo con los requisitos mínimos de seguridad que se establecen en los puntos siguientes.
4.6.2.2. El equipo de GLP deberá cumplir con las distancias mínimas de seguridad que se indican, las que se medirán horizontalmente entre los puntos más próximos de las proyecciones verticales.
Entre ellas tenemos:

a) A aberturas de edificios, vías públicas, conductores eléctricos, cámaras de alcantarilla y otras, sótanos, hogares o quemadores, motores y otros elementos productores de chispas, serán las establecidas en la tabla 4.6.2.2.
b) Los cilindros podrán adosarse al muro de la vivienda, siempre que se cumplan las medidas de seguridad indicadas en el punto a) precedente. No obstante lo anterior, se podrán instalar cilindros de GL con gabinete bajo aberturas cuya parte inferior se encuentre a 0,60 m de la parte superior del gabinete.
c) En caso de subdividirse una batería de cilindros de GL en grupos de aproximadamente igual número de cilindros, se considerarán las distancias a aberturas de los nuevos equipos individuales, siempre que exista entre estos equipos una distancia mínima de seguridad igual al 50% de las distancias “a aberturas de edificios” indicadas en la Tabla N° 4.6.2.2 para el total de cilindros.
d) A tuberías de vapor, será de 1 m. Esta distancia podrá disminuirse a la mitad si el aislante de la tubería no permite un aumento de la temperatura en el exterior de la tubería, mayor que 30°C sobre la temperatura ambiente.
e) Los cilindros podrán adosarse al muro medianero, siempre que éste resista los golpes que pueda recibir al reponer los cilindros; si existe un edifico adyacente, la distancia a sus aberturas será la prescrita en la tabla N° 4.6.2.2. Si no hay muro medianero, se deberá construir una pared cuya altura sea mayor o igual que 1,5 m. y cuya longitud sea mayor o igual que la ocupada por el equipo de GL; esta pared deberá ser de concreto vibrado o pandereta de ladrillo, que resista los golpes que pueda recibir al reponer los cilindros. Esa pared podrá reemplazarse por una caseta metálica que contenga al equipo de GLP, la que deberá tener la resistencia adecuada para fijar el regulador y el bastón, y para resistir los golpes que pueda recibir al reponer los cilindros.

f) Si la pared adyacente a los cilindros es de material con resistencia al fuego correspondiente, a lo menos, a la clase F-120, se deberá interponer una plancha de material incombustible y no quebradizo, en forma de obtener una distancia mínima de 2 cm entre pared y equipo. Cuando los cilindros se encuentren adosados a muros que limiten con vías públicas, siendo estos muros resistentes a los golpes e impermeables a los gases, la distancia a vías públicas podrá ser de 0 m.

Tabla Nº 4.6.2.2
Distancias Mínimas de Seguridad para Equipos de GLP

Equipo de Gas Licuado		Distancias mínimas de seguridad, en metros, a:				
Total de Cilindros Tipo 33/45		Aberturas de edificios (a),(b) y (c)	Conductores eléctricos (Volts)		Cámaras de alcantarillas y otras cámaras, y vías públicas (d)	Interruptores, enchufes y otros elementos productores de chispas (c)
Sobre	Hasta		V<380	V≥380		
	2	1	0,3	2	1	1
2	4	2	0,3	2	1	2
4	8	3	0,5	4	2	2
8	12	5	0,5	4	2	2

a) Cualquier abertura que comunique el interior con el exterior del edificio. Por ejemplo: puertas, ventanas, sótanos, conductos de basura, etc. Incluye además, distancias a fuegos abiertos como quemadores, hogares, motores.

b) Para cilindros instalados en el interior de locales, se considerará sólo distancia a fuegos abiertos como quemadores, hogares, motores y aberturas que comuniquen con sótanos. La distancia para todos ellos será de 3 m.

c) Para material o equipo eléctrico que reúne las condiciones de antideflagrante (antiexplosivo), no se exige distancia mínima, lo mismo es válido para conductores eléctricos embutidos.

d) No se requiere distancia de seguridad a piletas con sifón. Para piletas sin sifón, esta distancia será mínimo de 1,5 m en los equipos de hasta 4 cilindros. Para equipos instalados en el interior de locales, las distancias a cámaras de alcantarillas y otras cámaras será de mínimo 3m.

4.6.2.3. El conjunto de cilindros de GLP deberá tener protección contra la inclemencia del tiempo que consistirá en:

a) Gabinete. Se exigirá para equipos de GLP con más de 4 cilindros y en equipos ubicados en lugares con tránsito de público. En este último caso, la puerta del gabinete deberá tapar la visibilidad de los cilindros, y deberá estar provista de dispositivo porta candado.

El gabinete deberá cumplir los requisitos siguientes:

- Se deberá construir con material de una resistencia al fuego correspondiente, a lo menos, a la clase F- 120 y resistente a los golpes. Sus medidas, para equipo de 2 cilindros, serán de 1,5 m de alto por 0,50 m de fondo y 0,90 m de ancho. Esta última dimensión se aumentará en 0,90 m por cada 2 cilindros que se agreguen al equipo.
- La puerta, en caso de que tape la visibilidad de los cilindros, deberá contar con dos aberturas por cada cilindro, una a nivel de piso y la otra en la parte superior, cada una con una superficie mínima de 150 cm2, las que serán protegidas por rejillas metálicas u otros materiales similares, cuando el equipo esté instalado en lugares con acceso de público.
- El gabinete deberá ser para uso exclusivo del equipo de GLP.

b) Techo de protección. Se aceptará para equipos de hasta 4 cilindros, ubicados en lugares sin tránsito de público. Consistirá en un techo inclinado que podrá ser fijo o móvil. En caso de que el techo sea fijo, la parte más baja de éste deberá quedar a una altura mínima de 1,30 m del radier, si el techo es móvil, se deberá usar sistemas tales que eviten su deterioro en el tiempo, debido a la reposición de los cilindros. Además será de material incombustible.

c) Radier o base de apoyo para los cilindros. Deberá ser de un material compacto u hormigón de cemento, parejo y horizontal en la parte correspondiente a los cilindros. La distancia entre la base del cilindro y el piso será de 5 cm como mínimo.

4.6.2.4. La batería de cilindros de GLP deberá contemplar los accesorios de seguridad siguientes:

a) Regulador de presión. Su capacidad deberá estar de acuerdo con la potencia instalada de los artefactos. Se deberá instalar fijo al muro o al fondo del gabinete, a una altura entre 1,10 m y 1,30 m sobre el nivel del radier.

b) Te de prueba. Considerando el flujo de gas, se colocará a continuación de la llave de paso general y a un metro sobre el nivel del radier.

4.6.2.5. La batería de cilindros de GLP deberá instalarse en patios con un cielo abierto mínimo de 6 m2 para un equipo de 2 cilindros; esta superficie se deberá incrementar en 4 m2 por cada dos cilindros adicionales.

El traslado de los cilindros se deberá realizar por el exterior de los edificios o antejardines. En caso que dicho traslado sólo se pueda efectuar por el interior de los edificios, se podrá instalar el equipo siempre que el recorrido sea expedito y en lo posible alejado de fuegos abiertos. Con el objeto de evitar accidentes, los distribuidores deberán instruir a su personal para que soliciten a los usuarios apagar todo fuego mientras dure el traslado de los cilindros llenos y vacíos; no se permitirá el traslado de cilindros a través de escalas.

4.6.2.6. Se prohíbe la instalación de equipos de dos cilindros de GLP en:

a) Locales cuyo piso esté más bajo que el nivel de la calle o sótanos.

b) Patios interiores cuyo nivel sea inferior al terreno circundante.

c) Debajo de escaleras.

4.7. Redes de GLP

4.7.1. Redes de Gas Licuado Domiciliarias y en Condominios

4.7.1.1. Las redes de gas licuado, domiciliarias y en condominios deberán cumplir con las disposiciones de la NTP correspondiente y en especial con aquellas que se refieren a materiales, dimensionamiento, protecciones, pruebas, etc.

CAPITULO 5
INSTALACIONES, REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN

5.1. Disposiciones Generales sobre instalaciones

5.1.1. Toda instalación interior de gas deberá ejecutarse de acuerdo a las disposiciones de la presente Norma.

5.1.2. Todos los productos mencionados en el presente reglamento, es decir, materiales, tubos, accesorios, dispositivos, artefactos, medidores, reguladores, manifolds o baterías de cilindros, cilindros y tanques, deberán cumplir con los requisitos mínimos de calidad que establezcan las normas nacionales existentes, y a falta de éstas, las normas internacionales o especificaciones técnicas sobre la materia.

5.2. Disposiciones especificas sobre instalaciones

5.2.1. Instalaciones de tuberías

Los sistemas de tuberías para suministro de gases combustibles deben ser totalmente independientes; por esta razón, no se deben conectar con otro sistema de gas diferente al que se esté suministrando.

Las tuberías para suministro de gas pueden instalarse en forma oculta o visible.

5.2.2. Tuberías enterradas

5.2.2.1. Cuando sea imprescindible atravesar juntas de dilatación puede utilizarse tubería flexible corrugada con las holguras necesarias para absorber los efectos del desplazamiento de las edificaciones

5.2.2.2. Las distancias mínimas de seguridad para tuberías de gas enterradas, que se deben medir desde la parte superior de la tubería al nivel del terreno o pavimen-

to -existentes en el momento de la inspección, son las siguientes:

a) Profundidad de 60 cm, para redes de Gas en baja y media presión.
b) Profundidad de 80 cm, para redes de Gas en baja o media presión que atraviesen calles pavimentadas.

5.2.2.3. Pueden ser de polietileno ó metálicas que cumplan con las NTP correspondiente, además debe cumplir los siguientes requisitos:

a) Cuando por razones justificadas no pueda respetarse la profundidad antes indicadas, debe construirse un sistema que brinde protección mecánica mediante alguna de las siguientes opciones:

- Un conducto o camisa
- Una losa de concreto
- Una plancha metálica

De manera que reduzcan las cargas sobre la tubería a valores equivalentes a los de la profundidad inicialmente prevista.
b) No se debe instalar tuberías por debajo de cimientos, zapatas y placas de cimentación.
c) Cuando se requiera pasar tuberías a través de elementos como cimientos, muros y estructuras que soportan cargas tales que se generen asentamientos que puedan afectar las tuberías, se deben encamisar.

5.2.2.4. En los cruces de tuberías de gas con conducciones de otros servicios debe disponerse, entre las partes más cercanas de las dos instalaciones, de una distancia como mínimo igual a 0,30 m en los puntos de cruce y de 0,30 m en recorridos paralelos. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse las distancias mínimas entre servicios, se deben interponer entre ambos pantallas de fibrocemento, material cerámico u otro material de similares características mecánicas y dieléctricas. Siempre que sea posible deben aumentarse las distancias anteriormente relacionadas, de tal manera que se reduzcan para ambas instalaciones los riesgos inherentes a la ejecución de trabajos de reparación. Y mantenimiento de las instalaciones vecinas.
5.2.2.5. Las tuberías enterradas deben instalarse sobre un lecho libre de piedras o aristas cortantes ò sobre una capa de arena de cinco pulgadas de espesor, siguiendo el procedimiento que se indica a continuación:

- Una vez colocadas las tuberías en el fondo de la zanja, se cubren con una capa de 0,10 m de material seleccionado de la misma zanja, compactando con un apisonado manual. El material de relleno no debe ser plástico y debe estar exento de materia orgánica.
- Se debe emplear un sistema de señalización en el cual pueda ser una cinta que debe tener un ancho de 0,10 m ubicado a una distancia entre 0,20 m y 0,30 m por debajo del nivel del suelo.
- Posteriormente se continúa el llenado de la zanja en capas de máximo 0,20 m hasta lograr la compactación requerida.

5.2.2.6. El trazado de las tuberías en ningún momento deben afectar los elementos estructurales de la edificación tales como vigas y columnas
5.2.2.7. **Tuberías de polietileno o plásticas.** Deben tenerse en cuenta los criterios recomendados en la NTP, además debe considerarse los siguientes aspectos:

- La instalación dentro de la zanja debe efectuarse en forma serpenteada para facilitar los movimientos de contracción y dilatación que puedan presentarse.
- Cuando se hagan cambios de dirección sin codos, se debe dar a la tubería una curvatura con un radio mínimo igual a 25 veces el diámetro externo del tubo. No se debe permitir uniones en la curvatura.
- Las válvulas de seccionamiento deben anclarse a fin de evitar que se trasmitan a los tubos los esfuerzos producidos al maniobrarlas.

5.2.2.8. **Tuberías metálicas enterradas** deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Por ningún motivo se deben conectar a las tuberías metálicas para gas las conexiones a tierra de redes y artefactos eléctricos de cualquier naturaleza.
- Las tuberías metálicas deben protegerse contra la corrosión
- Las tuberías pueden curvarse siempre y cuando lo permitan las especificaciones del producto.
- No se permiten conexiones del tipo roscado en tuberías metálicas enterradas sólo se permiten uniones soldadas.

5.2.2.9. Además de la profundidad señalada para cada caso en el artículo precedente, cuando las tuberías se instalen bajo tierra sin pavimento o bajo jardines, se deben proteger con ladrillos o mezcla de cemento: arena 1:6.
5.2.2.10. Se podrán instalar tuberías de gas licuado en media y baja presión sobre losas de subterráneos, siempre que se cumpla con los siguientes requisitos:

a) La losa del subterráneo deberá ser impermeabilizada previamente con un producto no soluble en Gas.
b) La tubería no podrá ser en ningún caso solidaria con la losa.
c) La tubería deberá ser de cobre (flexible), y no deberá tener uniones soldadas en todo el tendido de la tubería sobre la losa del subterráneo.
d) Deben evitarse los cruces de juntas de dilatación, y en el caso de ser inevitables, se deberá contemplar liras de expansión o uniones flexibles.
e) Si la tubería queda expuesta a daño mecánico, deberá contemplarse una protección adecuada contra impactos.

5.2.2.11. Las tuberías que suministrarán gas licuado en baja presión a artefactos ubicados en los primeros pisos de edificios con subterráneos o pisos zócalos, se podrán instalar sobre la losa, siempre que no sean solidarias con la misma, utilizando soldadura de plata al 15%, de calidad similar a la empleada en instalaciones de media presión.
Sin perjuicio de lo anterior, para mayor seguridad, si ello es posible, se proyectarán las tuberías por los muros de la construcción.
Cuando por la naturaleza de la construcción resulte imprescindible la entrada de las tuberías a través de sótanos o semisótanos, se debe instalar una válvula de corte de fácil acceso en el exterior del sótano y se deben cumplir adicionalmente las siguientes condiciones de ventilación
El sótano ó semisótano debe tener aberturas de entrada y salida de aire en comunicación directa con el exterior, de tal forma, de tal forma que en caso de un escape se permita la evacuación del gas combustible menos de4nso que el aire por tiro natural.
El área de entrada y salida de aire (S) en cm2 debe ser mayor ó igual a diez veces la superficie en planta del recinto (A) en m2, siendo el área mínima 200 cm2

$$S\ (cm2) \geq A\ (m2);$$

Cuando el área de ventilación resulte superior a 200 cm2, puede subdividirse en superficies de 200 cm2 como mínimo, que al ser rectangulares debe tener un lado de dimensión mínima igual a 10 cm.
Si no es posible proporcionar al sótano ventilación natural ésta debe efectuarse mediante un conducto cuya sección transversal sea igual al área calculada anteriormente, afectándola por un factor en función de la longitud del conducto, así:

Longitud (m)	Factor
$3 \leq L \leq 10$	1,5
$10 < L \leq 26$	2,0
$26 < L \leq 50$	2,5

Para gases más densos que el aire, se permite la instalación de tuberías metálicas con uniones mecánicas por sótanos o semisótanos siempre y cuando vayan dentro de una camisa metálica rígida abierta al menos por uno de sus extremos y que sobresalga hacía el exterior del sótano. Los extremos de la camisa deben distanciarse como mínimo 3 m de cualquier abertura de ventilación de sótanos.
En caso de no poder encamisar dicha tubería, las uniones de las mismas deben ser soldadas.

5.2.2.12. Las tuberías y accesorios de una instalación deben ser de un mismo material. Si se emplean metales

distintos debe evitarse el contacto directo entre ellos mediante accesorios aislantes aprobados.

5.2.2.13. Se prohíbe tender tuberías de Gas Licuado de Petróleo en los falsos cielos, pisos y suelos de dormitorios, como también en la parte de los muros que dan hacia el interior de dichos dormitorios.

5.2.2.14. Para el gas natural, las tuberías podrán tenderse por entretechos.

Cuando sea imprescindible instalar tuberías con uniones mecánicas por encima de los cielos rasos, estás no podrán apoyarse en la estructura que los conforman .El cielo raso debe ser fácilmente removible y el espacio entre el cielo raso y el techo debe contar con una área de ventilación adecuada.

Se permite el trazado de tubería por encima del cielo raso, sin tener en cuenta las condiciones de ventilación, siempre y cuando el tramo sea continuo o las uniones sean del tipo soldado.

Las tuberías para suministro de gas no debe pasar por dormitorios, baños, conductos de aire, chimeneas, fosos de ascensores, sótanos y similares sin ventilación, conductos para instalaciones eléctricas y de basuras, en los cuales un escape de gas se pueda esparcir a través del edificio, ni por áreas donde haya transformadores eléctricos. Cuando se requiera instalar una tubería que pase por cuartos de baño o por dormitorios, se debe exigir que el tramo de tubería sea continuo, de lo contrario debe ir encamisada.

Se exceptúa de este requisito el punto de conexión de artefactos tipo C y su respectiva válvula de corte

Los artefactos podrán recibir el gas desde arriba o abajo, cualquiera que sea el tipo de gas utilizado.

5.2.2.15. Las matrices interiores que se instalen bajo edificios deberán ir dentro de un conducto estanco al gas. Si la línea suministra gas al edificio, en el punto extremo del conducto deberá sellarse el espacio entre el conducto y la matriz interior para evitar que a través de él pueda entrar al edificio cualquier escape de gas.

5.2.2.16. La tubería de una instalación de gas solo podrá recorrer espacios comunes o la propiedad a la cual presta servicio.

5.2.2.17. Se prohíbe la colocación de tuberías a menos de 0,60 m de los conductores eléctricos, salvo que éstos vayan protegidos en tubos de acero en toda su longitud.

5.2.2.18. Cuando la tubería se instale exteriormente, debe quedar a una distancia mínima de 15 centímetros de conductores aéreos con tensión superior a 25 Volts. En caso de excepción la distancia podrá reducirse hasta 1 centímetro interponiendo material aislante. Igual disposición rige para tuberías embutidas.

5.2.2.19. Las tuberías expuestas a la intemperie deberán ir protegidas convenientemente contra la corrosión.

5.2.2.20. El Suministro artificial mediante matriz de llenado deberá cumplir con los siguientes requisitos:

a) El material empleado de estas tuberías deberá ser de acero, como mínimo SCH40 (Soldado), acero SCH 80 (roscado) o cobre tipo “K”.

b) Deberá instalarse, necesariamente y en forma paralela a la línea de llenado, la matriz de retorno correspondiente, destinada a compensar presiones.

c) Ambas matrices deberán montarse por el exterior de la edificación.

d) El punto de transferencia deberá quedar a lo menos a 3 metros de conductores eléctricos, tapas de desagüe, cámaras de alcantarilla, ingreso a sótanos o semisótanos y límite de propiedad colindante con lotes vecinos.

e) Cuando resulte inevitable el montaje de líneas de llenado por interiores, se debe considerar lo siguiente:

- El tramo que pase bajo techo será soldado y de la menor longitud posible, procurando que en dicho tramo no existan puntos de conexión.
- Todo tramo que pase “bajo techo” deberá cubrirse con total hermeticidad en toda su longitud con una cobertura hecha íntegramente de material incombustible.
- En ningún caso se podrá instalar líneas por el interior de ductos cerrados.
- Se prohíbe empotrar las matrices de llenado y retorno en cualquier parte de su perímetro.
- En caso muy especial con estricta supervisión técnica, se utilizaran tubería empotrada que estarán sujetas a la supervisón técnica y a los cumplimiento de los siguientes requisitos

5.2.3. Tuberías empotradas o embebidas

En casos muy especiales, siguiendo las recomendaciones del fabricante, deben estar sujetas al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- El trazado de este tipo de instalación debe efectuarse de tal manera que la ubicación de la tubería se efectúe en sitios que brinden protección contra daño mecánico.
- Las tuberías empotradas ó embebidas en muros deben tener un recubrimiento en mortero mezcla 1:3, con un espesor mínimo de 20 mm alrededor de toda la tubería.
- En el caso de conexiones roscadas embebidas, se debe proteger las roscas contra la corrosión.
- Las tuberías empotradas ó embebidas en pisos deben quedar instaladas como mínimo a 20 mm por debajo del nivel del piso terminado.
- El concreto no debe contener acelerantes, agregados de escoria o productos amoniacales, ni aditivos que contengan cloruros, sulfatos y nitratos debido a que estos productos atacan los metales
- Las tuberías empotradas ó embebidas no deben estar en contacto físico con otras estructuras metálicas tales como varillas de refuerzo o conductores eléctricos.
- Las cavidades que deben hacerse para empotrar ó embeber las tuberías no deben comprometer muros estructurales que afecten la solidez del inmueble.
- Las distancias mínimas entre las tuberías empotradas ó embebidas que conducen gas y las tuberías de otros servicios deben ser las que se indican.

Distancias mínimas entre tuberías que conducen gas vistas o embebidas y tuberías de otros servicios

Tuberías de otros servicios	curso paralelo	cruce
Conducción de agua caliente	3 cm	1 cm
Conducción eléctrica	3 cm	1cm

En caso de no poder cumplir con las separaciones indicadas se debe aislar.

5.2.4. Tuberías por camisas y conductos

Cuando se requiera encamisar las tuberías que conducen gas se deben cumplir los siguientes requisitos según sea aplicable.

- Cuando se realice un encamisado por ventilación, los extremos de las camisas deben ser abiertos y ventilados al exterior, si ello no es posible basta con un extremo mas alto hacia el exterior y el otro se puede mantener sellado.
- Cuando se requiera encamisar para proteger contra daño mecánico la camisa debe ser rígida y tener un espesor mínimo de 1,5 mm.
- Cuando se deseen ocultar o disimular las tuberías los conductos deben ser fabricados con materiales que no originen efectos, como par galvánico con las tuberías que lo contienen:

- Conductos metálicos de mínimo 0,8 mm de espesor de pared
- Mampostería con paredes de 50 mm de espesor.

- Los conductos deben ser continuos en todo su recorrido, si su extremo superior no está abierto debe disponerse de rejillas de ventilación máximo 30 cm superior de sus extremos.
- No debe existir contacto físico entre las camisas o ductos con las estructuras metálicas.
- Cuando las tuberías verticales sean susceptibles de recibir golpes, estas deben protegerse con un elemento cuya altura mínima sea de un metro.

5.2.1. Tuberías a la Vista

En la instalación de tuberías a la vista deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

- Se debe garantizar la seguridad, alimentación y estabilidad mediante la adopción de mecanismos y arriostramiento.
- Las tuberías aéreas se deben apoyar sobre elementos estables, rígidos y seguros de la edificación.
- Las tuberías a la vista deben soportarse con unos dispositivos de anclaje.

- Se deben tomar las medidas necesarias para procurar la libre contratación y dilatación de los tubos con los cambios de temperatura.
- Las tuberías a la vista deben estar protegidas contra los agentes nocivos del medio donde se encuentre expuestas, mediante un sistema adecuado.
- Las tuberías para suministros de gas no deben estar en contacto con conducciones de vapor, agua caliente, o eléctricas.
- El trazo de las tuberías a la vista debe realizarse de manera que estas queden protegidas contra daño mecánicos.

Dispositivos de anclaje

Los dispositivos de anclaje serán diseñados por un especialista.

En el caos de tuberías metálicas, deben intercalarse entre tubos y abrazaderas un material dieléctrico que evite el contacto directo de lo dos metales.

En caso de ser necesario se debe colocar un dispositivo de anclaje cercano a la válvula de paso de cada artefacto.

En caso de ser necesario los sitios de cambios de dirección deben colocarse dispositivos de fijación adicionales.

En cualquier caso, en los tramos verticales debe colocarse como mínimo un dispositivo de fijación por nivel o piso.

Cuando las tuberías están instaladas cerca al techo de las edificaciones, en el diseño u colocación de los soportes se deben tener en cuenta las distancias mínimas que faciliten el mantenimiento de la instalación.

5.2.6. Instalación de artefactos

5.2.6.1. Se entenderá por instalación de un artefacto de gas, al conjunto de elementos que inciden en la correcta operación de éste, lo que incluye los requisitos que debe cumplir el recinto donde se instalará el artefacto, el artefacto mismo y su montaje; esto último comprende fijaciones, conexiones para gas, agua y electricidad, y conductos para la toma de aire y evacuación de los productos de la combustión.

5.2.6.2. Los artefactos de gas de uso colectivo y los artefactos de gas no contemplados en la presente norma, se podrán instalar, mientras no se establezcan disposiciones específicas sobre la materia, siempre que en cada caso se acompañe de un estudio específico que justifique l instalación del artefacto en un recinto dado. Este estudio deberá considerar aspectos de ventilación (natural o forzada) y volumen del recinto, de acuerdo a la potencia de los artefactos. Para este efecto se deberá tener en cuenta las recomendaciones del fabricante del artefacto y lo que establezcan las normas extranjeras reconocidas sobre la materia.

Sin perjuicio de lo anterior, a estos artefactos también les será aplicable lo establecido en 5.2.2.3 de la presente Norma.

5.2.6.3. La ubicación de los artefactos de gas deberá efectuarse teniendo en cuenta los siguientes requisitos:

a) No deben presentar condiciones de riesgo para las personas y cosas.

b) No deben estar expuestos a corrientes de aire que puedan afectar el normal funcionamiento del artefacto.

c) El recinto debe cumplir con las exigencias de volumen y ventilación establecidas en la presente Norma.

d) Los artefactos diseñados para funcionar con gases licuados de petróleo, GLP, no podrán ser instalados en sótanos, pisos zócalos y otros cuyo nivel permita la acumulación de mezclas explosivas gas-aire.

5.2.6.4. Para la instalación de cocinas, hornos, asadores, o cualquier combinación de ellos para uso doméstico, deberán cumplirse los requisitos siguientes:

a) Estos artefactos no podrán instalarse empotrados, con excepción de los modelos aprobados para este fin.

b) Estos artefactos de gas deberán quedar nivelados. Se aceptará una pendiente máxima de 1%.

c) La separación entre la cocina y los muebles debe ser a lo menos de 5 cm.

d) Cuando estos artefactos de gas deban instalarse a menos de 10cm, de muros de madera, deberá instalarse una zona de protección con un material que asegure una resistencia al fuego equivalente o superior a la que proporciona una plancha lisa de *5* mm de espesor, y con una dimensión tal que exceda al menos en 10cm la proyección del artefacto en todo su contorno.

e) Cuando estos artefactos de gas se instalen en espacios reducidos, como oficinas y departamentos de ambiente único, dichos espacios deberán tener una ventilación inferior y una superior, de superficie mínima de 150 cm2 cada una. La ventilación superior deberá comunicar con el exterior del edificio.

Cuando no sea posible colocar la celosía superior, ésta puede ser reemplazada por una campana que conecte a un conducto exclusivo para la evacuación de los productos de la combustión; dicha campana deberá quedar sobre la cocina.

5.2.6.5. Para la instalación de Calentadores instantáneos o de acumulación, deberán cumplirse los requisitos siguientes:

a) Cuando los Calentadores instantáneos o de acumulación se coloquen continuos a tabiques o muros de madera, deberá consultarse una zona de protección con un material que asegure una resistencia al fuego equivalente o superior a la que proporciona una plancha lisa de asbesto cemento de 5 mm de espesor, y con una dimensión tal que exceda al menos en 5 cm la proyección del Calentadores instantáneos o de acumulación en todo su contorno. Además, las fijaciones de Calentadores instantáneos o de acumulación deberán quedar incorporadas a las estructuras del tabique o muro, coincidiendo con los ejes de los pies derechos y travesaños; estas fijaciones no podrán quedar fuera de la superficie definida por el alto y ancho del artefacto.

b) Se prohíbe instalar cualquier tipo de Calentadores instantáneos o de acumulación en dormitorios.

c) Los Calentadores instantáneos o de acumulación tipo A, no podrán ser instalados a una distancia menor de 1 m de aberturas que comuniquen con dormitorios, medida entre las respectivas proyecciones verticales.

d) Los Calentadores instantáneos o de acumulación tipo B, se deberán instalar lo más cerca posible de patios de luz o en recintos de cocinas, lavaderos, u otro lugar que permita una renovación adecuada del aire ambiente para un correcto funcionamiento del artefacto; como asimismo, para una buena evacuación de los productos de la combustión.

e) Se prohíbe instalar Calentadores instantáneos o de acumulación tipo B sobre artefactos para cocinar o artefactos sanitarios, excepto sobre el secador del lavaplatos.

f) Se podrán instalar Calentadores instantáneos o de acumulación tipo B en lavaderos o recintos similares, cuyo volumen sea menor o igual a 7 m2, siempre que:

- El recinto tenga como máximo tres muros y el otro lado esté abierto directamente al exterior, al menos en un 50% de su superficie. La modificación de esta condición será sancionada con multa.
- En el recinto no se instalen más de dos artefactos.

g) Los Calentadores instantáneos o de acumulación tipo C (tiro balanceado) se podrán instalar en cualquier recinto, excepto dormitorios y baños, siempre que los conductos de succión y descarga directa al exterior queden a una distancia mínima de 1 m de abertura de edificios, medida entre las respectivas proyecciones verticales.

5.2.6.6. Para la instalación de estufas a gas, deberán cumplirse los siguientes requisitos:

a) Cuando las estufas de gas se coloquen contiguas a tabiques o muros de madera, deberá consultarse una zona de protección con un material que asegure una resistencia al fuego equivalente o superior a la que proporciona una plancha lisa de asbesto cemento de 5 mm de espesor, y con una dimensión tal que exceda al menos en 5 cm la proyección de la estufa en todo su contorno.

b) Las fijaciones de las estufas adosadas a tabiques con las características indicadas en la letra a) anterior, deberán quedar incorporadas a la estructura del tabique, coincidiendo con los ejes de los pies derecho y travesaños. Estas fijaciones no podrán quedar fuera de la superficie definida por el alto y ancho del artefacto.

c) Las estufas tipo A, no deberán ubicarse en dormitorios ni baños.

d) Las estufas tipo B, no deberán instalarse en dormitorios.

5.2.7. Instalación de accesorios

5.2.7.1. En la instalación de accesorios tales como fitting, codos, T de prueba, abrazaderas, llaves de paso, etc, se deberá tener en cuenta los requisitos establecidos en el presente Norma.

5.2.7.2. Cuando se indique en el reglamento y las buenas prácticas de ingeniería lo aconsejen, en las instalaciones de gas se deberán usar elementos de protección tales como: Válvulas de seguridad, válvulas de exceso de flujo, válvulas de retención, válvulas automáticas, reguladores asociados, etc. En el caso de reguladores de segunda etapa que no estén asociados a medidores, podrá contemplarse un gabinete de protección exclusivo, construido de material no combustible o con una resistencia al fuego correspondiente, a lo menos, a la clase F-120. En cualquier caso, los reguladores no deberán instalarse en interiores, a menos que se garantice el respectivo venteo al exterior.

5.2.8. Especificaciones Técnicas de medidores
Ver NTP 111.011

5.2.9. Instalación de medidores

5.2.9.1. Los medidores de gas y los reguladores de presión asociados deberán instalarse en gabinetes que cumplan con los requisitos siguientes:

a) Deberán ser para uso exclusivo de los medidores y de los reguladores de presión asociados, asegurando el acceso directo a ellos.

b) Deberán construirse con material no quebradizo, no combustible o con una resistencia a la acción del fuego correspondiente, a lo menos, a la clase F-120

c) La puerta del gabinete (cuando exista) deberá tener cerradura y aberturas de ventilación superior e inferior consistentes en un área libre mínima efectiva de 200 cm2, cada una, hasta cuatro medidores y de 400 cm2, cada una, sobre cuatro medidores.

d) Entre el radier del gabinete y el nivel del terreno deberá haber una altura mínima de 5 cm.

e) Cuando en un gabinete se encuentren instalados dos o más medidores de gas, cada medidor deberá llevar claramente indicado el número municipal de la casa o departamento al que da servicio.

f) Las dimensiones de los gabinetes serán las indicadas en las siguientes tablas, para medidores de una capacidad máxima de 12 m3/h.

Tabla N^0 5.2.5.1a
Dimensiones de los nichos

Cantidad de medidores	Altura mm	Ancho mm	Profundidad mm
Uno	590	600	360
Batería horizontal de n medidores	590	500 x n+200	360
Batería Vertical de m medidores	560 x m+300	800	400
Batería mixta de n medidores horizontales y m verticales	560 x m+300	500 x n+200	400

Tabla N^0 5.2.5.1b
Dimensiones de nichos
(Alternativa, previa consulta por escrito a la empresa distribuidora)

Cantidad de medidores	Altura mm	Ancho mm	Profundidad mm
Uno	h+280	a+320	p+100
Batería horizontal de n medidores	h+280	(a+220)n+100+d	p+100+d
Batería vertical de m medidores	(h+180)m+100	a+320+d	p+100+d
Batería mixta de n medidores horizontales y m verticales	(h+180)m+100	(a+220)n+100+d	p+100+d

h = altura del medidor, en mm.
a = ancho del medidor, en mm.
p = profundidad del medidor, en mm.
d = diámetro de la matriz interior, en mm.

g) Con respecto al nivel del piso terminado o radier del gabinete, los medidores deberán quedar a una altura mínima de *5* cm sobre el piso terminado y una altura máxima de 180 cm, medidos con respecto a la base del medidor.

h) Para aquellos medidores que se encuentren en la cercanía de lugares con tránsito de vehículos, además del gabinete, se deberá contemplar una protección adicional contra impactos, tales como, jardineras o barreras metálicas.

5.2.9.2. Los medidores de gas y los reguladores de presión asociados deberán ubicarse de preferencia en el exterior de edificios.

5.2.9.3. Los medidores de gas licuado de petróleo podrán adosarse al muro de las viviendas, a nivel del terreno, bajo la proyección vertical de aberturas cuya parte inferior se encuentre a 1 metro sobre la parte superior del gabinete; para el caso de medidores y gas natural, esta distancia será la siguiente:

a) 6 m para baterías de cuatro o menos medidores.
b) 8 m para baterías de más de cuatro medidores.

Sólo se podrá instalar medidores de gas bajo ventanas, en patios de luz que tengan un cielo abierto mínimo de 6 m^2, hasta un máximo de 2 medidores.

Esta superficie se deberá incrementar en 4 m^2 por cada 2 medidores adicionales.

5.2.9.4. Para el caso de medidores de gas licuado y los reguladores de presión correspondientes, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

a) No podrán instalarse en el primer piso cuando su proyección vertical se encuentre sobre una abertura que lo comunique con un subterráneo, piso zócalo o recinto de características similares.

b) No podrán instalarse a menos de un metro de los límites de espacios que estén ubicados bajo cota cero.

5.2.9.5. No podrán instalarse medidores de gas en el primer piso a menos de un metro de las proyecciones verticales de estacionamientos techados de vehículos.

5.2.9.6. No podrán instalarse medidores de gas en cajas de escaleras que correspondan a zonas verticales de seguridad de edificios.

5.2.9.7. Se podrán instalar medidores de gas natural en el interior de edificios, siempre que no corresponda el lugar de instalación a zona vertical de seguridad, tomando en cuenta lo siguiente:

a) Se deberán instalar en recintos exclusivos y debidamente ventilados al exterior.

b) Los venteos de los gabinetes deberán conducir los gases ventilados mediante conductos hasta la altura superior al techo del edificio y deben estar protegidos, entre otros, del agua, insectos y pájaros; los conductos deberán tener una superficie libre interior mínima de 400 cm2 y deberán terminar en un sombrerete de tipo aspirador estacionario.

c) En el primer piso, la puerta del gabinete deberá tener una abertura inferior con una superficie libre de 800 cm^2; en el resto de los pisos, la puerta del gabinete deberá ser hermética y contar además, con cerradura con llave y una mirilla hermética de vidrio u otro material equivalente, cuyas características aseguren su durabilidad en el tiempo. Dicha mirilla se ubicará a la altura del registro de medidores, a fin que éstos sean fácilmente leídos.

d) Cuando exista riesgo de caída de medidores hacia los pisos inferiores, bajo ellos se deberá colocar una losa o rejilla.

5.2.9.8. Se podrán instalar medidores de gas licuado en cajas de escalera, siempre que no correspondan a zonas verticales de seguridad, tomando en cuenta lo siguiente:

a) Los medidores deberán instalarse en gabinetes exclusivos.

b) Los gabinetes de medidores deberán asegurar hermeticidad hacia el interior de los edificios, para lo cual,

tendrán que contar con una puerta metálica del tipo batiente, sin aberturas, que deberá cerrar contra un burlete perimetral construido en un material que asegure una resistencia al fuego.

c) Las puertas de los gabinetes deberán tener una cerradura con llave y una mirilla hermética de vidrio u otro material equivalente, cuyas características deberán asegurar su durabilidad en el tiempo. Dicha mirilla se ubicará a la altura del registro de medidores, a fin que éstos sean fácilmente leídos.

d) Los gabinetes de medidores deberán contar con ventilaciones directas al exterior, las cuales se podrán lograr a través de las modalidades de cubierta metálica o celosías.

5.2.9.9. Las distancias mínimas de seguridad para los medidores de gas y reguladores de presión asociados, serán las siguientes:

a) 2 metros a aberturas que comuniquen con dormitorios o recintos donde existan fuegos abiertos o eventuales fuentes de ignición.

b) 1 metro a cualquier otra abertura de edificios no contemplados en la letra a) anterior.

c) 1 metro a estacionamientos de vehículos.

d) 1 metro a medidores de agua y eléctricos.

e) Para el caso de medidores de GL, 1 metro a tapas de registro de tuberías de alcantarillado, a cámaras de alcantarillado y a piletas.

f) En el caso de líneas eléctricas, como se indica en la tabla siguiente

Distancias de los medidores a líneas eléctricas*

Líneas eléctricas		Distancia mínima de seguridad en m
Sobre	Hasta	
-	1 000V	2
1 000V	15 000V	6
15 000V	-	20

(*) Aplicables a líneas aéreas o cajas de derivación.

5.2.10 Protección de tuberías

5.2.10.1. A las tuberías de acero tendidas a la vista o embutidas, si tienen recubrimiento negro, se les debe hacer el siguiente tratamiento:

a) Los depósitos de aceite o grasas se eliminarán utilizando un solvente aromático como toluol, xilol, benzol, etc. No se deberán usar solventes derivados del petróleo como gasolina, kerosene, etc.

b) Los óxidos y otros materiales se eliminarán por cualquiera de los métodos que a continuación se indican en orden decreciente de efectividad: chorro de granallas de acero o de arena, limpieza mecánica utilizando máquinas con rasquetas o cepillos de acero y limpieza-manual con cepillos de acero.

c) Para evitar la oxidación y favorecer la adherencia de la pintura se les protegerá con una capa de fosfato.

d) A continuación se aplicará una capa de antióxido de 60 micrómetros de espesor y se terminará con una de pintura de color claro para disminuir la absorción del calor. El espesor total de la pintura será de 100 micrómetros como mínimo.

5.2.10.2. Las tuberías de acero enterradas, con recubrimiento negro o galvanizado, para el caso de media y baja presión, se deberán proteger de la corrosión con el tratamiento siguiente:

a) Se aplicará una primera capa de “pintura primaria”, cuyas especificaciones dependerán de las características de la capa protectora que la cubrirá.

b) Se aplicará una segunda capa “protectora” de esmalte, brea o asfalto de 2,4 mm como mínimo, que se aplicará a la temperatura especificada por el fabricante del producto que se utilice, también podrá utilizarse Pintura Poliuretano de altos sólidos, o Protección en caliente.

c) Se aplicará una tercera capa constituida por un embarrilado con cinta de fibra de vidrio, para la protección mecánica.

5.2.10.3. Si el recubrimiento no se hace en la misma obra, los extremos de las tuberías en una longitud de 15 a 20 cm se dejarán libres de él, para hacerlo después de su soldadura o roscado.

5.2.10.4. Toda tubería de cobre que forma parte de una instalación de gas deberá ser protegida ante la presencia de terrenos corrosivos. Además, cuando se instalan tuberías de cobre empotradas en baja presión, deberán llevar una protección de plástico (PVC o equivalente) en todo el tramo embutido.

5.2.11. Pruebas de la instalación previa al suministro de gas

5.2.11.1. En forma previa al suministro de gas, se realizarán dos tipos de pruebas; la prueba de hermeticidad y la prueba de artefactos.

5.2.11.2. La prueba de hermeticidad para instalaciones en baja presión, se hará de acuerdo al procedimiento siguiente:

a) En la tubería, sin llaves de paso y artefactos, se usará una presión igual o superior a 150 kPa (1,5 kgf/cm^2) pero inferior a 200 kPa (2 kgf/cm^2); la presión elegida para la prueba deberá mantenerse fija durante 5 minutos.

b) Para instalaciones interiores la prueba de hermeticidad a la red, deberá efectuarse con la presión de trabajo para GLP o GN.

c) En las pruebas deberán emplearse manómetros o instrumentos de control de presión calibrada y vigente.

5.2.11.3. La prueba de hermeticidad para instalaciones de media presión, con llaves de paso o sin ellas, deberá ser igual a tres veces su presión de trabajo.

La duración de la prueba no será inferior a 15 minutos. En casos especiales, el supervisor fijará el tiempo de prueba. Se usarán manómetros calibrados en divisiones no mayores de 1/100 de kgf/cm^2 o bien 1/10 de lb/pulg^2, graduados de 0 - 60 lb/pulg^2.

5.2.11.4. La prueba de hermeticidad sólo se hará en forma individual por departamento casa-habitación.

Se prohíben las pruebas de hermeticidad colectivas.

CAPITULO 6
PRUEBA HERMETICIDAD

Los ensayos de hermeticidad deben complementar los siguientes aspectos:

a) Antes de su puesta en servicio, toda instalación para suministro de gas debe someterse a un ensayo de hermeticidad y proporcionar resultados satisfactorios (Véase la Tabla 6.0).

Tabla 6.0
Presiones para el ensayo de Hermeticidad

Presión de operación en la tubería	Presión mínima en ensayo	Tiempo de ensayo
P ≤ 13,8 kPa (P ≤ 2 psig)	34,5 kPa (5 psig)	15 min
13,8 kPa < P ≤ 34,5 kPa (2 psig < P ≤ 5 psig)	207 kPa (5 psi)	1 h
34,5 kPa < P ≤ 138 kPa (5 psi < P ≤ 20 psi)	414 kPa (5 psi)	1 h

b) El ensayo debe realizarse a temperatura ambiente con aire o gas inerte; se prohíbe el uso de oxigeno, agua y gases combustibles para este propósito.

c) Los ensayos se deben realizar antes de la instalación de los medidores, reguladores y artefactos de consumo.

d) Cuando utilicen sellantes anaeróbicos en las conexiones roscadas, el ensayo de hermeticidad del sistema de tuberías se debe efectuar después de transcurrido el tiempo de curado especificado por el fabricante del producto.

e) Durante el desarrollo de los ensayos se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se debe tomar las precauciones necesarias para garantizar las condiciones mínimas de seguridad tanto del personal que efectúe la prueba como la instalación.
- Se debe identificar la totalidad de salidas de la instalación.

- Se debe efectuar una prueba de barrido del sistema de tuberías, de tal manera que se garantice la eliminación de cualquier material extraño en el interior de las tuberías.
- La salida debe estar provista de tapones que proporciones hermeticidad. No se permite el uso de madera o corcho ó toro material inadecuado
- Las válvulas tanto en los extremos de la instalación como aquellas localizadas en los tramos intermedios deben estar abiertas. Durante el ensayó se irán maniobrando las válvula para comprobar su hermeticidad.
- Seden utilizar los siguiente equipos o elementos: Compresor ó fuente de suministro de aire, agua jabonosa y cabezas de ensayos.
- el procedimiento aire hasta lograr estabilizar la presión de ensayo especificada en la tabla, desconectar luego la fuente de suministro y tomar la lectura de presión para establecer la hermeticidad una vez haya transcurrido el tiempo mínimo de ensayo.

f) Los manómetros empleados en el ensayo deben ser tales que la presión de ensayos se encuentre entre 25% y el 75% de su rango de medición, y tenga un grado de precisión D según la norma ASME B40.100.

g) Cuando por alguna circunstancia sea necesario interrumpir los ensayos, debe verificarse que el sistema quede en condiciones se seguridad satisfactorias.

h) Al realizar el ensayo de hermeticidad no se debe presentar variación en la lectura indicada por manómetro que registra la presión de ensayo. En caso contrario se considera que el sistema no es hermético.

i) Cuando al efectuar el ensayo de hermeticidad se determine la existencia de escapes se deben efectuarse las correspondientes y someter nuevamente el sistema a un ensayo de presión.

j) En la detección de escapes bajo ninguna circunstancia deben usarse fósforo, velas, llamas abiertas u otros métodos que constituyan una fuente de ignición.

CAPITULO 7
SUMINISTRO DE GAS Y PUESTA EN SERVICIO

7.1. Requisitos que debe cumplir la instalación para otorgar el suministro

7.1.1. Para que a una instalación de gas se le pueda otorgar suministro, ella deberá haber sido ejecutada de acuerdo con las disposiciones establecidas en la presente Norma.

7.2. Requisitos que debe cumplir la instalación interior de gas en edificaciones para solicitar suministro de gas

7.2.1. No se autorizará ningún servicio de gas a ninguna instalación que no cumpla con las disposiciones de esta Norma.

7.2.2. Será causal para suspender el suministro de gas al ocupante de una propiedad el hecho de negar el acceso a la instalación.

CAPITULO 8
MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES

8.1. El mantenimiento de las instalaciones interiores de gas, será responsabilidad de los usuarios.

8.2. Para obtener un funcionamiento seguro de los artefactos de gas, además de las disposiciones contenidas en la presente norma, los usuarios deberán cumplir las instrucciones del fabricante, referente a la utilización y mantenimiento. Toda reparación o mantenimiento de un artefacto de gas deberá ser realizada por un Instalador de gas o por un Servicio Técnico autorizado.

8.3. El mantenimiento de la instalación de gas deberá ser realizado cada dos años y será ejecutado por personal especializado y registrado.

8.4. Los cilindros de GLP deben ser inspeccionados periódicamente, conforme a la norma oficial respectiva.

CAPITULO 9
RECOMENDACIONES Y REQUERIMIENTOS

9.1. Recomendaciones

9.1.1. Recomendaciones a los proyectistas

9.1.1.1. El proyecto de una instalación interior de gas deberá ser efectuado por un Profesional de acuerdo a la reglamentación vigente, el cual será responsable del oportuno cumplimiento de las disposiciones de la presente Norma. En forma previa a la firma del plano, el profesional deberá verificar que el proyecto cumple con las disposiciones reglamentarias y normativas vigentes.

9.1.2. Recomendaciones a los instaladores

9.1.2.1. Antes de firmar la declaración de la instalación de gas, se efectuará lo siguiente:

a) Inspección visual.

b) Prueba de hermeticidad refrendada ejecutada por la entidad competente y refrendada mediante un acta.

c) Control de la construcción de los conductos colectivos y empalmes colectivos cuando su trabajo incluya esta actividad.

d) Inspección de soldaduras.

e) Verificar el funcionamiento correcto de los artefactos tipo B, en caso hayan sido instalados por él.

f) Control de requisitos de nichos de medidores.

g) Control de funcionamiento de artefactos tipo C en dormitorios, en caso hayan sido instalados por él.

h) Verificar que las alimentaciones a los artefactos de gas no instalados, queden sellados por un terminal con su tapa correspondiente.

i) Verificar las medidas de seguridad de equipos de GL.

j) Verificar que las tuberías, accesorios y artefactos instalados, cumplan con lo dispuesto en la presente Norma.

k) Verificar que la instalación esté de acuerdo al plano definitivo.

9.1.2.2. El instalador de gas tendrá la obligación de verificar que la instalación de gas y el plano definitivo sean totalmente coincidentes.

9.1.2.3. En el caso de una instalación, ejecutada en forma sucesiva por más de un instalador, el nuevo instalador tendrá la obligación de revisar el trabajo efectuado por el o los anteriores instaladores, teniendo la obligación de subsanar las deficiencias, si las hubiere.

9.1.2.4. Las obligaciones de los instaladores de rtefactos de gas serán las siguientes:

a) El cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y normativas vigentes aplicables a la instalación de artefactos de gas.

b) Que las conexiones de los artefactos de gas, cumplan con las instrucciones de instalación establecidas en el manual proporcionado por el fabricante.

c) Realizar las adaptaciones y modificaciones necesarias en los artefactos de gas que sean instalados a una altura superior a 1000 m sobre el nivel del mar.

d) El profesional encargado de la instalación central no es necesariamente el mismo que se encargue de la instalación de los artefactos; en caso no sean la misma persona o empresa, cada uno tendrá sus respectivas obligaciones y responsabilidades.

9.1.3. Requerimientos para solicitar suministro de gas.

9.1.3.1. En caso que se solicite suministro de gas, ésta deberá ser comunicada de inmediato a la empresa.

9.1.3.2. Las empresas deberán comprobar la hermeticidad de las tuberías y que los cilindros, tanques, medidores, artefactos y conductos colectivos de evacuación de los gases producto de la combustión funcionen en forma segura y estén de acuerdo con las disposiciones vigentes, sin perjuicio de las demás responsabilidades involucradas.

9.1.3.3. En el caso de las tuberías soldadas, las empresas deberán verificar que la soldadura cumpla con los estándares exigidos en la presente Norma.

9.1.3.4. Las empresas deberán entregar las presiones de servicio con las tolerancias que se señalan en la tabla siguiente

Presiones de servicio

Gas de ciudad		
Gas Licuado	Presión Nominal:	2,7 kPa (270 mm H_2O)
	Presión Mínima :	2,2 kPa (220 mm H_2O)
	Presión Máxima:	3,3 kPa (330 mm H_2O)
Gas Natural	Presión Nominal:	1,8 kPa (180 mm H_2O)
	Presión Mínima :	1,5 kPa (150 mm H_2O)
	Presión Máxima:	2,2 kPa (220 mm H_2O)

Estas presiones se entenderán medidas en el punto de entrega a la instalación interior cuyo suministro se desea controlar, que será a la salida del medidor o regulador, según corresponda.

9.1.3.5. Al realizar el control de la presión de servicio a una instalación interior, se deberá cumplir lo siguiente:

a) Regulando el consumo entre el 5% y el 10% de la potencia instalada, la presión medida no podrá ser superior a la presión máxima de servicio.

b) Regulando el consumo al total de la potencia instalada, la presión medida no podrá ser inferior a la presión mínima de servicio.

9.1.3.6. Todo trabajo relacionado con matrices, acometidas, medidores, tanques de gas licuado y equipos de gas, sólo podrá ser dirigido o ejecutado por la empresa envasadora o distribuidora, según corresponda.

9.1.3.7. Las empresas distribuidoras tendrán la obligación de velar por el mantenimiento de los medidores de gas, como así como verificar periódicamente que la protección de ellos.

9.1.4. Obligaciones de los Usuarios

9.1.4.1. Los usuarios sólo podrán encomendar la formulación de proyectos y la ejecución de las instalaciones de gas, a profesionales debidamente registrados.

9.1.4.2. Una vez efectuada la declaración de la instalación interior de gas, el consumidor tendrá la obligación de su mantenimiento, cumpliendo con los requisitos mínimos de seguridad establecidos en la presente Norma, los que deberán tomarse en cuenta, especialmente, cuando la instalación sufra modificaciones. Estas últimas deberán ser realizadas, en todo caso, por un Instalador de Gas. Asimismo, el propietario o el consumidor, en su caso, será responsable de los trabajos que se ejecuten por personas no autorizadas.

9.1.4.3. Para obtener un funcionamiento seguro de los artefactos de gas, además de las disposiciones contenidas en la presente Norma, los consumidores deberán cumplir las instrucciones que debe entregar el fabricante, referente a la instalación, utilización y mantenimiento. Toda reparación o mantenimiento de un artefacto de gas deberá ser realizada por un Instalador de gas o por un Servicio Técnico autorizado por el fabricante o importador, según corresponda.

9.1.4.4. El consumidor que retire un artefacto de gas por cambio de domicilio, o no pueda instalar un artefacto por motivos diversos, deberá:

a) Cautelar que la respectiva alimentación para el artefacto de gas quede sellada por un terminal con su tapa correspondiente o quede con una llave de paso con un terminal de tubo expandido aplastado y sellado con soldadura en su extremo.

b) Asegurar que el conducto de evacuación de los productos de la combustión quede bien afianzado.

9.1.4.5. Los consumidores deberán mantener en buen estado la protección de los medidores y reguladores de presión asociados, así como el aseo en la zona en que ellos se encuentran ubicados.

9.1.5. Obligaciones de las Empresas Constructoras

9.1.5.1. Los proyectos y la ejecución de las instalaciones de gas, sólo podrán ser ejecutados por profesionales o empresas debidamente registradas, conforme a lo establecido en la Presente Norma.

CAPITULO 10
DISPOSICIONES FINALES

10.1. Las disposiciones de seguridad de la presente Norma serán aplicables a las nuevas instalaciones, y a la modificación, renovación o ampliación de las existentes, cuando ello sea técnicamente factible; sin embargo, en lo que se refiere a aspectos de operación y mantenimiento, ellas serán también aplicables a las antiguas instalaciones. En materia de diseño, las antiguas instalaciones deberán cumplir a los menos las disposiciones de seguridad con que fueron diseñadas.

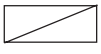
Anexo

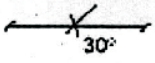
SIMBOLOGÍA

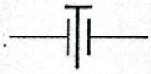
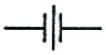
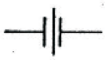
Tuberías

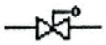
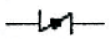
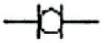
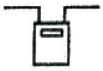
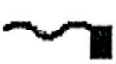
DENOMINACIÓN	SÍMBOLOS
A la vista	———
Por entretecho	—— —— ——
Embutida en losas	—— .. —— .. ——
Embutida en muro	—— . —— . ——
Por tubos	—— ... —— ... ——
Protegida bajo tierra (en baja presión)	+ + + + + + + +
Protegida bajo tierra (en media presión)	_ _ _ _ _ _ _
n° tuberías que se conducen por un mismo lugar	n ———
BAJA, se deberá indicar el diámetro nominal	¾ ○↓
SUBE, se deberá indicar el diámetro nominal	½ ○↑
Con reducción	¾ ½ ———
Con tapón	———|
La dimensión nominal de la tubería se colocará siempre sobre el eje, Ej: ¾ ———	

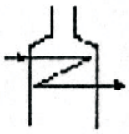
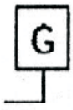
Varios

DENOMINACIÓN	SÍMBOLOS	DENOMINACIÓN	SÍMBOLOS
Ducto colectivo		Llave	
Equipos de cilindros		Medidor	
Estanque de superficie		Regulador de presión	
Estanque subterráneo		Sifón con su diámetro normal	

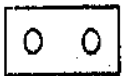
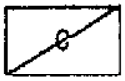
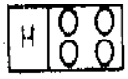
Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
Ø	Diámetro de la tubería	Ac	Tubería de acero
IX	Tubería de acero inoxidable	Cu	Tubería de cobre
PE	Tubería de polietileno	ø 50 Ac / BP	Tubería vista
PE	Tubería de polietileno	ø 50 Ac / BP	Tubería vista
ø 50 Ac / MPA	Tubería empotrada	ø 10 Ac / MPB	Tubería enterrada
	Tubería en vaina		Tubería en conducto
ø 50 Ac 50 Cu	Cambio clase de tubería	ø100 Ac 50 Ac	Cambio diámetro de tubería
ø100 Ac 50 Cu	Cambio clase y diámetro de tubería	 30°	Codo

Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Te		Cruz
	Tapón		Manguito
	Disco ciego		Brida ciega
	Punto de derivacion en cruz de tuberias		Punto de derivación en "T" de una tuberia
	Pasamuros		Junta dieléctrica
	Punto de derivacion en cruz de tuberias		Punto de derivación en "T" de una tuberia
	Pasamuros		Junta dieléctrica
	Punto alto		Llave de paso manual
	Regulador de presión		Regulador de presión con válvula de seguridad por máxima y por mínima presión incorporada
	Regulador de presión con válvula de seguridad por mínima presión incorporada		Regulador de presión con válvula de seguridad por máxima presión incorporada
	Regulador de presión con válvula de seguridad por máxima y mínima presión y de alivio incorporadas		Regulador de presión con válvula de seguridad por máxima presión y de alivio incorporadas

Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Filtro		Valvula de seguridad por máxima presión
	Válvula de seguridad por mínima presión		Válvula de alivio
	Válvula de mariposa		Válvula de esfera
	Manómetro		Llave de corte automatico
	Toma de presión		Limitador de caudal
	Contador de gas		Tubo flexible metalico
	Tubo flexible con dispositivo de seguridad		Conducto para evacuación de los productos de la combustion
	Conducto de entrada de aire y evacuación de los productos de la combustión (Circuito estanco)		Extractor de aire

Símbolo	Denominación	Símbolo	Denominación
	Cocina con horno		Cocina sin horno
	Horno independiente		Calentador instantaneo de agua
	Calentador acumulador de agua		Caldera de calefacción
	Caldera mixta		Estufa fija
	Estufa móvil		Radiador mural de circuito estanco
	Radiador mural de circuito abierto con conducto de evacuación de productos de la combustión		Generador de aire caliente
	Frigorífico a gas		Otros aparatos a gas

Símbolos convencionales en instalaciones de gas

DENOMINACIÓN	SÍMBOLOS	DENOMINACIÓN	SÍMBOLOS
Anafe		Evaporador	
Baño María		Freidora	
Caldera		Horno	
Calefactor ambiental		Lámpara	
Calefactor corriente		Lonchera	
Calefón sin ducto		Marmita	
Calefón con ducto		Mechero	
Cocina doméstica (1)		Quemador industrial	
Cocina industrial (2)		Soplete	
Criadora de pollos		Termo	

Unidades de presión

Los tramos de las instalaciones receptoras están clasificados en función de la presión que se disponga en los mismos. La clasificación de los tramos de instalación por presiones es la siguiente:

Alta presión:
Superior a 4 bar efectivos (o relativos).

Media presión B:
Comprendida entre 0,4 y 4 bar efectivos relativos).

Media presión A:
Comprendida entre 0,05 y 0,4 bar efectivos (o relativos).

Baja presión:
inferior o igual a 0,05 bar efectivos (o relativos).

Las instalaciones alimentadas en alta presión son principalmente instalaciones industriales, normalmente de gran capacidad, y no son objeto del presente manual.

Las unidades normalmente utilizadas para cada escalón de presión son las siguientes:

Tramos en media presión B:
Se utiliza el bar y el kilogramo por centímetro cuadrado (kg/cm²).

Tramos en media presión A:
utiliza principalmente el bar o el milibar mbar), pero también suele utilizarse el kilogramo por centímetro cuadrado (kg/cm²), y el milímetro de columna de agua (mm cda).

Tramos en baja presión:
Se utiliza principalmente el milibar (mbar), aunque también se utiliza el milímetro de columna de agua (mm cda).

La equivalencia entre estas unidades, referidas a 1 atmósfera (760 mm columna de mercurio) es la siguiente:

	Atm	bar	mbar	kg/cm²	mm cda
Atm	1	1,01325	1013,25	1,0333	10.333

Unidades de energía y potencia

Las unidades de energía y potencia normalmente utilizadas son las siguientes:

Unidades de energía

Las unidades de energía normalmente utilizadas son las siguientes:

- Megajulio (MJ)
- Kilocaloría (kcal)
- Termia (te)
- Kilovatio-h (kWh)

La tabla siguiente muestra la equivalencia entre las unidades de energía más utilizadas:

	MJ	te	kcal	kWh
MJ	1	0,2389	238,9	0,2778
te	4,186	1	10^3	1,163
kcal	$4,186.10^{-3}$	10^{-3}	1	$1,163.10^{-3}$
kWh	3,6	0,86	860	1

Unidades de potencia

Las unidades de potencia normalmente utilizadas son las siguientes:

- Kilocaloría/hora (kcal/h)
- Termia/hora (te/h)
- Kilovatio (kW)

La tabla siguiente muestra la equivalencia entre las unidades de potencia más utilizadas:

	kW	kcal/h	te/h
kW	1	860	0,86
kcal/h	$1,163.10^{-3}$	1	10^{-3}
te/h	1,163	10^3	1

NORMA EM.050

INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN

Artículo 1º.- GENERALIDADES

En las edificaciones para viviendas, edificios industriales, comerciales, de recreación o para otros tipos, pueden preverse las necesidades de instalaciones de climatización.

Las instalaciones de climatización debe ser capaces de proporcionar automáticamente condiciones de temperatura, humedad, movimiento y pureza del aire en un local o espacio determinado dentro de unos valores prescritos, de acuerdo a las necesidades de ventilación y controlar el ingreso de contaminantes del aire exterior.

Las instalaciones de climatización deben estar equipadas con elementos para el calentamiento, el enfriamiento, la humectación, la deshumectación y limpieza del aire de impulsión, así como con órganos de regulación de la temperatura y de la humedad relativa del aire del local.

Artículo 2º.- ALCANCE

La presente Norma establece las especificaciones generales de construcción para instalaciones de climatización a fin de conseguir que la construcción y la supervisión de obra tengan los elementos suficientes para conocer el sistema y la correcta instalación.

Debido al surgimiento de nuevos materiales y tecnologías aplicadas a las instalaciones de climatización se hace necesaria la continua actualización de estas especificaciones, las mismas que establecen los requisitos, materiales y reglas que deberán cumplirse para la ejecución de las obras.

Artículo 3º.- NORMAS

En la instalación de los equipos se deberá tener en cuenta lo establecido en el Código Nacional de Electricidad, así como regirse por el Reglamento de Higiene Ocupacional del Subsector Electricidad.

Artículo 4º.- DEFINICIONES

Para la aplicación de lo dispuesto en la presente Norma, se entiende por:

INSTALACIONES DE CLIMATIZACION.- Son las que pueden mantener automáticamente durante todo el año los valores máximos y mínimos de la temperatura y la humedad del aire de un local dentro de valores prescritos.

Artículo 5º.- CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN

Tipo de Instalación	Clima constante de Edificio	Conveniente para clima variable de edificio		
		Por locales	Por grupos de locales	Por zonas
Instalaciones de climatización de un solo canal a baja presión	X			
Instalaciones de climatización de un solo canal a alta presión	X			
Instalaciones de climatización de doble conducto			X	X
Instalaciones de Climatización con aire primario y postcalentadores			X	
Instalaciones de climatización con aire primario y registros de mezcla				X
Instalaciones de climatización con aire primario y postventiladores				X
Instalaciones de climatización con aire primario y aparatos de inducción - Sist. de dos tuberías - Sist. de tres tuberías - Sist. de cuatro tuberías	X			

Artículo 6º.- CALIFICACIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS

Para que un equipo y material sea considerado como Aprobado, para un uso, para un ambiente o aplicación específico, la conformidad pertinente puede ser determinada por un laboratorio de pruebas o por una entidad de normalización o inspección reconocida, que esté comprometida con la evaluación de productos, como parte de sus programas de certificación y registro.

Para que un equipo o material tenga la calificación de Certificado debe llevar un sello, símbolo o marca identificatoria de un laboratorio de pruebas, o de una entidad de normalización o inspección reconocida, que esté comprometida con la evaluación de productos y que mantenga una inspección periódica de la producción de equipos o materiales certificados y cuya certificación garantice el cumplimiento de las normas o pruebas reconocidas.

Para que un equipo o material tenga la calificación de Registrado debe estar comprendido dentro de un registro publicado por un laboratorio de pruebas o por una entidad de normalización o inspección reconocida, que esté comprometida con la evaluación de productos y que mantenga una inspección periódica de la producción de equipos o materiales registrados y cuyo registro indique que cumplen con las normas reconocidas o que han sido probados y encontrados adecuados para el uso de una forma específica.

Artículo 7º.- CONSIDERACIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN

Los trabajos para las instalaciones de climatización deberán ejecutarse según las consideraciones siguientes:

1. En el proyecto de instalación deben estar descritos los equipos y materiales de todos los sistemas de acondicionamiento de aire, así como el catálogo con todos los conceptos y cantidades de materiales necesarios para la obra
2. Detalladas las instalaciones eléctricas, necesarias para la correcta puesta en marcha de los equipos, así como los esquemas de los circuitos de los sistemas de control.
3. Las conexiones finales de alimentación de agua y desagüe, a partir de las preparaciones dejadas en los cuartos de máquinas para la instalación correspondiente, continuando los trabajos con la misma calidad de materiales indicados en las especificaciones de instalaciones hidráulicas y sanitarias.
4. Llevar a cabo todos los trabajos de albañilería y pintura, que se requieran para la total terminación de lo anteriormente descrito, incluyendo entre otros, ranuras, perforaciones, resanes, construcción de bases y soportes para los distintos equipos, estos trabajos deberán ajustarse a las indicaciones de la supervisión y a las especificaciones generales de obra civil.
5. Elaboración de los planos de obra terminada utilizando para ello los planos arquitectónicos actualizados este requisito es indispensable para considerar culminados los trabajos del ejecutor de la obra y la entrega de la instalación.

NORMA EM.060

CHIMENEAS Y HOGARES

Artículo 1º.- GENERALIDADES

Las chimeneas, salidas de humos, ventilaciones, hornos, sus conexiones y transporte de productos de combustión, cumplirán con los requerimientos de la presente Norma.

En cuanto a los equipos, están comprendidos todos aquellos que son productores de calor por medio de la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gases. Las aplicaciones se refieren a todas aquellas actividades que requieran la utilización del calor, ejemplos calderos, incitadores y hornos.

Artículo 2º.- DEFINICIONES

Para la aplicación de lo dispuesto en la presente Norma, se entiende por:

- APARATO DE ALTO CALOR: Se refiere a cualquier instalación o equipo en el cual la temperatura de los gases de combustión es superior a los 800 °C.

- APARATO DE MEDIO CALOR: Se refiere a cualquier instalación o equipo en el cual la temperatura de la salida de los humos de los gases así como su entrada fluctúe entre 280 °C y 800 °C.
- APARATO DE BAJO CALOR: Se refiere a cualquier instalación o equipo en el cual la temperatura de la salida de los humos de los gases así como su entrada es hasta los 280 °C.
- CHIMENEAS, SALIDAS DE HUMO O VENTILACIONES: Son conductos o corredores para transportar productos de combustión al exterior.
- CONDENSADO: Es el líquido que se separa de un gas debido a una reducción de temperatura.
- REFRACTARIOS Materiales resistentes a la acción del fuego conservando su composición y forma.
- ABRAZADERA DE LA SALIDA DE HUMOS: Es la parte de cualquier aparato diseñada para ajustar la parte del conducto de salida de humos de una campana.
- TUBERÍA DE HUMOS: Tubería conectada a un aparato productor de calor quemando combustibles sólidos o líquidos, conectada a una salida de humos o ventilación.
- CONECTOR DE VENTILACIÓN: Tubería conectada a una aplicación productora de calor quemando gas combustible

Artículo 3º.- CLASIFICACION

Los hogares pueden ser accionados por gas, electricidad y combustibles sólidos o líquidos. Las chimeneas se clasificarán en metálica y de albañilería.

Artículo 4º.- HOGARES

Su aplicación estará dirigida a todas aquellas edificaciones que requieran el uso del calor para la producción de calefacción, eliminación de desperdicios o con fines comerciales e industriales.

1. Generalidades

Los hogares de acuerdo a los requerimientos serán utilizados para equipos de quemadores con combustibles sólidos o fluidos líquidos, donde la temperatura de los humos de los gases no exceda los 37 °C.

Los hogares serán construidos y aislados de modo que los materiales combustibles cercanos y las partes de su estructura no sean calentados a temperaturas que excedan los 78 °C. Los hogares serán construidos de material no combustible.

Los hogares no soportarán pesos concentrados de estructuras cercanas a menos que estén consideradas en el diseño y construcción.

Las losas de arcilla, forros de ductos de humos, estarán de acuerdo a la especificación para forros de losa de arcilla de ductos de humos, de acuerdo a Norma Técnica Peruana correspondiente o ASTM C315.

Los ladrillos refractarios, estarán de acuerdo a las especificaciones estándar para ladrillos refractarios de arcilla y ladrillos de cloruro de silicio para servicio de incinerador, de acuerdo a Norma Técnica Peruana o ASTM C64.

2. Cámaras de combustión

Toda cámara de combustión debe cumplir con:

Que el forro de ladrillo refractario sea por lo menos de 0,05 m . El espesor total de la caja de fuego, incluido el forro, no será menor de 0,20 m .

Los forros de acero de la caja de fuego, de hasta 6 mm, se usarán provistos de un mínimo de 0,20 m de albañilería. Los aislamientos de los forros metálicos, estarán de acuerdo con los requerimientos del fabricante.

Si no hay forros de acero o ladrillos refractarios, el grosor total de las paredes será de por lo menos 0,30 m de albañilería.

Si están cerca de combustibles, se tendrá precaución del cumplimiento de las distancias de seguridad indicadas en 5, además de ser construidos y aislados de manera que las partes de su estructura no sean calentados a temperaturas que exceda los 78 ºC.

3. Propagadores metálicos de calor.

Los propagadores metálicos de calor aprobados serán instalados en hogares. Los propagadores metálicos de calor serán de un grosor no menor de 2,7 cm y tendrán un mínimo de 5 cm de ladrillo refractario de refuerzo.

4. Caja de fuego

Debe cumplir lo indicado en 2.

5. Distancias de seguridad

Los materiales combustibles contenidos en recipientes no estarán a menos de 0,50 m de hogares o de las cámaras de humos o chimeneas que tengan menos de 0,20 m de espesor.

Los materiales combustibles expuestos no estarán colocados dentro de 0,15 m de la abertura del hogar.

6. Cámara de humos

El frente e interior de la pared de la cámara de humos cumplirá con lo indicado para las paredes de la caja de fuego.

7. Chimenea

Los forros de las chimeneas serán de arcilla refractaria de 1,6 cm o de otro material que resista temperaturas de 970 °C sin perder su forma, romperse o sufrir algún tipo de deterioro. El forro se extenderá desde el ingreso hasta un punto a 0,10 m por encima de la albañilería de los muros.

Los muros de la chimenea donde se use forro serán de 0,-10 m de albañilería sólida, o donde la construcción sea con unidades huecas de albañilería serán de 0,20 m .

Los muros de las chimeneas donde no se use forro, serán de 0,20 m de albañilería sólida.

Los forros de las salidas de humo serán hechos en la albañilería. Todas las juntas y espacios serán rellenados con mezcla de cemento. No se utilizará forros quebrados o rotos.

8. Hogar preferencial

Todos los hogares estarán provistos de una plancha de ladrillo, concreto, piedra u otro material no combustible de por lo menos 0,30 m de ancho en cada lado por donde se abra el hogar. Esta plancha no será menor de 0,10 m de espesor y será soportada por materiales no combustibles o reforzada para soportar su propio peso y otras cargas impuestas. Todo tipo de combustible será removido.

9. Otros hogares

Los muros empotrados para calentadores a gas con una demanda mayor de 35,000 BTU por hora, o calentadores eléctricos con una demanda mayor de 10 kW y/o muros empotrados, diseñados y construidos de manera similar a los demás hogares no tendrán más de 0,15 m de profundidad, estarán rotulados con una placa que diga:

«SOLO PARA APARATOS A GAS Y ELECTRICOS»

Y estarán forrados con materiales de no menos de una hora de resistencia al fuego.

Artículo 5º.- SALIDA DE HUMOS

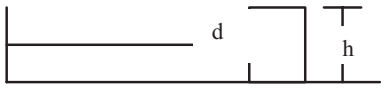
1. Área para la salida de humos

El área neta de la sección de la salida de humos y el cuello entre la caja de fuego y la cámara de humos no será menor de un décimo (1/10) del área de la abertura del hogar para chimeneas de 5 m o más de alto; no menos de un octavo (1/8) del área de la abertura del hogar para chimeneas de menos de 5 m de alto, y en ningún caso menor de 0,04 m^2.

Donde se utilice registros para chimeneas, las aberturas de los registros serán de un área no menor, cuando estén totalmente abiertas, que la requerida para la salida de humos.

2. Altura

Los ductos se extenderán hasta una altura no menor de 3 m por encima de cualquier construcción que esté hasta 7 m de distancia del ducto, excepto donde tales ductos sirvan como aparatos de aire forzado, dichos ductos serán de no menos de 0,90 m por encima del techo de cualquier construcción que esté hasta 3 m de distancia de ducto.



h (m)	d (m)
3	7
0,9	3

3. Distancias de seguridad

El espacio libre entre los ductos de humos y los materiales combustibles será de 5 m cuando se usen para aparatos de mediano calor y de 10 m para aparatos de alto calor.

Artículo 6º.- CHIMENEAS METALICAS

1. Alcance

El uso de chimeneas metálicas no estará permitido en viviendas unifamiliares, edificios multifamiliares, albergues tipo dormitorios y construcción para usos similares.

2. Diseño

Los ductos de humo no soportarán otras cargas verticales más que su propio peso así como la fuerza del viento.

2.1. Construcción de soporte

DIÁMETRO DEL DUCTO (cm)	ESPESOR DEL METAL (mm)
Menor o igual que 20	1,5
Mayor de 20 hasta 30	2,7
Mayor de 30 hasta 40	3,5
Mayor de 40 hasta 60	4,3
Mayor de 60 hasta 75	4,7
Mayor de 75 hasta 110	6,4

Los ductos de humos serán remachados para soportar su propia estructura y serán de construcción no combustible.

Los ductos de humo para aparatos de alto calor serán revestidos por 0,10 m de ladrillo refractario sobre mezcla de barro refractario, extendiéndose desde no menos de 0,60 m por debajo hasta no menos de 7 m por encima de la entrada del ducto de humo.

2.2. Altura

Véase lo normado en el Artículo 5º apartado 2

3. Ductos exteriores

Los ductos o sus partes levantados en el exterior de una construcción tendrán un espacio libre de 0,60 m de paredes combustibles y de 0,10 m de las no combustibles.

Ningún ducto estará más cerca de 0,60 m en cualquier dirección de una puerta, ventana o de cualquier otra área de ingreso o salida.

4. Ductos interiores

Los ductos o sus partes dentro de una construcción se ubicarán dentro del área donde se encuentra los aparatos en paredes de construcción no combustible que tengan una resistencia al fuego de no menos de dos horas, con un espacio libre entre los ductos y los muros que permita examinar y reparar dichos ductos.

Los muros del cerco no tendrán aberturas excepto las entradas equipadas con cerrado automático en caso de incendio.

Cuando una chimenea pase por un techo construido de materiales combustibles, ésta será protegida por un ducto de fierro galvanizado cuyo terminal se extenderá hasta no menos de 0,23 m por debajo y 0,23 m por encima de dicho techo. Tales terminales tendrán una dimensión que permitan un área libre en todos los lados de las chimeneas para aparatos de alto calor de no menos de 0,45 m ; para aparatos de mediano calor, no menos de 0,20 cm y para aplicaciones de bajo calor, no menos de 0,15 m .

Artículo 7º.- REFERENCIAS NORMATIVAS

En la presente Norma se hace referencia a las siguientes Normas ASTM:

ASTM C315-02	Standard Specification for Clay Flue Linings
ASTM C64	Specification for Fireday Brick Repractories for Heavy - Duty Stationary Boiler Service

NORMA EM. 070

TRANSPORTE MECÁNICO

Artículo 1º.- GENERALIDADES

El diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de ascensores, montacargas, rampas o pasillos móviles y escaleras mecánicas usadas en edificaciones, deben velar por la seguridad de la vida y el bienestar público.

Para dicho propósito es vigente lo establecido en las Normas MERCOSUR, NM 207 y NM195, así como el cálculo de tráfico según la Norma de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas NBR 5665 ó normas equivalentes de otros países reconocidas internacionalmente.

Las instalaciones eléctricas deberán cumplir el Código Nacional de Electricidad.

Artículo 2º.- ALCANCE

La presente Norma con los estándares y consideraciones que son citadas, se aplica en el diseño, los dispositivos de seguridad y mantenimiento de los equipos y materiales de los sistemas de transporte mecánico de pasajeros y objetos en las edificaciones.

Artículo 3º.- DEFINICIONES

Para la aplicación de lo dispuesto en la presente Norma, se entiende por:

- ALTERACIONES: Cualquier cambio o adición a los equipos que sean diferentes a los normales cambios de piezas o reparaciones.
- APROBADO: Reconocido por la autoridad competente
- ASCENSOR: Mecanismo equipado con cabina, que se desplaza por guías en dirección vertical y atiende dos o más pisos de una edificación.
- CONTROL: Dispositivo que regula el arranque, parada, aceleración, dirección y retardo del movimiento de la cabina.
- ESCALERA MECÁNICA: Instalación accionada mecánicamente constituida por una cadena de escalones sin fin destinada al transporte de personas en dirección ascendente o descendente en posición inclinada.
- INTERRUPTOR DE SEGURIDAD: Dispositivo automático para detener la marcha del ascensor en el sobre recorrido o foso y en caso de sobre velocidad
- MONTACARGAS: Mecanismo similar al ascensor pero usado para llevar carga y personas de servicio
- RAMPA MÓVIL O PASILLO MOVIL: Instalación accionada mecánicamente, constituida por un piso móvil sin fin (cadena de placas o banda por ejemplo), destinada al transporte de personas sobre el mismo nivel o entre niveles diferentes en posición inclinada.
- SOBRE RECORRIDO: Distancia vertical entre la parada superior y la parte inferior del techo del pozo
- VANO DE IZAJE DE AZOTEA: Apertura de pozo encima de la parada y superior, y por debajo de sala de maquinas, que sirve para el izaje de los equipos durante el montaje.

Artículo 4º.- ASCENSORES

1. Consideraciones específicas

1.1. Pozo

El pozo para el desplazamiento de la cabina ha de estar cerrado por medio de paredes estructurales.

Los contrapesos se instalarán dentro del pozo.

El pozo debe tener aberturas para las puertas del ascensor, entre el pozo y el cuarto de máquinas.

Las puertas de inspección y de conservación, así como las de socorro, serán de imposible apertura hacia el interior del pozo. Dichas puertas deber ser macizas, responder a las mismas condiciones de resistencia e incombustibilidad que las puertas de los accesos y estar dotadas de cerradura eficaz y posición de cierre controlado eléctricamente.

Los pozos deben estar ventilados y no serán nunca utilizados para asegurar la ventilación de locales extraños a su servicio.

La superficie total del hueco de ventilación deberá ser al menos igual a un 2,5% de la superficie del pozo, con un mínimo de 0,07 m^2 por ascensor.

Los pozos no deben situarse encima de un lugar accesible a personas a menos que:

- Se instale o ejecute bajo los amortiguadores o topes de contrapeso, columnas estructurales que desciendan hasta suelo firme que retenga el elemento desprendido y proporcione las garantías suficientes.
- Que el contrapeso esté provisto de un paracaídas.

Debajo de los elementos que pudieran desprenderse y caer por el recinto se colocarán plataformas o enrejados protectores, a fin de evitar posibles daños a personas o desperfectos en el servicio.

Un pozo puede ser común para varios ascensores. En este caso ha de existir un elemento de separación, en toda altura del pozo, entre cada cabina y todos los órganos móviles pertenecientes a los ascensores contiguos. Esta

separación podrá ser realizada mediante barras o bandas metálicas. En caso de que la distancia del borde del techo a la cabina y todos los órganos móviles pertenecientes a los ascensores contiguos sea superior a 40 cm, se colocará un enrejado ligero a una altura de separación que puede limitarse a 2 m a partir del fondo del foso.

En la parte inferior del pozo debe preverse un foso protegido de infiltraciones de agua.

En caso de ser utilizado el acceso más bajo del pozo para descender al foso, su puerta estará dotada del oportuno enclavamiento que impida su cierre si la cabina no se encuentra frente a ella.

A falta de otras puertas de acceso o inspección, cuando la profundidad del foso sobrepase 1,30 m, debe preverse un dispositivo fuera del arco para permitir al personal encargado de la conservación un descenso sin riesgo al fondo del foso.

Dentro del pozo no se deben albergar tubos, conducciones eléctricas, ni cualquier elemento extraño al servicio del ascensor.

El pozo debe estar preparado para obtener una iluminación artificial, mínima de 20 lux.

1.2. Del cuarto de máquinas

Deben situarse en ambientes especiales, de preferencia encima del pozo y con acceso sólo a personal autorizado.

Deberán contar con adecuada ventilación, puerta de acceso y puerta trampa de servicio en el piso.

La temperatura del cuarto de máquinas debe ser mantenida entre 5 ºC y 40 ºC

La construcción debe ser capaz de soportar los esfuerzos de los equipos. Los techos deberán ser impermeables.

El equipo debe tener una cimentación que evite la transmisión de vibraciones.

Las dimensiones serán dadas por los fabricantes del equipo. La altura mínima debe ser 2,00 m.

No se debe instalar tanques de gas licuado de petróleo sobre el techo de los cuartos de máquina.

1.3. De las puertas de acceso

Las puertas de acceso al pozo, no deben poder abrirse cuando el ascensor esté funcionado, salvo cuando llegue al piso.

El ascensor no debe poder funcionar cuando esté abierta una puerta, salvo en caso de mantenimiento.

Las dimensiones mínimas de las puertas de piso son 0,80 m de ancho x 2,00 m de alto.

Las puertas de los ascensores de pasajeros deberán ser del tipo automático.

Las puertas batientes solo podrán ser usadas en montacargas al igual que las puertas de reja.

1.4. De las cabinas

Dispondrá de dispositivos tal, que en caso de que la puerta se esté cerrando y encuentre algún obstáculo, haga que inmediatamente se abra.

En el interior llevarán interruptor de alarma que al ser accionado anuncie en forma acústica, condiciones anormales en el ascensor. Estas señales se producirán en lugares transitados del edificio.

En el techo de las cabinas llevarán una puerta de socorro.

La cabina debe estar suficientemente ventilada.

Es obligatorio el uso de puertas automáticas en cabinas para los ascensores de pasajeros.

1.5. De los cables

Las cabinas y los contrapesos se soportarán por medio de cables de acero cuya resistencia mínima en toneladas por sección, sea 18 t/cm^2. No se usará cables empalmados.

1.6. De la detención de la cabina

Las cabinas estarán provistas de mecanismos capaces de detener su caída, actuando sobre sus guías.

Estos dispositivos actuarán por limitador de velocidad, de procedimiento amortiguado, de tal manera que evite a los pasajeros sacudidas peligrosas.

En caso que actúen los dispositivos de detención, un mecanismo hará que corte la corriente al motor y del freno.

1.7. De los contrapesos

Las pesas de estos deberán estar adecuadamente arriostradas para prevenir su desprendimiento en caso de sismos.

1.8. De los limitadores de velocidad

El limitador de velocidad deberá actuar cuando se alcance los valores máximos que figuren en el cuadro siguiente:

VELOCIDAD NOMINAL (m/s)	INCREMENTO DE LA VELOCIDAD NOMINAL (*) %
V < 0.50	50
0.50 < V < 1.00	40
1.00 < V < 5.00	15 + 0.25 m/s.
V > 5.00	20

(*) valores según Norma MERCOSUR NM207

1.9. De las guías

Las guías de la cabina y del contrapeso serán de perfiles metálicos y rígidos.

1.10. De los amortiguadores

Los ascensores deberán llevar en la extremidad inferior (foso), del recorrido de la cabina:

- Uno o varios amortiguadores elásticos o de resorte, para velocidades menores a 1,60 m/s.
- Uno o varios amortiguadores de resorte para velocidades menores a 1,50 m/s.
- Uno o varios amortiguadores hidráulicos, se pueden aplicar para cualquier velocidad y son de uso obligatorio para velocidades mayores de 1,6 m/s

1.11. De los desplazamientos (carrera) de los amortiguadores

El desplazamiento o carrera de los amortiguadores, medida en metros ha de ser como mínimo igual a:

- Amortiguadores elásticos / resorte:
  Carrera = 0,135 V^2 ó 65 mm como mínimo.
  V = Velocidad en m/s .

- Amortiguadores hidráulicos:
  Carrera = 0,0674 V^2 ó 420 mm como mínimo.
  V = Velocidad en m/s .

1.12. El accionamiento de emergencia

En Hospitales y clínicas, los ascensores contarán con un dispositivo de marcha que permita, en caso de fallas del sistema eléctrico, llevar la cabina con su carga a una de las paradas más próximas.

En el mecanismo motriz ha de estar señalado claramente el sentido del giro para el ascenso o descenso.

Se prohíbe el uso de manivelas o volantes para el accionamiento manual.

En el caso de uso de corriente de emergencia (corte de suministro de nergía) el sistema debe ser conectado en forma manual y en ningún caso en forma automática

1.13. De las instalaciones eléctricas

Deberán cumplir con los requerimientos del Código Nacional de Electricidad.

Tendrán protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

En la casa de máquinas, en un lugar fácilmente accesible y de buena visibilidad, se colocará un dispositivo que permita la apertura o cierre de la corriente del círculo del motor simultáneamente en todas sus fases. Tendrá independencia del alumbrado y de la alarma.

Los interruptores de fuerza ubicadas dentro del cuarto de máquinas deben ser termo magnéticas y contenidas dentro de un gabinete con cerradura segura

Se deberá prever un pozo de puesta a tierra independiente para el ascensor con una resistencia máxima de 10 ohmios.

1.14. Capacidades

La capacidad de carga de la cabina, debe considerar el valor de 75 kg / persona.

Con relación a las dimensiones de la cabina se aplicará el siguiente cuadro:

NUMERO DE PASAJEROS	AREA DE LA CABINA (m2)	
	Máximo	Mínimo
6	1,30	1,15
7	1,40	1,30
8	1,56	1.40
9	1,75	1,56
10	1,82	1,75

Para estimar mayor número de pasajeros se coordinará con el proveedor del equipo.

1.15. De los rótulos

Las placas o carteles con indicaciones serán confeccionados con materiales de larga duración. Se ubicarán en lugares visibles. Sus caracteres deber ser legibles con facilidad de lectura.

En la cabina se indicará la carga útil y el número de pasajeros.

Las puertas de inspección de los pozos, vano de izaje de azotea y sala de máquinas tendrán carteles de «PELIGRO. Acceso solo a personal autorizado».

1.16. De la altura del sobre recorrido

Medidas mínimas según los siguientes cuadro:

Para capacidad de cabina hasta 8 personas:

VELOCIDAD(m/s)	ALTURA(m)
1	4,00
1,5	4,60
2	5,00

Para capacidad de cabina desde 9 hasta 15 personas:

VELOCIDAD(m/s)	ALTURA(m)
1	4,40
1,5	4,60
2	5,00
2,5	5,20

1.16. De la profundidad del foso (PIT)

Para capacidad de cabina hasta 8 personas:

VELOCIDAD(m/s)	PROFUNDIDAD(m)
1	1,30
1,5	1,70
2	1,80

Para capacidad de cabina desde 9 hasta 15 personas:

VELOCIDAD(m/s)	PROFUNDIDAD(m)
1	1,65
1,5	1,80
2	1,85
2,5	1,95

2. Consideraciones particulares

Los edificios dedicados a la atención de la salud (hospitales, clínicas, etc.) de más de 100 camas deberán llevar un montacamillas; y aquellos de hasta 200 camas llevarán un ascensor y un montacamillas.

Los montacamillas deben llevar en la cabina uno o dos artefactos de alumbrado de emergencia, igualmente un medio hablado de comunicación con el exterior.

Se deberá considerar un sistema de emergencia que garantice nivelación y apertura de puertas en caso de corte de energía eléctrica.

Artículo 5º.- MONTACARGAS

Son los equipos elevadores de tipo de carga de objetos tales como, equipajes, muebles y materiales. También se trasladan los trabajadores o personal de servicio.

Se aplica lo normado en el Artículo 4º con menores exigencias de comodidad, que las requeridas para los ascensores. Su uso es principalmente para transporte de carga y de personal de servicio.

Deberán llevar en el interior de la cabina un cartel escrito con letras claramente visibles y legibles donde se indique la capacidad de carga máxima. Se deberá indicar:

«SOLO PARA CARGA Y PERSONAL DE SERVICIO»

Artículo 6º.- MONTAVEHICULOS

Equipo destinado para el transporte de vehículos, que incluyen conductor y pasajeros si es el caso.

La capacidad mínima de carga será de 2500 kg, y la velocidad mínima será de 0.20 m/seg.

El ancho mínimo de puerta será de 2000 mm.

La altura mínima de puerta será de 2000 mm.

Artículo 7º.- MONTACAMILLAS Y MONTACAMAS

Equipo destinado para el transporte de camillas y camas en centros de salud, así como de personal médico, visitas y público en general.

La capacidad mínima de carga será de 1000 kg.

El ancho mínimo de puerta será de 1100 mm., por lo que el ducto deberá ser dimensionado adecuadamente.

Artículo 8º.- MINICARGAS (MONTAPLATOS, MONTAPAPELES, MONTALIBROS)

Equipo destinado para el transporte de bandejas de comida y otros en restaurantes, y de documentación u otros en oficinas.

La capacidad de carga varía de 24 kg a 300 kg.

Artículo 9º.- ESCALERAS MECÁNICAS Y RAMPA O PASILLOS MÓVILES

Estas instalaciones mecánicas deben ser instaladas ajustándose a lo establecido en la Norma MERCOSUR NM195 ó a normas equivalentes de otros países reconocidas internacionalmente.

Artículo 10º.- SERVICIO DE MANTENIMIENTO

Las instalaciones de transporte mecánico citadas en la presente Norma, deberán contar con servicio de mantenimiento, realizado por empresas cuya actividad declarada consista en la instalación y mantenimiento de ascensores, montacargas, escaleras mecánicas, rampas móviles, etc, que cuente con repuestos genuinos o equivalentes, certificados.

Por seguridad de los usuarios de las edificaciones, las instalaciones de transporte mecánico citadas en la presente Norma, deberán demostrar ante las autoridades locales el mantenimiento periódico anual efectuado mediante un certificado de inspección.

Artículo 11º.- REFERENCIAS NORMATIVAS

En la presente Norma se hace referencia a las siguientes Normas Tecnicas:

NM 207:99	Ascensores eléctricos para para pasajeros
NM 195:99	Escaleras Mecánicas y Andenes Móviles Seguridad para la construcción e Instalación
NBR 5665	Cálculo do Trafego nos elevadores

NORMA EM.080

INSTALACIONES CON ENERGÍA SOLAR

CAPITULO I
GENERALIDADES

Artículo1º.- GENERALIDADES

En el aprovechamiento de la energía solar está contemplada la adopción de las nuevas tecnologías para optimizar su uso a través de la transformación a otras formas de energía, tales como la del suministro eléctrico, calentamiento del agua como una forma de economizar energía y contribuir a disminuir la contaminación ambiental.

CAPITULO II
INSTALACIONES CON ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Artículo 2º.- GENERALIDADES

Las instalaciones de termas solares (colector solar + tanque de almacenamiento), pueden ser usadas para el suministro de agua caliente en diversos tipos de edificaciones, tales como: conjuntos de edificaciones multifamiliares, viviendas unifamiliares, hoteles o similares, edificaciones comerciales e industriales; debiendo cumplir con las normas técnicas sobre eficiencia de colectores solares, instalaciones para agua caliente domiciliaria e industrial, normas sobre uso de materiales apropiados para el almacenamiento de agua caliente, y aspectos de estética arquitectónica y cuidado ambiental.

Artículo 3º.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas de los componentes, ensayos de laboratorio y controles de calidad in situ de los sistemas de conversión solar térmica o también llamados colectores solares, utilizados para el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua, deben cumplir con la Norma Técnica Peruana NTP 399.400:2001, titulada: «Colectores Solares, método de ensayo para determinar la eficiencia de los colectores solares»; así como con todo tipo de norma relacionada con instalaciones de agua caliente para uso doméstico, comercial o industrial

Los sistemas de conversión solar térmica son requeridos para el calentamiento de agua y calefacción ambiental, a fin de suplir con esta necesidad en zonas rurales y urbanas, a postas médicas, centros comunales, viviendas, hoteles, edificios multifamiliares y centros recreativos o de producción industrial donde se requiera este desarrollo.

Los colectores solares de placa plana son empleados generalmente para atender demandas de energía en forma de calor, en un rango de temperaturas (50 °C a 95 °C) variable de acuerdo a las necesidades de uso de agua caliente, siendo posible también proveer agua precalentada expresada en términos de potencia como Wth,* a fin de lograr un mayor rango de temperaturas (mayores a los 100 °C), que en combinación con otro tipo de energía tradicional sirva para un uso industrial.

1)* Wth (Watt térmico): Potencia máxima que entrega un colector solar térmico a una irradiancia de 1000 W/m^2 , 25 °C de temperatura ambiente, y temperatura media del fluido de 50 ºC (t_m)

Componentes de los sistemas de conversión solar térmica.

Los sistemas de conversión solar térmica, comprenden por lo general un desarrollo común con los siguientes componentes:

- Un banco de colectores compuesta por un colector o más colectores unidos en serie o en paralelo, con el fin de lograr un nivel de energía térmica de una masa definida de agua. Como regla general, un metro cuadrado de área de colector permite a 70 litros de agua, elevar la temperatura desde 25 ºC hasta 50 ºC (en condiciones estándar).
- Una estructura de soporte mecánica para el banco de colectores.
- Un tanque térmico de almacenamiento del agua, dimensionado en función de las condiciones del número de horas solar estándar (hss), y del requerimiento de uso de agua caliente. Este tanque está interconectado con el banco de colectores, y ubicado en el mismo lugar de éstos, funcionando bajo convección natural o bien ubicado en otro lugar y funcionando bajo la modalidad de convección forzada.
- Una estructura para el tanque de almacenamiento.
- Válvulas reguladoras de la presión y de la temperatura deberán ser parte del sistema de seguridad del sistema, y estar ubicadas en el tanque, en la salida del agua caliente para el consumo.
- Una válvula de seguridad anti-retorno para prevenir la descarga del agua del sistema.
- El tendido y diámetro de tuberías deberá estar dimensionado en función a la distribución de los flujos de agua requeridos por el usuario.

Requisitos de los componentes de los sistemas de conversión solar térmica.

Están clasificados de acuerdo a su ámbito de aplicación: sistemas, para los componentes de los Sistemas de conversión solar térmica e instalación y a su nivel de exigencia que han sido clasificados los requisitos en tres categorías: Obligatorios, Recomendados y Sugeridos. Están indicados los siguientes:

- Requisitos del Sistema.
- Requisitos del sistema de colectores solares.
- Requisitos de la estructura soporte.
- Requisitos de la instalación del banco de colectores.
- Requisitos del tanque acumulador.
- Requisitos de los sistemas de control y seguridad.
- Requisitos de la instalación de las tuberías.
- Requisitos del lugar de la instalación, estructura civil, estética arquitectónica, disponibilidad energética.

En cada uno de ellos están considerados requisitos Obligatorios, Recomendados y Sugeridos.

Ensayos del Sistema de conversión solar térmica.

En el capítulo referido a la Norma Técnica Peruana NTP 399.400:2001 se establecen los procedimientos de prueba bien diferenciados para verificar las especificaciones técnicas para determinar la eficiencia de los colectores solares. Las pruebas consideradas son:

- Prueba de ensayo para determinar el comportamiento térmico en el estado estacionario y cuasi estacionario, tiempo y características de la respuesta angular de colectores solares.
- Evaluación de los colectores bajo radiación solar natural y bajo radiación solar simulada.
- Evaluación de la Eficiencia del Sistema.

En la norma mencionada, están detallados y contemplados los formularios de registro y de resultado de los ensayos descritos

Estos ensayos permiten analizar el funcionamiento de los equipos y como consecuencia estudiar las posibles modificaciones o mejoras al Sistema

CAPITULO III
INSTALACIONES CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Artículo 4º.- GENERALIDADES

Las instalaciones para conversión de la energía solar mediante sistemas fotovoltaicos solares, que son usados para el suministro de energía para unidades de vivienda, edificios inteligentes u otros, deben cumplir con el Código Nacional de Electricidad y las Normas Técnicas Peruanas complementarias.

Artículo 5º.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas de los componentes, ensayos de laboratorio y controles de calidad *in-situ* de los Sistemas Fotovoltaicos Domésticos o también llamados Sistemas Fotovoltaicos Autónomos, utilizados para aprovechamiento de la energía solar en generación de electricidad, deben cumplir con lo establecido en el Reglamento Técnico aprobado por Resolución Directoral Nº 030-2005-EM/DGE de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, titulado «Especificaciones técnicas y ensayos de los componentes de sistemas fotovoltaicos domésticos hasta 500 Wp» .

Aplicaciones

Los Sistemas Fotovoltaicos Domésticos son requeridos para la electrificación de viviendas en zonas rurales, postas médicas, centros comunales, escuelas, edificios inteligentes u otros.

Los Sistemas Fotovoltaicos Domésticos son empleados generalmente para atender demandas de energía en corriente continua, siendo posible también para proveer energía en corriente alterna utilizando convertidores CC/CA llamados también onduladores o inversores en sistemas de potencias mayores a 200 Wp 1)

1) Wp (Watt pico) : Es la potencia máxima que entrega un panel fotovoltaico a 1 000 W/m^2 de irradiancia y 25 ºC de temperatura en las células solares

Componentes de los sistemas fotovoltaicos domésticos

Los Sistemas Fotovoltaicos Domésticos responden a un esquema común que comprende los siguientes componentes

- Un generador fotovoltaico compuesto por uno o más módulos fotovoltaicos, los cuales están interconectados para conformar una unidad generadora de corriente continua CC
- Una estructura de soporte mecánica para el generador fotovoltaico
- Una batería de plomo-ácido compuesta de varias celdas, cada uno de 2 V de tensión nominal
- Un regulador de carga para prevenir excesivas descargas o sobrecargas de la batería
- Las cargas (lámparas, radio, etc.)
- El cableado (cables, interruptores y cajas de conexión)

Requisitos de los componentes de los sistemas fotovoltaicos domésticos

Los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico mencionado en la presente Norma están clasificados de acuerdo a su ámbito de aplicación: sistemas, para los componentes de los Sistemas Fotovoltaicos Domésticos, e instalación y a su nivel de exigencia que han sido clasificados los requisitos en tres categorías: Obligatorios, Recomendados y Sugeridos. Están indicados los siguientes:

- Requisitos del Sistema.
- Requisitos del generador fotovoltaico.
- Requisitos de la estructura soporte.
- Requisitos de la batería.
- Requisitos del regulador de carga.
- Requisitos de las luminarias.
- Requisitos del cableado.
- Requisitos de la Instalación.

En cada uno de ellos están considerados requisitos Obligatorios, Recomendados y Sugeridos.

Ensayos del Sistema Fotovoltaico Doméstico
En el capítulo referido a los Ensayos del Sistema Fotovoltaico Doméstico del Reglamento Técnico mencionado en la presente Norma se establecen los procedimientos de prueba bien diferenciados para verificar las especificaciones técnicas de cada uno de los componentes que integran la instalación fotovoltaica así como la evaluación del funcionamiento del Sistema. Las pruebas consideradas son:

- Prueba de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos.
- Evaluación de los Módulos Fotovoltaicos.
- Evaluación de la Batería Solar.
- Evaluación de los Reguladores de Carga.
- Evaluación de las Luminarias.
- Evaluación de la Eficiencia del Sistema.

En el Reglamento Técnico mencionado en la presente Norma, están detallados y contemplados los formularios de registro y de resultado de los ensayos descritos
Estos ensayos permiten analizar el funcionamiento de los equipos y como consecuencia estudiar las posibles modificaciones o mejoras al Sistema

NORMA EM. 090

INSTALACIONES CON ENERGÏA EÓLICA

Artículo 1º.- GENERALIDADES
En el aprovechamiento y desarrollo de los recursos energéticos renovables está contemplada la adopción de las nuevas tecnologías para lograr su transformación a otras formas de energía como es de la eólica a la de suministro de electricidad u otras formas de transformación de la energía.
Las instalaciones con energía eólica de pequeño tamaño, pueden ser usadas para la electrificación de unidades de vivienda en zonas rurales aisladas o difícilmente alcanzable por la red eléctrica convencional, como centros comunales, escuelas, postas médicas, infraestructuras turísticas en el campo, así como usuarios cercanos a zonas ventiladas u otros

Artículo 2º.- INSTALACIONES EÓLICAS DE PEQUEÑO TAMAÑO
No existe una clasificación convencional que defina las instalaciones micro-eólicas, pero son máquinas parecidas a los aerogeneradores o turbinas eólicas más grandes, de tecnología diferente a las máquinas de medio y gran tamaño, y que generalmente se utilizan para producir energía eléctrica para autoconsumo, es decir están destinadas a cubrir las necesidades energéticas de sus promotores; mientras que las de tamaño más grande, una parte de la energía producida o toda se destina a la venta.
La mayoría de los micro generadores eólicos es de tres paletas (pueden ser de uno o dos) de eje horizontal, también hay micro-eólicas de eje vertical.
La implantación de las instalaciones estarán condicionadas al cumplimiento de requisitos, determinaciones o limitaciones relativas a:

- La distancia máxima a la que deben localizarse las instalaciones respecto al lugar de consumo
- La posibilidad y condiciones para completar las instalaciones con otro tipo de fuente de energía
- La potencia permitida en función de las necesidades estimadas de consumo
- De instalarse cerca de los usuarios debe evaluarse el impacto acústico; para reducir el ruido hay que seleccionar bien el modelo del micro generador eólico y el lugar de montaje

El Proyecto de la Instalación del micro generador eólico deberá ser puesto en conocimiento a la Autoridad Competente y debe cumplir con el Código Nacional de Electricidad y normas técnicas complementarias.

NORMA EM. 100

INSTALACIONES DE ALTO RIESGO

Artículo 1º.- GENERALIDADES
En los proyectos de edificaciones según las necesidades de las actividades a realizar como manipular materiales inflamables, explosivos; llevar a cabo procesos que producen atmósferas de cuidado, instalar equipos de riesgo, son considerados locales de alto riesgo, siendo importante que sus instalaciones cumplan con requisitos de seguridad.
Los locales que a continuación se indican involucran alto riesgo para la salud y seguridad de las personas, a las edificaciones, equipos y al medio ambiente.

a) Locales para Bóvedas para Transformadores
b) Locales para Líquidos Inflamables
c) Locales para Explosivos
d) Locales para Fuentes de Radiación Ionizante
e) Locales para Procesos que Emiten Vapores Corrosivos
f) Locales para Pintura
g) Locales para Calderos

Artículo 2º.- REQUISITOS DE SEGURIDAD
Las instalaciones eléctricas en locales de alto riesgo, deben cumplir con el Código Nacional de Electricidad.

Artículo 3º.- BÓVEDAS PARA TRANSFORMADORES

1. Alcance
Están comprendidas en la presente norma las bóvedas para transformadores a construirse en edificios para viviendas, edificios comerciales, industriales, de recreación y otros. No incluye las subestaciones de distribución que conforman parte de las redes de distribución de energía, eléctrica, las que se regirán por las prescripciones del Código Nacional de Electricidad.

2. Ubicación
Las bóvedas para transformadores podrán ubicarse en los sótanos de los edificios, en las azoteas o en cualquier piso, siempre y cuando cumplan con las prescripciones del Código Nacional de Electricidad.
Los ambientes dentro de las edificaciones que se destinan a la instalación de bóvedas para transformadores, deben ubicarse en lugares de fácil ventilación al exterior, sin el uso de ductos o tubos de ventilación.
No deben instalarse en lugares con filtración o infiltración de aguas, cerca de depósitos de elementos combustibles, colindantes pared a pared con viviendas. Además deberá cumplirse con las siguientes prescripciones.

a) En edificaciones destinadas a viviendas, comercio y recreación se instalará de preferencia transformadores secos.
b) El nivel de ruido en la parte exterior de las bóvedas no será superior a 70 db .
c) El acceso a las bóvedas será independiente de las áreas de tránsito de los edificios.
d) Las bóvedas serán dimensionadas con suficiente espacio para realizar el mantenimiento de la misma.
e) No está permitida la instalación de transformadores que contienen dieléctricos a base de Bifenilos Poli Clorados (BPCs, por ejemplo: Askarel).
f) Deberán cumplir con las prescripciones pertinentes del Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo y el Reglamento de Establecimientos de Gas Licuado de Petróleo para Uso Automotriz – Gasocentros.

3. Construcción

a) Las bóvedas para transformadores se construirán de acuerdo con la siguiente tabla.

Espesor requerido de las paredes para bóvedas de transformadores

	Dimensiones en cm		
Grado de Filtración	Concreto Reforzado	Albañilería Sólida	Albañilería Hueca
Superior	15	20	30
Inferior	15	20	20

b) Los pisos para bóvedas de transformadores sobre el terreno serán de concreto reforzado, de no menos de 0,10 m de espesor. Los pisos con espacios abiertos en su inferior y cielos rasos, serán de concreto reforzado de no menos de 0,15 m de espesor. Las paredes de las bóvedas de albañilería hueca tendrán una superficie estucada no menor de 20 mm de espesor en el interior. Todas las aberturas en paredes, pisos o techos serán protegidos por puertas contra incendios, excepto las aberturas para ventilación al exterior de la construcción las cuales estarán provistas de persianas no combustibles, resistentes a la corrosión.

c) Las puertas de entrada estarán provistas de cierre hermético y seguro debiendo mantenerse normalmente cerradas, con acceso permitido sólo a personal autorizado.

d) Las bóvedas para transformadores no serán levantadas con sistemas de rociadores automáticos.

e) Las bóvedas para transformadores deberán construirse con materiales no combustibles. No está permitido el uso de asbesto.

f) El acceso a la bóveda se realizará por una puerta que permita ingresar y sacar el equipo sin desarmarlo (Transformadores – Celdas – Tablero).

g) Las áreas de acceso a la bóveda, hasta la vía pública deberán permitir el desplazamiento sin restricción del equipo.

h) Las bóvedas deberán contar con instalaciones de iluminación adecuadas.

i) La altura de la bóveda será tal que entre la parte más baja del techo y la más alta del equipamiento exista una altura libre de por lo menos un metro.

j) El piso de la bóveda deberá calcularse para la carga permanente del peso del equipamiento y diseñado para impedir el ingreso de agua.

4. Drenaje

En las bóvedas donde se utilice transformadores con aislamiento de aceite mineral, deberá construirse una poza para el transformador, en la que se acumule el aceite en caso de derrame; el volumen de la poza será igual al volumen de aceite del transformador.

No está permitido conectar esta poza al desagüe y deberá poder retirarse el contenido para su tratamiento o eliminación sin tener que retirar el transformador.

Una bóveda para transformador, localizada por debajo del nivel del agua o aquella que por otras razones esté sujeta a inundaciones o filtraciones, estará provista de un adecuado sistema de drenaje y/o evacuadores automáticos.

Las bóvedas de alto grado de filtración estarán provistas de drenaje por gravedad con terminación en un pozo de fondo permeable.

5. Ventilación

La ventilación de las bóvedas deberá realizarse para que el incremento de temperatura del equipo más sensible a ella (generalmente el transformador) no sobrepase el 80% del límite de la temperatura máxima de operación especificada por el fabricante de dicho equipo, a plena carga y en el día de máxima temperatura.

La ventilación podrá ser:

a) Natural
b) Forzada

Los ductos o aberturas para la ventilación deberán cumplir con lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad y las normas respectivas.

Las bóvedas para transformadores estarán diseñadas de modo que haya un espacio libre de no menos de 0,15 m entre un transformador de potencia y la pared y no menos de 0,30 m entre transformadores contiguos en la misma bóveda.

Las aberturas para ventilación en las bóvedas para transformadores serán proporcionales a las dimensiones de los transformadores contenidos, para facilitar la circulación del aire y evitar el desarrollo de excesivas temperaturas.

Las aberturas para ventilación estarán localizadas tan lejos como en la práctica sea posible de puertas, ventanas, servicios de escape y materiales combustibles. Tales aberturas estarán cubiertas de rejillas apropiadas, mamparas o persianas construidas de material no combustible y resistente a la corrosión.

6. Restricciones

En las edificaciones no está permitida la construcción de subestaciones con tensiones superiores a 30 kV nominales.

Ninguna tubería para instalaciones de agua o gas, o con otros fines ajenos a la instalación de la bóveda, pasará a través de la bóveda para transformador. Ningún servicio higiénico ni lavadero se instalará en la bóveda.

Cualquier conducto o tubería requeridos, conectados a bombas de sumidero o equipos similares necesarios serán aislados eléctricamente desde el exterior de la bóveda.

Las bóvedas no serán utilizadas para depósitos o para cualquier otro fin ajeno al de contener y proteger los transformadores y el equipo.

Artículo 4º.- LOCALES PARA LIQUIDOS INFLAMABLES

1. Alcance

Están comprendidos en la presente norma todos los locales donde se procesa, almacena o manipula líquidos inflamables, tales como combustibles líquidos, productos químicos, u otros, que puedan producir mezclas detonantes en la atmósfera bajo determinadas condiciones de temperatura, presión u otros agentes que actúen como detonantes de la mezcla.

El equipamiento electromecánico de estos locales deberá cumplir con lo estipulado en la presente norma.

2. Normas

Para los locales que almacenen combustibles líquidos y gaseosos se regirán por Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transportes de Gas Licuado de Petróleo y el Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos Derivados de los Hidrocarburos.

El equipamiento eléctrico queda normado por las disposiciones del Código Nacional de Electricidad, y por el «Reglamento de Establecimientos de Gas Licuado de Petróleo para Uso Automotriz – Gasocentros».

3. Clasificación

Los locales para líquidos inflamables para efectos del equipamiento eléctrico esta clasificado como equivalente a la Clase I División 2 según lo descrito en el Código Nacional de Electricidad.

3.1. Líquidos inflamables

Es cualquier líquido que tenga un punto de inflamación por debajo de 60 °C y que tenga una presión de vapor absoluta que no exceda los 3 kilogramos por centímetro cuadrado a una temperatura de 37 ºC. Los líquidos inflamables se dividen en:

Clase I, incluye a todos aquellos líquidos con punto de inflamación Inferior a 37 °C, y se subdividen en :

Clase IA, que incluye a aquellos líquidos que tienen un punto de inflamación inferior a 23 °C y un punto de ebullición inferior a 37 °C .

Clase IB, que incluye a aquellos líquidos que tienen un punto de inflamación inferior a 23 °C y un punto de ebullición igual o mayor de 37 °C .

Clase IC, que incluye a aquellos líquidos que tienen un punto de inflamación igual o mayor de 23 °C y un punto de ebullición menor de 37 °C .

Clase II, que incluye a aquellos líquidos con un punto de inflamación igual o mayor de 37 °C e inferior a 60 °C .

3.2. Líquidos Combustibles

Clase III, incluye a aquellos líquidos con un punto de inflamación igual o mayor de 60 °C .

Clase IIIA, que incluye a aquellos líquidos que tienen un punto de inflamación igual o mayor a 60º e inferior a 93 °C .

Clase IIIB, incluye a aquellos líquidos con un punto d e inflamación igual o mayor de 93 °C .

4. Regulaciones

4.1. Las instalaciones eléctricas del equipamiento de locales donde se expenda gasolina y aceite deberá cumplir con lo dispuesto el Código Nacional de Electricidad. Para los otros locales de líquidos inflamables también deberán cumplir con el Código Nacional de Electricidad en lo referente a:

- Áreas Peligrosas
- Transvase de líquidos inflamables
- Carga y descarga de vehículos o camiones cisterna
- Tanque sobre el suelo
- Fosos
- Garajes de estacionamiento y reparación para vehículos cisterna
- Lugares adyacentes
- Instalaciones subterráneas
- Sellado
- Puesta a tierra.

4.2. Con excepción de los contenedores sellados, ningún líquido Clase I o II será almacenado a menos de 3 m de cualquier escalera o ruta de salida a menos que se encuentre separado de ésta por una pared resistente al fuego.

4.3. Los contenedores de líquidos de las Clases I y II, y los contenedores de líquidos de la Clase III de más de 20 L, de capacidad, no serán llenados ni usados para llenar otros contenedores y aparatos, a menos que esto se haga fuera de la construcción.

4.4. Todos los contenedores de líquidos Clases I y II serán rotulados y claramente marcados o pintados según lo indicado.

4.5. En los ambientes de las construcciones que contengan líquidos inflamables o en los cuales haya presencia de los vapores de los líquidos inflamables por cualquier proceso de fabricación, no se permitirá la presencia de llama abierta, chispas y estará prohibido fumar. En dichos ambientes se colocarán adecuadamente señales de seguridad que digan: **«PROHIBIDO FUMAR»,** la que se ajustará a la Norma Técnica Peruana 399.010-1 referida a señales de seguridad.

4.6. Las bombas para suministrar gasolina a los tanques de los equipos de operación no estarán ubicadas dentro de las construcciones o depósitos que estén rodeados por paredes en más de un 50% y dichas bombas no se ubicarán a menos de 5 m de los límites de propiedad y a no menos de 3 m del ingreso a cualquier construcción.

4.7. Los tanques subterráneos estarán protegidos contra el daño que puedan causarles cargas laterales o de niveles superiores, estarán ubicados sobre cimientos firmes y compactos, y donde sea necesario prevenir de inundaciones, estarán firmemente asegurados.

4.8. Los tanques subterráneos instalados en terrenos inusualmente corrosivos, según lo previsto anteriormente estarán protegidos contra la corrosión según la evaluación que deberá considerar lo siguiente:

- Baja resistencia del terreno a la corriente.
- Terreno muy ácido o alcalino.
- Presencia de excesivas bacteria anaerobias.
- Alta presencia de agua.
- Alto contenido orgánico del terreno y áreas adyacentes.
- Ubicación cercana a orillas de ríos, lagunas, etc.

Artículo 5º.- LOCALES PARA EXPLOSIVOS

1. Alcance

Están comprendidos en la presente norma todos los locales donde se produce, procese y manipule materiales explosivos. No están comprendidos los locales militares.

El equipamiento electromecánico de los locales para explosivos deberá cumplir con lo dispuesto en la presente norma. El equipamiento eléctrico tanto de las instalaciones como de los equipos a instalarse deberá cumplir con las disposiciones del Código Nacional de Electricidad.

2. Clasificación

Los locales para explosivos serán considerados de Clase I, división 1, según el Código Nacional de Electricidad.

3. Regulaciones

Para las instalaciones eléctricas de los locales para explosivos, se exigirá, además de lo dispuesto en el Código Nacional de Electricidad, que:

- Todo el material y equipo a instalarse será a prueba de explosión.
- Los conductores deberán calcularse para el 60 % de la corriente nominal a 30 °C.
- La puesta a tierra deberá tener una resistencia inferior a 5 ohm.
- Los conductores de la puesta a tierra por seguridad tendrán (en el camino más largo). una resistencia total inferior a 0,025 ohm.

Artículo 6º.- INSTALACIONES PARA FUENTES DE RADIACION IONIZANTE

1. Alcance

Están comprendidas en la presente norma las edificaciones con áreas destinadas a instalar fuentes de radiación ionizante, sean para uso médico, industrial u otro, así como los locales donde se almacenan radioisótopos.

No están comprendidos en la presente norma las instalaciones nucleares, plantas de producción de radioisótopos y plantas de gestión de residuos radiactivos, las cuales se regirán por las disposiciones aplicables del Reglamento de Seguridad Radiológica, Reglamento de Autorizaciones, Fiscalización, Control, Infracciones y Sanciones de la Ley 28028, así como en las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

2. Definiciones y símbolos

Para objeto de la presente norma se aplican las siguientes definiciones:

2.1. Área controlada: Toda zona en la que son o pudieran ser necesarias medidas de protección y disposiciones de seguridad específicas para controlar las exposiciones normales, y para prevenir las exposiciones potenciales o limitar su magnitud.

2.2. Área no controlada: Toda zona que no está definida como área controlada pero en la que se mantienen en examen las condiciones de exposición ocupacional aunque normalmente no sean necesarias medidas protectoras ni disposiciones de seguridad concretas

2.3. Defensa en profundidad: Aplicación de más de una medida protectora para conseguir un objetivo de seguridad determinado, de modo que este se alcance aunque falle una de las medidas protectoras.

2.4. Especialista en seguridad radiológica: Profesional en Ciencias o Ingeniería, que ha realizado estudios avanzados en seguridad radiológica, posee experiencia en el diseño y evaluación de locales para fuentes de radiaciones ionizantes, y está reconocido por el IPEN.

2.5. Fuente de radiación ionizante: Entidad física que puede causar exposición a la radiación, sea emitiendo radiación ionizante o liberando sustancias o materiales radiactivos. Una entidad física que puede ser un equipo generador de radiaciones (equipos de rayos X, aceleradores lineales, etc.), una sustancia o material radiactivo (fuentes radiactivas abiertas o selladas).

2.6. Fuente radiactiva abierta: Material radiactivo en forma líquida, sólida o gaseosa que, bajo condiciones de uso normal, puede dispersarse.

2.7. Fuente radiactiva sellada: Material radiactivo que está a) permanentemente encerrado en una cápsula o b) estrechamente unido y en forma sólida. La cápsula o el material de la fuente selladas son lo suficientemente robustos para mantener la estanqueidad en las condiciones de uso y desgaste para las que la fuente se haya concebido, así como en el caso de contratiempos previsibles.

2.8. Haz primario o útil: Radiación que pasa a través de la ventana, abertura, cilindro u otro dispositivo de colimación del equipo.

2.9. Interseguro: Dispositivo de seguridad que está asociado con una función operacional de la fuente que, en caso de estar inactivo o de falla, impide la operación de la misma.

2.10. IPEN: Instituto Peruano de Energía Nuclear

2.11. OTAN: Oficina Técnica de la Autoridad Nacional del IPEN

2.12. RAFCIS: Reglamento de Autorizaciones, Fiscalización, Control, Infracciones y Sanciones de la Ley 28028.

3. Regulaciones

3.1. Disposiciones Generales

3.1.1. La construcción de locales dedicados a la utilización y almacenamiento de fuentes de Categoría A del RAFCIS será aprobada por la OTAN, conforme con la reglamentación aplicable, y para lo cual deberá presentarse información sobre descripción y características de la instalación, características de las fuentes de radiación propuestas a usarse, informe de la seguridad radiológica y física de la futura instalación o práctica, y la organización prevista. Esta autorización no exime de obtener otras autorizaciones que deban conceder otras autoridades en el ámbito de su competencia.

3.1.2. Las fuentes de radiaciones deben instalarse, usarse o almacenarse en locales cuyo diseño tome en cuenta la reglamentación nacional y otras normas específicas apropiadas, que aseguren la protección y restrinjan las exposiciones a radiaciones ionizantes, tomando en cuenta además que este deberá prevenir o responder a situaciones accidentales inesperadas.

3.1.3. Las instalaciones donde se utilicen o se almacenen fuentes de radiaciones clasificados en la Categoría A del RAFCIS, deben contar con sistemas de seguridad que cumplan criterios de defensa en profundidad, sean redundantes y diversos, sean independientes y de falla segura.

3.1.4. El diseño del blindaje de los recintos deberá ser examinado previamente a su presentación por un especialista en seguridad radiológica, quien avalará el diseño.

3.1.5. El recinto será inspeccionado durante su construcción para asegurar que se realice conforme a las especificaciones. Las deficiencias deberán ser corregidas antes de la fase de operación.

3.1.6. El equipamiento eléctrico tanto de las instalaciones como de los equipos a instalarse deberán cumplir con las disposiciones del Código nacional de Electricidad

3.2. Disposiciones generales para el diseño

3.2.1. El blindaje del recinto de la fuente de radiación debe estar diseñado tomando como base un nivel de 0,1 mGy de kerma en aire por semana en áreas controladas y 0,02 mGy de kerma en aire por semana en áreas no controladas, de manera que no se ocasione en el personal expuesto y público dosis mayores a las establecidas en el Reglamento de Seguridad Radiológica.

3.2.2. El recinto de la fuente debe estar ubicado en un área donde se aplique sin problemas el control de acceso y así como de la exposición ocupacional y pública.

3.2.3. El área del recinto que contiene la fuente debe ser suficiente como para desarrollar sin perturbación las actividades que se han propuesto para el uso de la fuente.

3.2.4. El blindaje del recinto debe ser diseñado para las máximas condiciones de carga de trabajo y considerando adecuadamente los factores de ocupación de las áreas adyacentes. En el caso de las fuentes de uso médico, la dirección del haz primario de radiación se orientará, en lo posible, hacia zonas poco ocupadas.

3.2.5. En el caso de equipos generadores de radiación con energías iguales o mayores a 10 MeV, el diseño deberá tomar en cuenta la producción de neutrones, la radiación por resplandor de cielo y la radiación producida por la activación de componentes.

3.2.6. Las puertas de acceso al recinto de la fuente debe poseer un blindaje apropiado de manera que se satisfaga los requerimientos indicados en 4.2.1. y además deben poseer las señales de advertencia reglamentarias conforme lo establecido en el Reglamento de Seguridad Radiológica.

3.2.7. Los blindajes de las puertas del recinto deben diseñarse tomando en cuenta que exista un adecuado traslape de los mismos, de manera que se evite la fuga de radiación por intersticios o agujeros.

3.2.8. El recinto de la fuente debe contar con una barrera de protección detrás de la cual se ubique la consola de control de la fuente y desde donde sea posible operar la fuente por el personal. En el caso de los equipos de rayos X de uso médico y dental, excepto en el caso de los Tomógrafos Computarizados, esta barrera podrá ser construida dentro del mismo recinto, a una distancia apropiada y ocupando un área razonable. En todos lo otros casos, la consola estará ubicada fuera del recinto de la fuente.

3.2.9. La consola del equipo debe estar ubicada en una posición tal que el operador tenga una visión adecuada del acceso al recinto en todo momento.

3.2.10. El recinto para una fuente de radiaciones de uso médico debe poseer un sistema de visión y comunicación con el paciente.

3.2.11. Los conductos que atraviesen los muros del recinto de la fuente debe diseñarse de modo que no se reduzca la capacidad de blindaje del recinto.

3.2.12. El blindaje para recintos de equipos de rayos X médicos no tendrá una altura menor a 2,1 m desde el piso, debiendo tomar en consideración además el blindaje del techo.

3.2.13. El área de almacenamiento de las películas radiográficas sin uso será ubicada alejada del recinto de radiaciones, y debidamente protegida para evitar el velado u otro deterioro de las películas.

3.2.14. El local donde se utilicen fuentes radiactivas abiertas en medicina nuclear debe disponer de un ambiente con blindajes y ventilación donde se almacene y prepare las dosis, un ambiente para la administración de los radioisótopos, un ambiente de espera y un ambiente de medición, todos los cuales deben tener superficies impermeables y de fácil descontaminación radiactiva.

3.2.15. El local donde se utilicen fuentes radiactivas selladas en radioterapia debe contar con un recinto blindado, un área para manipular y preparar las fuentes radiactivas detrás de un escudo blindado con un sistema de visión donde las dosis no sean mayores al límite reglamentario, así como áreas apropiadas para el implante e internamiento de pacientes implantados.

3.2.16. Los locales deben disponer de una sala de internamiento exclusivo de pacientes a los que se haya sido incorporado radioisótopos como parte de su tratamiento. Esta sala debe poseer pisos y superficies impermeables, contar con baño exclusivo y estar señalizado adecuadamente.

3.3. Características de seguridad

3.3.1. Los recintos de fuentes clasificadas en la Categoría A en el RAFCIS, deben poseer puertas de acceso o accesos con interseguros que impidan la emisión de radiaciones, si no está cerrada o activa, o que interrumpa la emisión de la radiación o lleve la fuente a una posición segura cuando esta se abra o se inactive. En este caso deberán satisfacer lo siguiente:

a) Cada interseguro tendrá un circuito independiente y permitirá operar a otros interseguros independientemente

b) Todos los interseguros se diseñarán de modo que cualquier falla o defecto de uno de sus componentes impida la operación de la fuente

c) Cuando un interseguro se haya disparado, la irradiación se restablecerá solamente desde la consola de mando de la fuente

3.3.2. El recinto de una fuente de radiaciones clasificada en la Categoría A, debe contar con interruptores manuales que interrumpan la irradiación, y los cuales serán fácilmente identificables y estarán ubicados tanto dentro como afuera del recinto. Además se dispondrá de una llave de corte de suministro eléctrico asociado a la consola, en caso de falla de los interruptores. Cuando se actúen los interruptores, el reinicio de las operaciones solo será posible desde la consola.

3.3.3. En el caso de las fuentes de Categoría A, deberá existir además señales luminosas que indiquen claramente la condición de «fuente sin irradiar», «fuente en preparación» y «fuente irradiando», conforme sea aplicable. En el caso de los irradiadores industriales panorámicos, además es necesario contar con una alarma audible que advierta el comienzo de la irradiación, unos 60 segundos antes de su inicio.

3.3.4. Los recintos de fuentes en la Categoría A, deben contar con monitores fijos de radiación con señal en consola que permita vigilar cuando la fuente se encuentra irradiando o en posición de parada segura.

3.3.5. En el caso de locales de almacenamiento, el recinto de las fuentes debe ser de uso exclusivo y ubicarse lejos de otros recintos donde se almacene material combustible o inflamable.

3.3.6. Las superficies de las paredes y pisos de locales o recintos donde se usen o almacene fuentes radiacti-

vas abiertas, deben ser impermeables de modo que permitan una fácil descontaminación.

3.4. Ventilación

3.4.1. En el caso de los equipos generadores de radiación con energía igual o mayor a 10 MeV y de los irradiadores industriales de tipo panorámico, el recinto debe contar con un sistema de ventilación apropiado para la remoción de ozono.

3.4.2. Los locales donde se utilicen fuentes radiactivas abiertas estarán equipados con ventilación para mantener las concentraciones de radiactividad bajas de modo que no ocasionen dosis al personal expuesto mayores a las establecidas en el Reglamento de Seguridad Radiológica.

3.4.3. Los locales de medicina nuclear deben contar con una campana de gases adecuadamente diseñada dentro de la cual se manipulen las fuentes radiactivas abiertas. Estas campanas deberán contar con filtros de retención para casos de manipulación de ^{131}I u otro material radiactivo volátil.

3.5. Protección física de las fuentes

3.5.1. Los recintos para fuentes radiactivas incluidas en la Categoría A y B del RAFCIS, así como los locales de almacenamiento, deben incluir dispositivos de protección física de las fuentes para prevenir o reducir la posibilidad de remoción o uso no autorizado de las mismas.

3.6. Mantenimiento y pruebas

3.6.1. Los dispositivos y enclaves de seguridad deben ser probados periódicamente, a intervalos apropiados establecidos en un programa, para asegurar que responderán ante demanda.

3.7. Gestión de residuos radiactivos

3.7.1. En el caso de locales de medicina nuclear, las tuberías de desagüe de los lavaderos donde se efectúa la limpieza de material contaminado no debe tener trampas y el sistema de tuberías será diseñado de manera que se minimice la acumulación de material radiactivo así como las conexiones entre el laboratorio y el sistema sanitario.

3.7.2. Se debe disponer de un área de tamaño apropiado separada para almacenar los residuos radiactivos sólidos que se generen, recomendándose que la ruta de traslado tenga la distancia más corta posible.

3.7.3. Las fuentes radiactivas selladas que se declaren en desuso, deben ser almacenadas interinamente en el recinto de las fuentes, por un período máximo de 60 días luego del cual deberán ser enviadas a la Planta de Residuos del IPEN.

4. Reglamentación y normas aplicables

La reglamentación y normas aplicables para el diseño y construcción de locales donde se usen o almacenen fuentes de radiaciones son:

4.1.1. Reglamento de Seguridad Radiológica, aprobado por Decreto Supremo Nº 009-97-EM.

4.1.2. Reglamento de Autorizaciones, Fiscalización, Control, Infracciones y Sanciones de la Ley 28028, aprobado por Decreto Supremo Nº 041-2003-EM.

4.1.3. Series de Seguridad Editados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Artículo 7º.- LOCALES PARA PROCESOS QUE EMITEN VAPORES CORROSIVOS

1. Alcance

Están comprendidas en la presente norma las edificaciones con áreas donde se realicen procesos que emitan vapores corrosivos en concentraciones suficientes para originar corrosión en los elementos de las instalaciones electromecánicas.

2. Clasificación

Las instalaciones electromecánicas que se instalen en locales que emiten vapores corrosivos serán clasificadas como instalaciones normales, salvo por las restricciones que se listan a continuación.

3. Regulaciones

3.1. Para el diseño y construcción de instalaciones eléctricas de locales que emiten vapores corrosivos se aplicará lo dispuesto en el Código Nacional de Electricidad - Utilización.

3.2. Todas las instalaciones electro-mecánicas que se instalen en locales que emitan vapores corrosivos deberán cumplir con:

- Todos los equipos y materiales que se usen deberán ser a prueba de los gases o vapores corrosivos que se emitan en el proceso.
- Las cajas de cualquier tipo o uso deberán se resistentes al vapor que se emita en el proceso.
- Todos los circuitos que salgan o entren al ambiente, deberán estar sellados según lo estipulado en el Código Nacional de Electricidad.
- Si se utiliza barras metálicas conductoras, éstas deberán ser aisladas y el aislamiento deberá ser resistente a los vapores producidos en el proceso.
- Todos los terminales de los conductores de cobre deberán ser estañados antes de ser conectados a los dispositivos o equipos.
- No podrá dejarse conductores expuestos en el ambiente donde se produzcan vapores corrosivos.
- Es aconsejable que los equipos de iluminación y tomacorrientes sean a prueba de explosión.
- De preferencia los circuitos derivados deberán ser embutidos en el techo, paredes o pisos.

Artículo 8º.-LOCALES PARA PINTURA

1. Alcance

Están comprendidas en la presente norma las áreas de las edificaciones donde se realicen actividades de pintado en forma regular y frecuente, o donde se aplican lacas, componentes alquitranados u otros acabados inflamables por medio de pulverizaciones, baños de brocha o de otra forma, donde se use solventes o diluyentes volátiles inflamables, o que pueden haber presencia de residuos de dichos productos.

No están comprendidos en la presente norma los locales donde se almacena pintura en recipientes cerrados.

2. Clasificación

Los locales para pintura están considerados como Clase I, según la clasificación del Código Nacional de Electricidad.

3. Normas

Las instalaciones eléctricas para los locales para pintar deberán cumplir con lo especificado en el Código Nacional de Electricidad.

Artículo 9º.- LOCALES PARA CALDEROS

1. Alcance

Están comprendidos en la presente norma las áreas de las edificaciones donde se instala calderos de usos industriales, médicos y otros. No están incluidos los calderos que se instalan en estructuras móviles.

2. Clasificación

Las instalaciones eléctricas para los locales de calderos serán asimiladas a la Clase III, División 2, del Código Nacional de Electricidad.

3. Regulaciones

Los locales para calderos deberán cumplir con lo siguiente:

- Estar ubicados de modo que puedan disponer del aire necesario para la combustión y la ventilación, en forma directa sin tener que recurrir a ductos.
- El acceso a los locales deberá permitir el desplazamiento del equipo sin ninguna restricción.
- El piso del local estará de preferencia sobre el terreno; deberá construirse de concreto reforzado, con la resistencia estructural apropiada para el peso de los equipos a instalarse y con un acabado resistente, tanto a los compuestos ácidos o alcalinos, como a los combustibles o lubricantes que pudieran gotear o derramarse.
- La construcción del piso deberá permitir que cualquiera que sea el derrame que se produzca, pueda recogerse y eliminarse sin echarlo al desagüe.

- Las canaletas o buzones que fueran necesarios para tubería o cables deberán cubrirse con tapas metálicas antideslizantes.

- Deberá proveerse la instalación de equipos de tratamiento del agua y cisternas de almacenamiento de agua dura y de agua blanda.

- Deberá proveerse la instalación de equipos de tratamiento de los gases de combustión, para liberarlos de contaminantes antes de expulsarlos a la atmósfera.

- La diferencia mínima de cotas entre el punto más alto del caldero y la parte más baja del techo será de dos (2) metros.

- Las paredes de los locales serán de concreto reforzado con espesor mínimo de 17 cm.

- Todas las aberturas en las paredes que comuniquen con otros ambientes serán protegidas por puertas contra incendios; las aberturas para ventilación al exterior de la construcción estarán provistas de puertas, mamparas o persianas no combustibles y resistentes a la corrosión.

- Las chimeneas deberán cumplir con la Norma EM.060 del presente Reglamento.

- El almacenamiento de combustibles y líquidos inflamables en general se regirá por lo dispuesto en el Artículo 4ºde esta Norma referido a Locales para líquidos Inflamables.

- Las instalaciones eléctricas podrán ser :

a) Embutidas en paredes, pisos y techos; pudiendo utilizarse en este caso canalizaciones metálicas o no metálicas.

b) A la vista, en este caso se usará tubería metálica.

c) Los conductores tendrán aislamiento con resistencia a la temperatura de 90 °C, como mínimo.