



NEC

**Norma Ecuatoriana
de la Construcción**

CLIMATIZACIÓN
(CL)

código NEC-HS-CL

MINISTERIO DE
DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA

Arq. Guido Esteban Macchiavello Almeida

Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda

Ing. Andrea Verónica Estupiñán Trujillo

Subsecretaria de Hábitat y Espacio Público

Textos y edición

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)

Junio, 2020



■ Presentación

El Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), como ente rector en materia de hábitat y asentamientos humanos ha impulsado un cambio estructural en la política habitacional y constructiva en todo el país con la elaboración de documentos que fomenten el desarrollo ordenado de los asentamientos humanos y el acceso a la vivienda digna.

De acuerdo con el Decreto Ejecutivo No. 705 del 24 de marzo de 2011, el MIDUVI coordina el trabajo para la elaboración de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y preside el Comité Ejecutivo de la NEC, integrado por el Ministerio Coordinador de Seguridad (MICS), eliminado mediante Decreto Ejecutivo No. 7 del 24 de mayo de 2017, la Secretaria de Gestión de Riesgos (SGR), la Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), la Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), la Federación Ecuatoriana de Cámaras de la Construcción (FECC) y un representante de las Facultades de Ingeniería de las Universidades y Escuelas Politécnicas.

En cumplimiento de lo dispuesto, la Norma Ecuatoriana de la Construcción establece un conjunto de especificaciones mínimas, organizadas por capítulos dentro de tres ejes de acción: Seguridad Estructural (NEC-SE); Habitabilidad y Salud (NEC-HS) y Servicios Básicos (NEC-SB). Adicionalmente, la NEC incluye la figura de Documentos Reconocidos (NEC-DR) que contiene información complementaria a los capítulos publicados.

La NEC es de cumplimiento obligatorio a nivel nacional y debe ser considerada en todos los procesos constructivos, como lo indica la Disposición General Décimo Quinta del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) publicada el 21 de enero de 2014 en el suplemento del Registro Oficial N° 166, Art. 63.

Se constituye en una normativa que busca la calidad de vida de los ecuatorianos y aporta en la construcción de una cultura de seguridad y prevención. Por ello, define los principios básicos para el diseño sismo resistente de las estructuras, establece parámetros mínimos de seguridad y calidad en las edificaciones, optimiza los mecanismos de control y mantenimiento en los procesos constructivos, reduce el consumo y mejora la eficiencia energética de las edificaciones, aboga por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad y salud, y además, fija responsabilidades, obligaciones y derechos de todos los actores involucrados en la construcción.

Con la expedición de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), el MIDUVI y quienes integran el Comité Ejecutivo de la NEC presentan al país este documento como un aporte al buen vivir de todos los ecuatorianos.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda



■ Prólogo

En el marco del Eje de Habitabilidad y Salud (NEC-HS), se ha desarrollado el capítulo NEC-HS-CL: Climatización. Esta norma tiene por objeto, a partir de condiciones básicas de diseño de la edificación, establecer las exigencias de eficiencia energética, protección del medio ambiente y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en las edificaciones destinadas a atender la demanda de confort térmico y calidad del aire interior, durante su diseño y dimensionamiento, ejecución, mantenimiento y uso. Así también, determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento en beneficio de los usuarios; para lo cual el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, a través de la Subsecretaría de Hábitat y Espacio Público coordina y gestiona la elaboración de esta normativa.

Este documento ha sido desarrollado por una comisión técnica integrada por expertos y actores vinculados en la temática de Climatización, representantes de entidades públicas, privadas, gremios profesionales y academia, con quienes se revisó y elaboró el anteproyecto que dio inicio a este capítulo.

Los capítulos expedidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción se publican en la página web institucional del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda:

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

TABLA DE DATOS

NOMBRE DEL DOCUMENTO HABILITANTE	FECHA
Expedición mediante Acuerdo Ministerial No. 026-20	18 de junio de 2020
MIDUVI, Registro Oficial, Año I, No. 756	9 de julio de 2020

PERSONAS Y ENTIDADES PARTICIPANTES EN LA REVISIÓN DEL CAPÍTULO

INSTITUCIÓN	NOMBRE
Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables - MERNNR	Fernanda Valencia
Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca - MPCEIP	Ana Correa
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI	Karina Castillo
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI	Estuardo Jaramillo
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI	Erika Quezada
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI	Ramiro Mancheno
Asociación de Municipalidades del Ecuador - AME	Pedro Díaz
Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias - SNGRE	Andrés Aguilar
Servicio Ecuatoriano de Normalización - INEN	Eduardo Quintana
Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación - SENESCYT	Alejandro Bermeo
Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE	Andrés Gallardo
Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE	Andrés Campana
Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE	Esteban Urresta
Escuela Superior Politécnica del Litoral - ESPOL	Guillermo Soriano
Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha - CIMEPI	Santiago Durán
Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha - CICP	Víctor Espinoza
Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha - CICP	Eduardo Almeida
Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha - CICP	Fernando Albán
Asociación Técnica Ecuatoriana de Aire Acondicionado Y Refrigeración - ATEEAR	Walter Gamarra



CLIMATIZACIÓN

MINISTERIO DE
DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA



CÓDIGO

NEC – HS - CL

CONTENIDO

1.	Generalidades	12
1.1.	Antecedentes	12
1.2.	Preliminar	12
1.3.	Definiciones.....	12
1.4.	Simbología.....	15
1.4.1.	Unidades.....	15
1.4.2.	Abreviaciones	16
1.4.3.	Simbología de Fórmulas	16
1.5.	Marco normativo y referencias.....	16
1.5.1.	Normas y estándares Internacionales.....	16
1.5.2.	Normas Ecuatorianas	17
1.5.3.	Otras referencias citadas.....	17
2.	Campo de aplicación	17
3.	Criterios térmicos mínimos	18
4.	Seguridad en la implementación y uso	19
5.	Exigencia de confort.....	19
5.1.	Procedimiento de verificación	20
5.2.	Exigencia de calidad térmica del ambiente.....	20
5.2.1.	Temperatura operativa y humedad relativa	20
5.2.2.	Velocidad media del aire	20
5.3.	Exigencia de calidad del aire interior	21
5.3.1.	Categorías de calidad del aire interior en función del uso de las edificaciones	21
5.3.2.	Caudal mínimo del aire exterior de ventilación	21
5.3.3.	Nivel de filtración de aire	23
5.3.4.	Aire de extracción	24
5.3.5.	Campanas de extracción en cocinas	24
5.3.5.1.	Tipos de campanas de extracción	24
5.3.5.2.	Velocidad del aire en ductos y caudal en campanas.....	24
5.3.5.3.	Cálculo del caudal de extracción requerido en campanas.....	25
5.3.5.4.	Cálculo del caudal de inyección de aire fresco requerido en campanas compensadas	25
5.4.	Exigencia de higiene	26
5.4.1.	Humidificadores	26
5.4.2.	Registros de servicio para limpieza de ductos y plenums de aire.....	26
5.5.	Exigencia de calidad del ambiente acústico.....	26
6.	Exigencia de eficiencia energética	26
6.1.	Procedimiento de verificación	26
6.2.	Caracterización y cuantificación de la exigencia de eficiencia energética.....	27
6.2.1.	Generación de calor y producción de frío	27
6.2.1.1.	Generación de calor	28

6.2.1.2.	Producción de frío	28
6.2.1.2.1.	Requisitos mínimos de eficiencia energética de los productores de frío	28
6.2.1.2.2.	Escalonamiento de potencia en centrales de producción de frío.....	28
6.2.1.2.3.	Equipos de enfriamiento con condensación por aire	28
6.2.1.2.4.	Maquinaria frigorífica enfriada por agua o condensador evaporativo.....	29
6.2.2.	Redes de tuberías y ductos	29
6.2.2.1.	Aislamiento térmico de redes de tuberías	29
6.2.2.1.1.	Procedimiento simplificado	30
6.2.2.1.2.	Procedimiento alternativo	32
6.2.2.2.	Aislamiento térmico de redes de ductos	32
6.2.2.3.	Estanquidad de redes de ductos	33
6.2.2.4.	Caídas de presión en componentes del sistema.....	34
6.2.2.5.	Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos	34
6.2.2.6.	Eficiencia energética de los motores eléctricos	35
6.2.2.7.	Redes de tuberías.....	35
6.2.3.	Sistema de control de las instalaciones térmicas.....	35
6.2.3.1.	Control de las instalaciones de climatización.....	35
6.2.3.2.	Control de las condiciones termo-higrométricas.....	36
6.2.3.3.	Control de la calidad de aire interior en las instalaciones de climatización	37
6.2.4.	Contabilización de consumos.....	38
6.2.5.	Recuperación de Energía.....	39
6.2.5.1.	Enfriamiento gratuito por aire exterior.....	39
6.2.5.2.	Recuperación de calor del aire de extracción	39
6.2.5.3.	Estratificación.....	40
6.2.5.4.	Zonificación	40
6.2.6.	Aprovechamiento de energías renovables	40
6.2.6.1.	Climatización de espacios abiertos	40
6.2.7.	Limitación de la utilización de energía convencional.....	40
6.2.7.1.	Limitación de la utilización de energía convencional para la producción de calefacción.....	40
6.2.7.2.	Locales sin climatización	41
6.2.7.2.1.	Vivienda sin climatización	41
6.2.8.	Consumo energético de las instalaciones térmicas	41
7.	Exigencia de seguridad	42
7.1.	Procedimiento de verificación	42
7.2.	Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad en generación de calor y producción de frío	43
7.2.1.	Condiciones generales	43
7.2.2.	Sala de máquinas.....	43
7.2.2.1.	Características comunes de los locales destinados a sala de máquinas.....	44
7.2.2.2.	Salas de máquinas con generadores de calor a gas.....	45
7.2.2.3.	Sala de máquinas de alto riesgo.....	45
7.2.2.4.	Equipos autónomos de generación de calor.....	45

7.2.2.5.	Dimensiones de las salas de máquinas	46
7.2.2.6.	Ventilación de salas de máquinas	46
7.2.2.7.	Medidas específicas para edificación existente	48
7.2.2.7.1.	Dimensiones	48
7.2.2.7.2.	Patio de ventilación.....	49
7.2.2.7.3.	Salas de máquinas con calderas a gas en las que no se logre la superficie resistente	49
7.2.2.7.4.	Emplazamiento.....	49
7.2.2.7.5.	Ventilación superior	49
7.2.3.	Chimeneas	49
7.2.3.1.	Evacuación de los productos de la combustión	49
7.2.3.2.	Diseño y dimensionamiento de chimeneas	49
7.2.3.3.	Evacuación por conducto con salida directa al exterior o a patio de ventilación.....	50
7.3.	Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad en redes de tuberías y ductos de calor y frío.....	52
7.3.1.	Generalidades	52
7.3.2.	Alimentación	52
7.3.3.	Vaciado y purga	53
7.3.4.	Tanque de expansión	54
7.3.5.	Circuitos cerrados.....	54
7.3.6.	Dilatación.....	54
7.3.7.	Golpe de ariete.....	54
7.3.8.	Filtración.....	55
7.3.9.	Tuberías de circuitos frigoríficos	55
7.3.10.	Ductos de aire	55
7.3.10.1.	Generalidades	55
7.3.10.2.	Plenums	55
7.3.10.3.	Conexión de unidades terminales.....	56
7.3.10.4.	Pasillos.....	56
7.3.11.	Tratamiento del agua	56
7.3.12.	Unidades terminales	56
7.4.	Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad en protección contra incendios	56
7.5.	Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad en la utilización	56
7.5.1.	Seguridad de utilización de superficies calientes.....	56
7.5.2.	Partes móviles	57
7.5.3.	Accesibilidad.....	57
7.5.4.	Señalización.....	57
7.5.5.	Medición.....	57
8.	Pruebas de montaje	58
8.1.	Prueba de equipos	58
8.2.	Pruebas de estanquidad de redes de tuberías de agua	59
8.2.1.	Preparación y limpieza de redes de tuberías	59
8.2.2.	Prueba preliminar de estanquidad.....	59

8.2.3.	Prueba de resistencia mecánica	59
8.2.4.	Reparación de fugas	60
8.3.	Pruebas de estanquidad de los circuitos frigoríficos	60
8.4.	Pruebas de libre dilatación.....	60
8.5.	Pruebas de recepción de redes de ductos de aire	60
8.5.1.	Preparación y limpieza de redes de ductos	60
8.5.2.	Pruebas de resistencia estructural y estanquidad	61
8.6.	Pruebas de estanquidad de chimeneas	61
8.7.	Pruebas finales	61
9.	Ajuste y equilibrado	61
9.1.	Sistemas de distribución y difusión de aire.....	62
9.2.	Sistemas de distribución de agua.....	62
9.3.	Sistema de control automático	63
10.	Eficiencia energética de la instalación	63
11.	Generalidades del mantenimiento y uso de las instalaciones térmicas	64
12.	Mantenimiento y uso de las instalaciones térmicas	64
13.	Programa de mantenimiento preventivo.....	64
14.	Apéndices / Anexos.....	65
14.1.	Apéndice 1. Conocimientos de instalaciones térmicas en edificaciones.....	66
14.1.1.	Conocimientos específicos de instalaciones térmicas en edificaciones (Para responsables de obra).....	66
14.1.2.	Contenidos de los cursos de formación complementarios para la convalidación de los carnés profesionales establecidos en el reglamento de las instalaciones térmicas en las edificaciones (NEC-HS-CL)	66
14.2.	Apéndice 2. Documentación justificativa.....	66
14.3.	Apéndice 3. Grupo técnico.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Condiciones interiores de diseño	20
Tabla 2.	Velocidad del aire en ductos de aire acondicionado.....	21
Tabla 3.	Caudales mínimos de aire exterior, en dm^3/s (CFM) por persona (per)	22
Tabla 4.	Concentración de CO_2 en los locales	22
Tabla 5.	Concentraciones de aire exterior referenciales	23
Tabla 6.	Clases de filtración.....	23
Tabla 7.	Caudal mínimo de extracción requerido en campanas de cocina.....	25
Tabla 8.	Equipos de cocción según el nivel de trabajo.....	25
Tabla 9.	Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificaciones.....	31
Tabla 10.	Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificaciones.....	31
Tabla 11.	Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificaciones.....	31

Tabla 12. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificaciones	32
Tabla 13. Espesores de aislamiento de ductos	33
Tabla 14. Clases de estanquidad	34
Tabla 15. Potencia específica de ventiladores	35
Tabla 16. Control de las condiciones termo-higrométricas.	37
Tabla 17. Control de la calidad del aire interior.	38
Tabla 18. Eficiencia de la recuperación.	40
Tabla 19. Consumo energético en función de kW/m ²	42
Tabla 20. Diámetro de la conexión de alimentación.	53
Tabla 21. Diámetro de la conexión de vaciado.	53
Tabla 22. Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad.	65

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Aplicable a superficies planas	30
Ecuación 2. Aplicable a superficies de sección circular	30
Ecuación 3. Estanquidad de redes de ductos	33

Generalidades

1.1. Antecedentes

Mediante convenio No. 003, suscrito el 13 de febrero de 2015 por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable – MEER, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda – MIDUVI y el Ministerio de Telecomunicaciones y la Sociedad de la Información – MINTEL, se solicita al MEER elaborar en coordinación con el MIDUVI el anteproyecto normativo de Calefacción y Climatización para ser incluido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Con lo expuesto y en cumplimiento de las obligaciones de cada una de las partes, con fecha 21 de diciembre de 2015, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable - MEER entrega al Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI, el anteproyecto normativo de Calefacción y Climatización con sus respectivos informes técnicos de seguimiento, que describen el detalle de los procesos realizados.

Por consenso del grupo de trabajo que elaboró el anteproyecto se cambia el nombre del capítulo “Calefacción y Climatización” a “Climatización” debido a que engloba todo lo relacionado a: calefacción, aire acondicionado, ventilación.

El presente capítulo NEC-HS-CL (Climatización) fue elaborado por un grupo de trabajo liderado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda e integrado por representantes técnicos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Cámara de la Industria de la Construcción, Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha y Guayas, Secretaria de Gestión de Riesgos, Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología, entre otras instituciones, que revisaron el documento base y realizaron distintos aportes al contenido del anteproyecto.

1.2. Preliminar

El documento base del anteproyecto normativo del capítulo de Climatización nace de la necesidad de conseguir un uso racional de energía definiendo la eficiencia mínima de los equipos de climatización y el consumo energético para garantizar el uso eficiente de los equipos y la aplicación de medidas de eficiencia energética en las edificaciones.

Esta norma tiene por objeto, a partir de condiciones básicas de diseño de la edificación establecer las exigencias de eficiencia energética, protección del medio ambiente y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en las edificaciones destinadas a atender la demanda de confort térmico y calidad del aire interior, durante su diseño y dimensionamiento, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.

1.3. Definiciones

Para los efectos de aplicación de esta norma, se adoptaron algunas definiciones técnicas. En caso de usar otros términos o conceptos de cálculo, deben ser aquellos reconocidos por organismos nacionales o internacionales de normalización.

AE 1. (Bajo nivel de contaminación): Aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes son generados por los materiales de construcción y decoración, además de las personas.

EJEMPLO: oficinas, aulas, salas de reuniones, locales comerciales sin emisiones específicas, espacios de uso público, escaleras y pasillos.

AE 2. (Moderado nivel de contaminación) Aire procedente de locales ocupados con más contaminantes que la categoría AE 1.

EJEMPLO: restaurantes, habitaciones de hoteles, vestuarios, bares, almacenes.

AE 3. (Alto nivel de contaminación) Aire de locales con presencia de vapores de productos químicos y presencia de humedad.

EJEMPLO: cuartos de aseo, saunas, cocinas, laboratorios químicos, imprentas.

AE 4. (Muy alto nivel de contaminación) Aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud, en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

EJEMPLO: extracción de campanas de humos, parqueaderos cerrados, locales para manejo de pinturas y solventes, locales donde se guarda lencería sucia, locales de almacenamiento de residuos de comida, laboratorios químicos.

Aire de retorno. Aire que recircula a la Unidad Manejadora de Aire (UMA).

Caldera. Conjunto formado por el cuerpo de la caldera y el quemador, destinado a transmitir al agua el calor liberado por la combustión.

Calefacción. Proceso por el que se controla solamente la temperatura del aire de los espacios con carga de calor negativa.

Carga Térmica Positiva. Energía calórica que se suma a un espacio. Implica la necesidad de enfriamiento para retirarla.

Carga Térmica Negativa. Energía calórica que se resta a un espacio. Implica la necesidad de calefacción para compensarla.

Climatización. Acción y efecto de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.

Clo. Unidad de resistencia térmica de la ropa; 1 clo = 0,155 m² °C/W (0,88 pie² h °F/BTU).

Clapeta. Obturador o disco de válvula de retención (válvula check).

Comisionamiento (Commissioning, Cx). Aseguramiento de la calidad de un proyecto desde su concepción hasta completar su implementación y funcionamiento.

COP. ("Coefficient of Performance"). Relación entre la capacidad calorífica y la potencia efectivamente absorbida por la unidad.

Director de mantenimiento. Profesional titulado con las competencias de acuerdo a la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), bajo cuya dirección debe realizarse el mantenimiento de las instalaciones térmicas de potencia nominal total instalada igual o mayor que 5.000 kW en calor y/o 1 000 kW (300 TR) en frío, así como las instalaciones de calefacción o enfriamiento solar de potencia mayor que 400 kW (115 TR).

Edificación. Nombre genérico con que se designa cualquier construcción destinada a servir de espacio para el desarrollo de una actividad humana.

EER. ("Energy Efficiency Ratio") Es la relación entre la capacidad frigorífica y la potencia efectivamente absorbida por la unidad.

Emitancia. Energía radiante desde una unidad de área y por unidad de tiempo. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m²).

Energía convencional. Aquella energía tradicional, normalmente comercializada.

Energía residual. Energía que se puede obtener como subproducto de un proceso principal.

Enfriamiento. Proceso que controla solamente la temperatura del aire de los espacios con carga positiva.

Fluido portador. Medio empleado para transportar energía térmica en las canalizaciones de una instalación de climatización.

Filtración. Proceso unitario de separación de sólidos en una suspensión por medio mecánico.

Generador: Equipo para la producción de calor o frío.

Instalaciones centralizadas. Aquellas en las que la producción de calor o frío es única para toda la edificación, realizándose su distribución desde la central generadora a los correspondientes ambientes por medio de fluidos térmicos.

Manual de Uso y Mantenimiento. Manual que contiene las instrucciones de seguridad, manejo y maniobra, así como los programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética de la instalación proyectada.

MERV. (Minimum Efficiency Reporting Value) o: Valor (V) Reportado (R) de Eficiencia (E) Mínima (M). A mayor MERV, mejor filtración.

Met. Unidad metabólica, cantidad de calor emitido por una persona en posición de sentado por metro cuadrado de piel; 1 met = 58,2 W/m².

Nivel de comunicaciones. Corresponde a todas las consolas e interfaces de comunicación del sistema de gestión, así como a los buses de comunicación, drivers, redes, etc.

Nivel de gestión. Corresponde a los puestos centrales, programas residentes y periféricos asociados a los puestos centrales, tales como impresoras, pantallas de vídeo, módems, routers y CPU.

Nivel de proceso. Corresponde a las consolas, tanto analógicas como digitales, que manejan los elementos del nivel de periferia.

Nivel de unidades de campo. Corresponde a los equipos de campo como: elementos primarios de medida, sondas, unidades de ambiente, termostatos, indicadores de estados y alarmas, así como elementos finales de control y mando, válvulas, actuadores, variadores de tensión/frecuencia y elementos finales de control.

Órgano Competente. Entidad designada por el gobierno nacional.

PMV. ("Predicted Mean Vote") Índice que predice el valor medio de votos de un grupo de personas de acuerdo a la escala de sensación térmica de siete valores.

(PPD) (Predicted Percentage of Dissatisfied) Índice que establece cuantitativamente el porcentaje de personas térmicamente insatisfechas, determinado por el método PMV.

Potencia térmica nominal. Potencia máxima que, según determine y garantice el fabricante, puede suministrar un equipo en funcionamiento continuo, ajustándose a los rendimientos declarados por el fabricante.

Proyectista. Profesional que redacta el proyecto de diseño con sujeción a la normativa correspondiente.

Proyecto de diseño. Proyecto que debe ser elaborado y firmado por un ingeniero mecánico, que conste en el registro de títulos de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (Senescyt). Se exige cuando la potencia térmica nominal a instalar en generación de calor o frío sea mayor que 70 kW (20 TR).

Rendimiento. Relación entre la potencia útil y la potencia nominal.

Sistema: conjunto de equipos y aparatos que, relacionados entre sí, constituyen una instalación de climatización.

Unidad Manejadora de Aire (UMA). Aparato en el que se realizan los procesos psicrométricos, tratamientos químicos y filtración del aire.

Unidad terminal. Equipo receptor de aire o agua de una instalación centralizada que actúa sobre las condiciones ambientales de una zona acondicionada.

Uso previsto de la edificación. Uso específico para el que se proyecta y realiza una edificación. El uso previsto se caracteriza por las actividades que se desarrollan en la edificación y por el tipo de usuario. El uso previsto de una edificación estará reflejado documentalmente en el proyecto de diseño.

Usuario. Persona natural o jurídica que utiliza la instalación térmica.

Ventilación natural. Proceso de renovación del aire de los locales por medios naturales (acción del viento y/o tiro térmico), la acción de los cuales puede verse favorecida con apertura de elementos en los cerramientos.

Zona ocupada. Volumen destinado dentro de un espacio para la ocupación humana. Representa el volumen, delimitado por planos verticales, paralelos a las paredes del local y un plano horizontal que define la altura. No tienen la consideración de zona ocupada, los lugares en los que puedan darse importantes variaciones de temperatura con respecto a la media y pueda haber presencia de corriente de aire en la cercanía de las personas, como: zonas de tránsito, zonas próximas a puertas de uso frecuente, zonas próximas a cualquier tipo de unidad terminal que impulse aire y zonas próximas a aparatos con fuerte producción de calor.

1.4. Simbología

1.4.1. Unidades

Para este caso se utilizarán las siguientes unidades:

- Altura y Distancia: m (metro) o mm (milímetro).
- Diámetro: mm (milímetro) o " (pulgada).
- Área: m² (metro cuadrado) o mm² (milímetro cuadrado).
- Volumen: m³ (metro cúbico), mm³ (milímetro cúbico) o l (litro)
- Temperatura: °C (grado Celsius), K (Kelvin)
- Tiempo: s (segundos)
- Masa: kg (kilogramos)
- Fuerza: N (newton, kg.m/s²)
- Potencia: W (watt, kg.m²/s³)
- Energía: j (julio, kg.m²/s²) (BTU)

Para las unidades no especificadas se debe utilizar las unidades del Sistema Internacional (S.I.) de acuerdo con NTE INEN-ISO 80000-1:2014 Cantidades y unidades – Parte 1: Generalidades (ISO 80000-1:2009, IDT).

1.4.2. Abreviaciones

BTU	British Thermal Unit
CAI	Calidad del Aire Interior
CAE	Calidad del Aire Exterior
CHEA	Chillers Enfriados por Air.
CHW	Chillers Enfriados por Agua
CL	Climatización
EEG	European Efficiency Guide
EXD	Expansión Directa
IMC	Código Mecánico Internacional
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
EE	Eficiencia Energética
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente
ANSI.	American National Standards Institute. Instituto Nacional Estadounidense de Normalización
ASHRAE.	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
UMA	Unidades Manejadoras de Aire

1.4.3. Simbología de Fórmulas

Símbolo	Definición
λ	Conductividad térmica del material empleado, en W/(mK)
λ_{ref}	Conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/(mK) a 10 °C.
d	Espesor mínimo del material empleado, en mm
d_{ref}	Espesor mínimo de referencia, en mm
D	Diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm
ln	Logaritmo neperiano (base 2,7183...)
EXP	significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis
f	Fugas de aire, $dm^3/(s.m^2)$
p	Presión estática, Pa.
c	Coficiente que define la clase de estanquidad

1.5. Marco normativo y referencias

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia, incluyendo cualquier enmienda:

1.5.1. Normas y estándares Internacionales

- DECRETO REAL - 1075 - AÑO 2010 - RITE ESPAÑOL.
- ASHRAE 62.1 – 2010 VENTILACIÓN PARA UNA ACEPTABLE CALIDAD DE AIRE INTERIOR
- ANSI/ASHRAE 90.1 – 2007 - REQUISITOS MÍNIMOS DE ENERGÍA EFICIENTE PARA EL DISEÑO DE EDIFICIOS.

- ANSI/ASHRAE 55 - CONDICIONES DE CONFORT.
- ASHRAE 52 - REQUISITOS DE FILTRACIÓN – ESCALA MERV.
- ANSI/ASHRAE 189.1 – 2011 - DISEÑO DE EDIFICIOS DE ALTO RENDIMIENTO.
- AEDG-ASHRAE - VARIAS GUÍAS DE DISEÑO AVANZADO DE ENERGÍA.
- AHRI – VARIAS CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS.
- SMACNA - VARIAS VENTILACIÓN.
- NEMA - VARIAS EFICIENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS.
- ANSI/IEC 60529 – 2004 - ENVOLTURAS DE PROTECCIÓN PARA MOTORES Y EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS.
- IEC 60034-2-1 - 2007-09 – MEDICIÓN DE EFICIENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS.
- IEC 60529 - GRADOS DE PROTECCIÓN PARA ENVOLTURAS DE MOTORES ELÉCTRICOS.
- EUI/ASHRAE - ENERGY UTILIZATION INDEX.

1.5.2. Normas Ecuatorianas

- NTE INEN 2498:09 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS. REQUISITOS.
- NTE INEN-ISO 13790:2008 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS. CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN DE ESPACIOS.
- NTE INEN-ISO 80000-1:2009 CANTIDADES Y UNIDADES – PARTE 1: GENERALIDADES.
- NTE INEN-ISO 7730:2005, IDT ERGONOMÍA DEL AMBIENTE TÉRMICO. DETERMINACIÓN ANALÍTICA E INTERPRETACIÓN DEL BIENESTAR TÉRMICO MEDIANTE EL CÁLCULO DE LOS ÍNDICES PMV Y PPD Y LOS CRITERIOS DE BIENESTAR TÉRMICO LOCAL.

1.5.3. Otras referencias citadas

- LIBRO VI ANEXO 5 DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE (TULSMA).

2. Campo de aplicación

Para efectos de la aplicación del capítulo NEC-HS-CL se considera como instalaciones térmicas, las instalaciones fijas de climatización (aire acondicionado, calefacción, refrigeración, ventilación) destinadas a atender la demanda de confort térmico y calidad del aire interior, en edificaciones mayores de 500 m² de construcción o de carga térmica mayor a 140 kW (40 Toneladas de Refrigeración).

Junto al permiso de construcción de la edificación, se debe presentar la solicitud, para la instalación de un sistema de climatización; que debe ser justificado en base a la NEC-HS-CL y

debe involucrar el uso de equipos homologados y sistemas centralizados que, en conjunto con sistemas de control, permitan la correcta gestión de energía.

No aplica a las instalaciones térmicas que no estén destinadas a atender la demanda de bienestar térmico y calidad de aire interior de las personas.

Las instalaciones destinadas al cuidado de la salud, excepto consultorios, deben cumplir los criterios ASHRAE hasta que se genere la norma ecuatoriana.

Se aplica para todas las edificaciones, excepto las mencionadas en esta norma, que definan la necesidad de instalación de un sistema de climatización, esta definición podrá generar una nueva capacidad para la energía eléctrica solicitada.

Se aplica a las instalaciones térmicas en edificaciones nuevas y a las instalaciones térmicas en las edificaciones existentes, en lo relativo a su diseño, instalación, pruebas e inspección, reforma, mantenimiento y uso, con las limitaciones de área o capacidad de climatización determinadas por las zonas climáticas.

Se debe comprender por reforma de una instalación térmica todo cambio que se efectúe en ella y que suponga una modificación del proyecto de diseño aprobado en el órgano competente. En tal sentido, se consideran reformas las que estén comprendidas en alguno de los siguientes casos:

- a) La incorporación de nuevos subsistemas de climatización.
- b) La sustitución de un generador de calor o producción de frío por otro de diferentes características.
- c) La ampliación del número de equipos generadores de calor o frío.
- d) El cambio del tipo de energía utilizada o la incorporación de energías renovables.
- e) El cambio de uso previsto de la edificación.
- f) La sustitución o reposición de un generador de calor o frío por otro de similares características, aunque ello no suponga una modificación del proyecto de diseño.

Cabe puntualizar que la aplicación de la NEC Climatización se la debe utilizar cuando se ha optado por la instalación de un sistema de climatización (HVAC), previo a esto el diseño de la edificación debe considerar las recomendaciones de la NEC de Eficiencia Energética, en base al mapa de zonificación climática y se consideren estrategias de diseño arquitectónico pasivo para aprovechar las ventajas del clima y minimizar sus desventajas, con el objetivo de alcanzar el bienestar y confort de los usuarios de las edificaciones con un mínimo consumo de energía.

3. Criterios térmicos mínimos

Eficiencia energética y protección del medio ambiente.

Las instalaciones térmicas se deben diseñar, calcular, ejecutar, mantener y utilizar de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas, y como consecuencia las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, que permitan la recuperación de energía, la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo los siguientes requisitos:

Rendimiento energético: los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se deben seleccionar en orden para conseguir que sus

prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo.

Distribución de calor y frío: los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.

Regulación y control: las instalaciones deben estar dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios, para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como para interrumpir el servicio.

Contabilización de consumos: las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía y para permitir el reparto de los costos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.

Recuperación de energía: las instalaciones térmicas deben incorporar subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.

Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas deben aprovechar las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades de la edificación.

4. Seguridad en la implementación y uso

Las instalaciones térmicas se deben diseñar y calcular, ejecutar, mantener y utilizar de tal forma que se prevenga y reduzca a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades, teniendo en cuenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC vigente.

5. Exigencia de confort

Las instalaciones térmicas a partir de una concepción bioclimática y condiciones mínimas se deben diseñar y calcular, ejecutar, mantener y utilizar de tal forma que se obtenga un confort térmico del ambiente y una calidad del aire interior que sean aceptables para los usuarios de la edificación sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo los requisitos siguientes:

Calidad térmica del ambiente: las instalaciones térmicas deben mantener los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de las edificaciones. Se debe hacer referencia a la calidad del aire ambiental interior.

Calidad del aire interior: las instalaciones térmicas deben permitir mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, se deben eliminar los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

Calidad del ambiente acústico: en condiciones normales de utilización, se debe limitar el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas.

5.1. Procedimiento de verificación

Para la correcta aplicación de esta exigencia en el diseño y dimensionamiento de las instalaciones térmicas se debe cumplir la secuencia de verificaciones de:

- a) Exigencia de calidad térmica del ambiente (Numeral 5.2).
- b) Exigencia de calidad de aire interior (Numeral 5.3).
- c) Exigencia de higiene (Numeral 5.4).
- d) Exigencia de calidad del ambiente acústico (Numeral 5.5).

5.2. Exigencia de calidad térmica del ambiente

Los parámetros que definen el confort térmico, como la temperatura de bulbo seco del aire, humedad relativa, velocidad media del aire en la zona ocupada e intensidad de la turbulencia, se deben mantener en la zona ocupada dentro de los valores establecidos a continuación:

5.2.1. Temperatura operativa y humedad relativa

Las condiciones interiores de diseño de la temperatura operativa y la humedad relativa se deben fijar con base en la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el PPD, según los siguientes casos:

- a) Para personas con actividad metabólica normal de 0,7 met. a 1,6 met. con grado de vestimenta de 0,5 clo en clima cálido y 1 clo en clima frío y un PPD entre el 0 y el 15 %, los valores de la temperatura de bulbo seco del aire y de la humedad relativa estarán comprendidos entre los límites indicados en la Tabla 1. Condiciones interiores de diseño.

Tabla 1. Condiciones interiores de diseño

Clima Local	Temperatura del bulbo seco del aire	Humedad relativa
	°C (°F)	%
Cálido, $T \geq 25^{\circ}\text{C}$	23 a 25 (73 a 77)	45 a 60
Frío, $T < 18^{\circ}\text{C}$ (64°F)	20 a 23 (68 a 73)	40 a 50

La selección de estas temperaturas según el clima local, debe permitir un menor consumo de energía sin afectar de gran manera el confort.

- b) Para valores diferentes de la actividad metabólica, grado de vestimenta y PPD del literal a), ver ANSI/ASHRAE 55.

5.2.2. Velocidad media del aire

- a) La velocidad del aire en la zona ocupada se debe mantener dentro de los límites de confort, teniendo en cuenta la actividad de las personas y su vestimenta, así como la temperatura del aire y la intensidad de la turbulencia.
- b) La velocidad media admisible del aire en la zona ocupada debe ser de 0,15 m/s a 0,30 m/s (30 FPM a 60 FPM). Se puede permitir velocidades superiores para incrementar el límite de temperatura operativa aceptable (zona de confort) en ciertas circunstancias que se especifican en 5.2.3 de ANSI/ASHRAE 55. Esto resulta principalmente importante en zonas de la costa donde mediante el uso de ventilación natural o de ventiladores de

techo, se puede alcanzar condiciones de confort sin el uso de sistemas mecánicos de climatización.

- c) La velocidad del aire en ductos de aire acondicionado debe estar entre los valores comprendidos que se indican en la Tabla 2. Velocidad del aire en ductos de aire acondicionado.

Tabla 2. Velocidad del aire en ductos de aire acondicionado.

Ducto	Residencias	Edif. públicos (pie/min)	Fábricas
	m/s (FPM)	m/s (FPM)	m/s (FPM)
Principal	3,5 a 6 (689 a 1 181)	5 a 8 (984 a 1 574)	6 a 11 (1 181 a 2 165)
Derivación	3 a 5 (590 a 984)	3 a 6,5 (590 a 1 279)	4 a 9 (787 a 1 771)

Nota: Además, en la evaluación de un ambiente térmico se debe atender la norma ASHARE 55, para medir la velocidad del aire (instrumentos de medición, posiciones de medición, períodos de medición).

5.3. Exigencia de calidad del aire interior

Todas las edificaciones habitadas se deben regir por este documento, si aquí no se considera, se debe verificar ASHRAE 62.1 – 2010.

El resto de edificaciones debe disponer de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, de acuerdo con lo que se establece a continuación:

5.3.1. Categorías de calidad del aire interior en función del uso de las edificaciones

En función del uso de la edificación o local, la categoría de calidad del aire interior que se debe alcanzar es, como mínimo, la siguiente:

CAI 1 (aire de óptima calidad): casos especiales no establecidos en este documento.

CAI 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

CAI 3 (aire de calidad media): edificaciones comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de computadores.

CAI 4 (aire de calidad baja)

5.3.2. Caudal mínimo del aire exterior de ventilación

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación, necesario para alcanzar las categorías de calidad de aire interior, se debe calcular de acuerdo con alguno de los cuatro métodos que se indican a continuación.

- a) Método indirecto de caudal de aire exterior por persona.

Se debe emplear los valores de la Tabla 3. Caudales mínimos de aire exterior, en dm³/s (CFM) por persona (per), cuando las personas tengan una actividad metabólica normal entre 0,7 met. y 1,6 met. cuando sea baja la producción de

sustancias contaminantes por fuentes diferentes del ser humano y cuando no esté permitido fumar.

Tabla 3. Caudales mínimos de aire exterior, en dm³/s (CFM) por persona (per)

Categoría	Caudal mínimo	Caudal recomendado
	dm ³ /s.per (CFM/per)	dm ³ /s.per (CFM/per)
CAI 1	4,8 (10,1)	5,6 (11,8)
CAI 2	3,6 (7,5)	4,2 (8,9)
CAI 3	2,4 (5,1)	3,0 (6,4)
CAI 4	0,0 (0,0)	2,0 (4,2)

b) Método directo por concentración de CO₂

Para locales con elevada actividad metabólica y altas concentraciones de personas (auditorios, salas de fiestas, locales para el deporte y actividades físicas) se puede emplear el método de la concentración de CO₂, que es un buen indicador de las emisiones de biofluentes humanos. Los valores se indican en la Tabla 4. Concentración de CO₂ en los locales.

Tabla 4. Concentración de CO₂ en los locales

Categoría	ppm (*)
CAI 1	350
CAI 2	500
CAI 3	800
CAI 4	1 200

(*) Concentración de CO₂ (en partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior. Valores tomados a nivel del mar para alturas diferentes se debe utilizar los valores sugeridos por ASHRAE

Para locales con elevada producción de contaminantes (piscinas, restaurantes, cafeterías, bares y algunos tipos de tiendas) se podrán emplear los datos de la Tabla 4. Concentración de CO₂ en los locales aunque si se conoce la composición y el caudal de las sustancias contaminantes se recomienda el método de la dilución indicado en el literal d.

c) Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie.

Para espacios no dedicados a ocupación humana permanente, se deben aplicar los valores indicados en ASHRAE 62

d) Método de dilución.

Cuando en un local existan emisiones conocidas de materiales contaminantes específicos, se debe emplear el método de dilución. La concentración obtenida de cada sustancia contaminante, considerando la concentración en el aire de impulsión y las emisiones en los mismos locales, debe ser menor que el límite fijado por las autoridades sanitarias.

5.3.3. Nivel de filtración de aire

1. El aire de los sistemas de aire acondicionado y ventilación mecánica, se debe introducir y mantener debidamente filtrado en la edificación.
2. Las clases de filtración mínimas a emplear, en función de la calidad del aire exterior (CAE) y de la calidad del aire interior requerida (CAI), deben ser las que se indican en la Tabla 6. Clases de filtración.
3. La calidad del aire exterior (CAE) se debe clasificar de acuerdo con los siguientes niveles: (Ver ej. Tabla 5. Concentraciones de aire exterior referenciales).

CAE 1: aire puro que puede contener partículas sólidas (ej. polen) de forma temporal.

CAE 2: aire con altas concentraciones de partículas y/o contaminantes gaseosos. (Exceden los valores referenciales en un factor de hasta 1,5).

CAE 3: aire con muy altas concentraciones de partículas y/o contaminantes gaseosos (Exceden los valores referenciales en un factor mayor a 1,5).

Tabla 5. Concentraciones de aire exterior referenciales

Localización	CO ₂ ppm	CO mg/m ³	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	PM _{TOT} µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³
Zona Rural	350	0 a 1	5 a 35	0 a 5	0 a 100	0 a 20
Pueblo Pequeño	375	1 a 3	15 a 40	5 a 15	100 a 300	10 a 30
Ciudad	400	2 a 6	30 a 80	10 a 50	200 a 1 000	20 a 500

PM_{10,ULHB} (Particulate Matter less than 10 µm) = Materia en forma de partícula con diámetro aerodinámico de hasta 10 µm

Tabla 6. Clases de filtración

	CAI 1 EEG (MERV)	CAI 2 EEG (MERV)	CAI 3 EEG (MERV)	CAI 4 EEG (MERV)
CAE 1	F9(16)	F8(14)	F7(13)	F5(10)
CAE 2	F7+F9 (13+16)	F6+F8 (11+14)	F5+F7 (10+13)	F5+F6 (10+11)
CAE 3	F7+GF*+F9 (13+GF*+16)	F7+GF*+F9 (13+GF*+16)	F5+F7 (10+13)	F5+F6 (10+11)

EEG (European Efficiency Guide)
MERV (Minimum Efficiency Reporting Value)
(GF) situado entre las dos etapas de filtración
(* Se debe prever la instalación de un filtro de gas o un filtro químico)

4. Se deben emplear pre-filtros para mantener limpios los componentes de las UMA, así como alargar la vida útil de los filtros finales. Los pre-filtros se deben instalar en la entrada del aire exterior a la UMA, así como en la entrada del aire de retorno.
5. Los filtros finales, donde se requieran, se instalarán después de la sección de tratamiento de aire.

6. En todas las secciones de filtración, salvo las situadas en tomas de aire exterior, se debe garantizar las condiciones de funcionamiento en seco; la humedad relativa del aire siempre debe ser menor que el 90 %.
7. Las secciones de filtros de la clase G4 (MERV 7) o menor para las categorías de aire interior CAI 1, CAI 2 y CAI 3 sólo se deben admitir como secciones adicionales a las indicadas en la Tabla 6. Clases de filtración.
8. Los aparatos de recuperación de calor siempre deben estar protegidos con la sección de filtros determinados por el fabricante del recuperador o, a falta de esta determinación, se debe utilizar mínimo de clase F6 (MERV 11).

5.3.4. Aire de extracción

1. En función del uso de la edificación o local, el aire de extracción se clasifica en las siguientes categorías:
 - a) AE 1 (bajo nivel de contaminación).
 - b) AE 2 (moderado nivel de contaminación).
 - c) AE 3 (alto nivel de contaminación).
 - d) AE 4 (muy alto nivel de contaminación).
2. El caudal de aire de extracción de locales de servicio debe ser como mínimo de 2 $\text{dm}^3/(\text{s.m}^2)$ (0,4 CFM/pie²) por superficie en planta.
3. Sólo el aire de las categorías AE 1 y AE 2, exento de humo de tabaco, puede ser retornado a los locales.
4. El aire de las categorías AE 3 y AE 4 no puede ser empleado como aire de recirculación o de transferencia.
5. Cuando se mezclen aires de extracción de diferentes categorías, el conjunto tendrá la categoría del más desfavorable; si las extracciones se realizan de manera independiente, la expulsión hacia el exterior del aire de las categorías AE 3 y AE 4 no puede ser común a la expulsión del aire de las categorías AE 1 y AE 2, para evitar la posibilidad de contaminación cruzada.

5.3.5. Campanas de extracción en cocinas

5.3.5.1. Tipos de campanas de extracción

En cocinas es usual utilizar campanas solo de extracción o las denominadas compensadas, estas últimas de uso obligatorio en ambientes con climatización, para disminuir las pérdidas de energía y mejorar la eficiencia de las mismas, a continuación, se definen las campanas para pared y la tipo isla.

- a) La campana para pared se utiliza cuando el equipo de cocina está contra la pared.
- b) La campana tipo isla se utiliza cuando el equipo de cocina está alejado de paredes con la posibilidad de trabajar de ambos lados de la misma.

5.3.5.2. Velocidad del aire en ductos y caudal en campanas

1. Según el IMC (Código Mecánico Internacional), para garantizar una adecuada extracción de olores y de grasa, la velocidad en ductos debe estar entre 2,7 m/s a 20 m/s (500 FPM a 4 000 FPM).

2. El caudal del aire requerido para extracción de olores y de grasa, depende del tipo de la superficie de cocción, de los equipos usados y del tipo de campana usada.

5.3.5.3. Cálculo del caudal de extracción requerido en campanas

El cálculo del caudal mínimo de extracción de aire requerido por la campana se debe hacer basándose en la Tabla 7. Caudal mínimo de extracción requerido en campanas de cocina y en la Tabla 8. Equipos de cocción según el nivel de trabajo

Tabla 7. Caudal mínimo de extracción requerido en campanas de cocina

Tipo de Campana	Trabajo			
	Ligero	Mediano	Pesado	Extra pesado
	dm ³ /s.m* (CFM/pie)*			
De Pared	310 (200)	464 (300)	619 (400)	852 (550)
Tipo Isla	619 (400)	774 (500)	929 (600)	1084 (700)
Tipo Isla Doble	387(250) +F9	464 (300) +F9	619 (400) +F9	852 (550) +F9
Tipo Ceja	387 (250) +F9	387 (250) +F9	No Permitido (No Permitido)+F9	No Permitido (No Permitido) +F9
Posterior de paso	464 (300)	464 (300)	619 (400)	No Permitido (No Permitido)

* dm³/s por metro (CFM por pie) de largo de zona de cocción.

Tabla 8. Equipos de cocción según el nivel de trabajo

Trabajo	Equipos
Ligero	Hornos de gas y eléctricos, vaporizadores de gas y eléctricos, estufas de gas y eléctricas, calentadores de comida, ollas para cocinar pasta, hornos para pizzas.
Mediano	Hornos combinados, freidoras eléctricas y de gas, planchas, sartenes, freidoras para sartenes.
Pesado	Parrillas, planchas eléctricas.
Extra pesado	Parrillas a gas, mezquite, parrilla infrarroja, plancha con piedra lava, parrillas en cadena.

5.3.5.4. Cálculo del caudal de inyección de aire fresco requerido en campanas compensadas

1. El caudal requerido para la inyección de aire, depende de la posición de la rejilla de aire fresco en la campana, ya que un excesivo flujo de aire en las rejillas colocadas impulsando aire a la zona de cocción puede interferir con la misma.
2. Cuando la rejilla de inyección de aire esta de forma frontal a la campana, se denomina compensada de forma externa y cuando la rejilla de inyección suministra aire directo a la zona de cocción se denomina compensada de forma integrada.

3. El caudal de inyección de aire que asegure una presión negativa en la cocina es un 80% del caudal de extracción.

5.4. Exigencia de higiene

5.4.1. Humidificadores

1. El agua de aportación que se emplee para la humidificación o el enfriamiento adiabático debe tener calidad sanitaria.
2. No se permite la humidificación del aire mediante inyección directa de vapor procedente de calderas, salvo cuando el vapor tenga calidad sanitaria.

5.4.2. Registros de servicio para limpieza de ductos y plenums de aire

1. Las redes de ductos deben estar equipadas de aperturas de servicio.
2. Los elementos instalados en una red de ductos deben ser desmontables y tener una apertura de acceso o una sección desmontable de conducto para permitir las operaciones de mantenimiento.
3. Los falsos techos deben tener registros de inspección en correspondencia con los registros en ductos y los aparatos situados en los mismos.

5.5. Exigencia de calidad del ambiente acústico

Las instalaciones térmicas de las edificaciones deben cumplir con la regulación sobre contaminación acústica del Ministerio del Ambiente, además de documentos oficiales, tal como el libro VI Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).

6. Exigencia de eficiencia energética

6.1. Procedimiento de verificación

Para la correcta aplicación de esta exigencia en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica se debe optar por uno de los dos siguientes procedimientos de verificación:

1. Procedimiento simplificado: consiste en la adopción de soluciones basadas en la limitación indirecta del consumo de energía de la instalación térmica mediante el cumplimiento de los valores límite y soluciones especificadas en esta sección, para cada sistema o subsistema diseñado. Su cumplimiento asegura la superación de la exigencia de eficiencia energética.

Para ello se debe cumplir la secuencia de verificaciones de la exigencia de eficiencia energética de:

- a) Generación de calor y producción de frío (Numeral 6.2.1.)
- b) Redes de tuberías y ductos de calor y frío (Numeral 6.2.2.)

- c) Sistema de control de las instalaciones térmicas. (Numeral 6.2.3.)
 - d) Contabilización de consumos (Numeral 6.2.4.)
 - e) Recuperación de energía (Numeral 6.2.5.)
 - f) Aprovechamiento de energías renovables (Numeral 6.2.6.)
 - g) Limitación de la utilización de energía convencional (Numeral 6.2.7.)
 - h) Consumo energético de las instalaciones térmicas (Numeral 6.2.8.)
2. Procedimiento alternativo: consiste en la adopción de soluciones alternativas, entendidas como aquellas que se apartan parcial o totalmente de las propuestas de esta sección, basadas en la limitación directa del consumo energético de la instalación térmica diseñada.

Se puede adoptar soluciones alternativas, siempre que se justifique documentalmente que la instalación térmica proyectada satisface las exigencias técnicas de esta sección porque sus prestaciones son, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación directa del procedimiento simplificado.

Para ello se debe evaluar el consumo energético de la instalación térmica completa o del subsistema en cuestión, mediante la utilización de un método de cálculo y su comparación con el consumo energético (basado en los valores del cálculo de cargas térmicas) de una instalación térmica que cumpla con las exigencias del procedimiento simplificado.

El cumplimiento de las exigencias mínimas se debe producir cuando el consumo de energía primaria, expresada en kW de la instalación evaluada, sea inferior o igual que la instalación que cumpla con las exigencias del procedimiento simplificado.

6.2. Caracterización y cuantificación de la exigencia de eficiencia energética

6.2.1. Generación de calor y producción de frío

1. La potencia que suministren las unidades de producción de calor o frío que utilicen energías convencionales se deben ajustar a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas, considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de los fluidos.
2. En el procedimiento de análisis se deben estudiar las distintas cargas al variar la hora del día y el mes del año, para hallar la carga máxima simultánea, así como las cargas parciales y la carga mínima, con el fin de facilitar la selección del tipo y número de generadores.
3. Los generadores que utilicen energías convencionales se deben conectar hidráulicamente en paralelo y se deben poder independizar entre sí. En casos excepcionales, que deben justificarse, los generadores de agua refrigerada pueden conectarse hidráulicamente en serie.
4. El caudal del fluido portador en los generadores puede variar para adaptarse a la carga térmica instantánea, entre los límites mínimo y máximo establecidos por el fabricante.
5. Cuando se interrumpa el funcionamiento de un generador, también se debe interrumpir el funcionamiento de los equipos accesorios directamente relacionados con el mismo, salvo aquellos que, por razones de seguridad o explotación, lo requieran.

6.2.1.1. Generación de calor

Para todo lo relacionado con los generadores de calor que operan con cualquier tipo de combustible deben cumplir con la normativa vigente.

6.2.1.2. Producción de frío

6.2.1.2.1. Requisitos mínimos de eficiencia energética de los productores de frío

1. Se deben indicar los coeficientes COP y kW/TR individual de cada equipo al variar la potencia desde el límite máximo hasta el límite inferior de parcialización, en las condiciones previstas de diseño, así como el de la central con la estrategia de funcionamiento elegida.
2. En aquellos casos en que los equipos dispongan de etiquetado energético se debe indicar la clase de eficiencia energética del mismo.
3. La temperatura del agua refrigerada a la salida de las plantas debe ser mantenida constante al variar la carga, salvo excepciones que se deben justificar.
4. La diferencia de temperatura debe ser una función creciente de la potencia del enfriador o enfriadores, hasta el límite establecido por el fabricante, con el fin de ahorrar potencia de bombeo, salvo excepciones que se deben justificar.

6.2.1.2.2. Escalonamiento de potencia en centrales de producción de frío

1. Las centrales de generación de frío se deben diseñar con un número de generadores que cubra la variación de la carga del sistema con una eficiencia próxima a la máxima que ofrecen los generadores elegidos.
2. La parcialización de la potencia suministrada se puede obtener escalonadamente o con continuidad.
3. Si el límite inferior de la carga pudiese ser menor que el límite inferior de parcialización de una máquina, se debe instalar un sistema diseñado para cubrir esa carga durante su tiempo de duración a lo largo de un día. El mismo sistema se debe emplear para limitar el pico de la carga máxima diaria.
4. A este requisito están sometidos también los equipos frigoríficos reversibles cuando funcionen en régimen de bomba de calor.

6.2.1.2.3. Equipos de enfriamiento con condensación por aire

1. Los equipos de enfriamiento con condensación por aire se deben dimensionar para la temperatura de bulbo seco más exigente, definida en el compendio climatológico de INAMHI más 3 °C.
2. Los equipos de enfriamiento con condensación por aire deben estar dotados de un sistema de control de la presión de condensación, salvo cuando se tenga la seguridad de que nunca funcionará con temperaturas exteriores menores que el límite mínimo que indique el fabricante.

6.2.1.2.4. Maquinaria frigorífica enfriada por agua o condensador evaporativo

1. Las torres de enfriamiento y los condensadores evaporativos se deben dimensionar para el valor de la temperatura húmeda que corresponde al nivel más exigente más 1 °C (2 °F).
2. Se debe seleccionar el diferencial de acercamiento y el salto de temperatura del agua para optimizar el dimensionamiento de los equipos, considerando la incidencia de tales parámetros en el consumo energético del sistema.
3. Al disminuir la temperatura de bulbo húmedo y/o la carga térmica se debe disminuir el nivel térmico del agua de condensación hasta el valor mínimo recomendado por el fabricante del equipo frigorífico, selección y dimensionamiento eficiente del equipo, variando la velocidad de rotación de los ventiladores, por escalones o con continuidad, o el número de los mismos en funcionamiento.
4. El agua del circuito de condensación se debe proteger de manera adecuada contra los enfriamientos excesivos.
5. Las torres de enfriamiento y los condensadores evaporativos se deben seleccionar con ventiladores de bajo consumo, preferentemente de tiro inducido.

6.2.2. Redes de tuberías y ductos

6.2.2.1. Aislamiento térmico de redes de tuberías

1. Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas deben disponer de aislamiento térmico cuando contengan fluidos con:
 - a) Temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por el que discurran;
 - b) Temperatura mayor que 40 °C (104 °F) cuando están instalados en locales no calefaccionados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, parqueaderos, salas de máquinas, cielos falsos y pisos técnicos, entendiendo excluidas las tuberías de torres de enfriamiento y las tuberías de descarga de compresores frigoríficos, salvo cuando estén al alcance de las personas.
2. Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior de la edificación, la terminación final del aislamiento debe poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanqueidad de las juntas se debe evitar el paso del agua de lluvia.
3. Los equipos, componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento. En particular, todas las superficies frías de los equipos de enfriamiento deben estar aisladas térmicamente con el espesor determinado por el fabricante.
4. Para evitar condensaciones intersticiales se debe instalar una adecuada barrera al paso del vapor; la resistencia total será mayor que 50 MPa.m²/s/g.
5. En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido térmico es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no deben superar el 4 % de la potencia máxima que transporta.
6. Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se puede optar por el procedimiento simplificado o por el alternativo.

6.2.2.1.1. Procedimiento simplificado

1. En el procedimiento simplificado los espesores mínimos de aislamiento térmico, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C (50 °F) de (0,040 W/m.°K) o (0,003 BTU/h.ft.°R) deben ser los indicados en las siguientes tablas: Tabla 9. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificaciones, Tabla 10. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificaciones, Tabla 11. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificaciones, y Tabla 12. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificaciones.
2. Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que los indicados en las tablas anteriores para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm (5 ½ pulg).
3. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento todo el año, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm (1/4 pulg).
4. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan, alternativamente, fluidos calientes y fríos deben ser los obtenidos para las condiciones de trabajo más exigentes.
5. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua deben ser los mismos de las redes de tuberías de suministro.
6. Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas y filtros, deben ser los mismos de la tubería que estén instalada.
7. El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm (3/4 pulg) y de longitud menor que 5 m (16,4 pies), contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, debe ser 12 mm (1/2 pulg), evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.
8. Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a $\lambda_{ref} = (0,040 \text{ W/m.}^\circ\text{K})$ o $(0,003 \text{ BTU/h.ft.}^\circ\text{R})$ a 10°C (50°F).

Se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. Aplicable a superficies planas

$$d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

Ecuación 2. Aplicable a superficies de sección circular

$$d = \frac{D}{2} \left[\text{EXP} \left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \ln \frac{D + 2d_{ref}}{D} \right) - 1 \right]$$

Leyenda:

λ_{ref} : conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/(mK) a 10 °C.

λ : conductividad térmica del material empleado, en W/(mK).

d_{ref} : espesor mínimo de referencia, en mm.

d : espesor mínimo del material empleado, en mm.

D : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm.

\ln : logaritmo neperiano (base 2,7183...).

EXP : significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis.

Tabla 9. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificaciones

Diámetro Exterior (D)	Temperatura máxima del fluido		
	40°C a 60 °C (104°F a 140°F)	>60°C a 100 °C (>140°F a 212°F)	>100°C a 180 °C (>212°F a 356°F)
mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)
$D \leq 35$ (1 1/2)	25 (1)	25 (1)	30 (1 1/4)
35 (1 1/2) < $D \leq 90$ (3 1/2)	30 (1 1/4)	30 (1 1/4)	40 (1 1/2)
90 (3 1/2) < $D \leq 140$ (5 1/2)	30 (1 1/4)	40 (1 1/2)	50 (2)
$D > 140$ (5 1/2)	35 (1 1/2)	40 (1 1/2)	50 (2)

Tabla 10. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificaciones

Diámetro Exterior (D)	Temperatura máxima del fluido		
	40°C a 60 °C (104°F a 140°F)	>60°C a 100 °C (>140°F a 212°F)	>100°C a 180 °C (>212°F a 356°F)
mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)
$D \leq 35$ (1 1/2)	35 (1 1/2)	35 (1 1/2)	40 (1 1/2)
35 (1 1/2) < $D \leq 90$ (3 1/2)	40 (1 1/2)	40 (1 1/2)	50 (2)
90 (3 1/2) < $D \leq 140$ (5 1/2)	40 (1 1/2)	50 (2)	60 (2 1/2)
$D > 140$ (5 1/2)	45 (2)	50 (2)	60 (2 1/2)

Tabla 11. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificaciones

Diámetro Exterior (D)	Temperatura mínima del fluido		
	>-10°C a 0 °C (>14°F a 32°F)	>0°C a 10 °C (>32°F a 50°F)	>10°C (>50°F)
mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)
$D \leq 35$ (1 1/2)	30 (1 1/4)	25 (1)	20 (3/4)
35 (1 1/2) < $D \leq 60$ (2 1/2)	40 (1 1/2)	30 (1 1/4)	20 (3/4)
60 (2 1/2) < $D \leq 90$ (3 1/2)	40 (1 1/2)	30 (1 1/4)	30 (1 1/4)
90 (3 1/2) < $D \leq 140$ (5 1/2)	50 (2)	40 (1 1/2)	30 (1 1/4)
$D > 140$ (5 1/2)	50 (2)	40 (1 1/2)	30 (1 1/4)

Tabla 12. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificaciones

Diámetro Exterior (D)	Temperatura mínima del fluido		
	>-10°C a 0 °C (>14°F a 32°F)	>0°C a 10 °C (>32°F a 50°F)	>10°C (>50°F)
mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)	mm (pulg)
D ≤ 35 (1 1/2)	50 (2)	40 (1 1/2)	40 (1 1/2)
35 (1 1/2) < D ≤ 60 (2 1/2)	63 (2 1/2)	50 (2)	40 (1 1/2)
60 (2 1/2) < D ≤ 90 (3 1/2)	63 (2 1/2)	50 (2)	50 (2)
90 (3 1/2) < D ≤ 120 (5 1/2)	75 (3)	63 (2 1/2)	50 (2)
D > 140 (5 1/2)	75 (3)	63 (2 1/2)	50 (2)

6.2.2.1.2. Procedimiento alternativo

1. El método de cálculo elegido para justificar el cumplimiento de esta opción debe tener en consideración los siguientes factores:
 - a) El diámetro exterior de la tubería.
 - b) La temperatura del fluido, máxima o mínima.
 - c) Las condiciones del ambiente donde está instalada la tubería, como temperatura seca, mínima o máxima respectivamente, la velocidad media del aire y, en el caso de fluidos fríos, la temperatura de rocío y la radiación solar.
 - d) La conductividad térmica del material aislante que se pretende emplear a la temperatura media de funcionamiento del fluido.
 - e) El coeficiente superficial exterior, convectivo y radiante, de transmisión de calor, considerando la emitancia del acabado y la velocidad media del aire.
 - f) La situación de las superficies, vertical u horizontal.
 - g) La resistencia térmica del material de la tubería.
2. El método de cálculo se puede formalizar a través de un programa informático.
3. El estudio debe justificar documentalmente, por cada diámetro de la tubería, el espesor empleado del material aislante elegido, las pérdidas o ganancias de calor, las pérdidas o ganancias de las tuberías sin aislar, la temperatura superficial, y las pérdidas totales de la red.

6.2.2.2. Aislamiento térmico de redes de ductos

1. Los ductos y accesorios de la red de suministro de aire deben disponer de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor que el 4 % de la potencia que transportan y siempre que sea suficiente para evitar condensaciones.
2. Cuando la potencia térmica nominal a instalar de generación de calor o frío sea menor o igual que 70 kW (20 TR) son válidos los espesores mínimos de aislamiento para ductos y accesorios de la red de suministro de aire de la Tabla 13. Espesores de aislamiento de ductos. Para potencias mayores que 70 kW (20 TR) se debe justificar documentalmente que las pérdidas no son mayores que las indicadas anteriormente.

- a) Para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C (50°F) de (0,040 W/m.°K) o (0,003 BTU/h.ft.°R) deben ser los siguientes:

Tabla 13. Espesores de aislamiento de ductos

	En interiores	En exteriores
	mm (pulg)	mm (pulg)
Aire caliente	20 (3/4)	30 (1 1/4)
Aire frío	30 (1 1/4)	50 (2)

- b) Para materiales de conductividad térmica distinta de la anterior, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando la Ecuación 1. Aplicable a superficies planas y Ecuación 2. Aplicable a superficies de sección circular.
- Las redes de retorno se deben aislar cuando discurran por el exterior de la edificación y, en interiores, cuando el aire esté a temperatura menor que la del rocío del ambiente o cuando el conducto pase a través de locales no acondicionados.
 - A efectos de aislamiento térmico, los parqueaderos se deben equipar al ambiente exterior.
 - Los ductos de tomas de aire exterior se deben aislar con el nivel necesario para evitar la formación de condensaciones.
 - Cuando los ductos estén instalados al exterior, la terminación final del aislamiento se debe poseer la protección suficiente contra la intemperie. Se debe prestar especial cuidado en la realización de la estanquidad de las juntas al paso del agua de lluvia.
 - Los componentes que vengan aislados de fábrica deben tener el nivel de aislamiento indicado por la respectiva normativa o determinado por el fabricante.

6.2.2.3. Estanquidad de redes de ductos

- La estanquidad de la red de ductos se debe determinar mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Estanquidad de redes de ductos

$$f = c \cdot p^{0.65}$$

Leyenda:

- f : representa las fugas de aire, en $\text{dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.
- p : es la presión estática, en Pa.
- c : es un coeficiente que define la clase de estanquidad.

- En la Tabla 14. Clases de estanquidad, se definen las siguientes clases de estanquidad:

Tabla 14. Clases de estanquidad

Clase	Coefficiente C
A	0,027
B	0,009
C	0,003
D	0,001

- Las redes de ductos deben tener una estanquidad correspondiente a la Clase B o superior, según la aplicación.

6.2.2.4. Caídas de presión en componentes del sistema

- Las caídas de presión máximas admisibles deben ser de este orden aproximadamente:

Elemento1	kPa (lb/pulg ²)
Intercambiadores para calentamiento	40 (5,80)
Intercambiadores para enfriamiento seco	60 (8,70)
Intercambiadores para enfriamiento y des-humidificación	120 (17,4)
Recuperadores de calor	80 (11,6) a 120 (17,4)
Atenuadores acústicos	60 (8,7)
Unidades terminales de aire	40 (5,8)
Elementos de difusión de aire	40 (5,8) a 200 (29) *
Rejillas de retorno de aire	20 (2,9)
Secciones de Filtración	**
* Dependiendo del tipo de difusor.	
** Menor que la caída de presión admitida por el fabricante, según tipo de filtro.	

Al ser algunas de las caídas de presión función de las prestaciones del componente, se pueden superar esos valores.

- Las baterías de refrigeración y des-humidificación se deben diseñar con una velocidad frontal tal que no origine arrastre de gotas de agua. Se prohíbe el uso de separadores de gotas, salvo en casos especiales, que se deben justificar.

6.2.2.5. Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos

- La selección de los equipos de caudal de los fluidos portadores se debe realizar de forma que su rendimiento sea máximo en las condiciones calculadas de funcionamiento.
- Para sistemas de caudal variable, el requisito anterior se debe cumplir en las condiciones medias de funcionamiento a lo largo de una temporada.
- Se debe justificar, para cada circuito, la potencia específica de los sistemas de bombeo, denominado SFP y definida como la potencia absorbida por el motor dividida por el caudal de fluido transportado, medida en W/(m³/s).
- Se debe indicar la categoría a la que pertenece cada sistema, considerando el ventilador de Suministro y el de retorno, de acuerdo con la siguiente clasificación:

- SFP 1 y SFP 2 para sistemas de ventilación y de extracción.

- SFP 3 y SFP 4 para sistemas de climatización, dependiendo de su complejidad.

5. Para los ventiladores, la potencia específica absorbida por cada ventilador de un sistema de climatización, debe ser la indicada en la Tabla 15. Potencia específica de ventiladores.

Tabla 15. Potencia específica de ventiladores

	Potencia específica (Wesp)
Categoría	W/(m³/s) (BTU/pie³)
SFP 1	Wesp ≤ 500 (0,0134)
SFP 2	500 (0,0134) < Wesp ≤ 750 (0,0201)
SFP 3	750 (0,0201) < Wesp ≤ 1 250 (0,0335)
SFP 4	1 250 (0,0335) < Wesp ≤ 2 000 (0,0537)
SFP 5	Wesp > 2 000 (0,0537)

6. Para las bombas de circulación de agua en redes de tuberías será suficiente equilibrar el circuito por diseño y, luego, emplear válvulas de equilibrado, si es necesario.

6.2.2.6. Eficiencia energética de los motores eléctricos

1. La selección de los motores eléctricos se debe justificar basado en criterios de eficiencia energética.
2. De requerir motores eléctricos, estos deben cumplir lo establecido en la NTE INEN 2498.
3. La eficiencia se debe medir de acuerdo con la NTE INEN-IEC 60034-2-1.

6.2.2.7. Redes de tuberías

1. Los trazados de los circuitos de tuberías de los fluidos portadores se deben diseñar, en el número y forma que resulte necesario, teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.
2. Se debe conseguir el balance hidráulico de los circuitos de tuberías durante la fase de diseño empleando válvulas de balanceo, si fuera necesario.

6.2.3. Sistema de control de las instalaciones térmicas

6.2.3.1. Control de las instalaciones de climatización

1. Todas las instalaciones térmicas se deben dotar de sistemas de control automático para que se puedan mantener las condiciones de diseño en las edificaciones, ajustando los consumos de energía a las variaciones de la carga térmica.
2. El empleo de controles de tipo todo-nada (on-off) está limitado a las siguientes aplicaciones:
 - a) al superar los límites de seguridad de temperatura y presión,
 - b) para regular la velocidad de los ventiladores de unidades terminales,
 - c) para controlar la emisión térmica de generadores de instalaciones individuales,

- d) para controlar la temperatura de ambientes servidos por aparatos unitarios, siempre que la potencia térmica nominal total del sistema no sea mayor que 70 kW (20 TR), y,
 - e) para el control del funcionamiento de la ventilación de salas de máquinas con ventilación forzada.
3. Los sistemas formados por diferentes subsistemas deben disponer de los dispositivos necesarios para dejar fuera de servicio cada uno de estos en función del régimen de ocupación, sin que se vea afectado el resto de las instalaciones.
 4. Las válvulas de control automático se deben seleccionar de manera que, al caudal máximo del proyecto de diseño y con la válvula abierta, la pérdida de presión que se debe producir en la válvula debe estar comprendida entre 0,6 y 1,3 veces la pérdida del elemento controlado.
 5. La variación de la temperatura del agua en función de las condiciones exteriores se debe hacer en los circuitos secundarios de los generadores de calor de tipo estándar y en el mismo generador en el caso de generadores de baja temperatura y de condensación, hasta el límite fijado por el fabricante.
 6. La temperatura del fluido refrigerado a la salida de una central frigorífica de producción instantánea se debe mantener constante, cualquiera que sea la demanda e independientemente de las condiciones exteriores, salvo situaciones que se deben justificar.
 7. El control de la secuencia de funcionamiento de los generadores de calor o frío se debe hacer siguiendo estos criterios:
 - a) Al disminuir la demanda se debe modular la potencia entregada por cada generador (con continuidad o por escalones) hasta alcanzar el valor mínimo permitido y detener la operación de la máquina; a continuación, se debe actuar de la misma manera sobre los otros generadores. Al aumentar la demanda se debe actuar de forma inversa.
 - b) Cuando la eficiencia del generador aumente al disminuir la demanda, los generadores se deben mantener funcionando en paralelo.

Al disminuir la demanda se debe modular la potencia entregada por los generadores (con continuidad o por escalones) hasta alcanzar la eficiencia máxima; a continuación, se debe modular la potencia de un generador hasta detener su operación y se debe actuar de la misma manera sobre los otros generadores.

Al aumentar la demanda se debe actuar de forma inversa.
 8. Para el control de la temperatura de condensación de la máquina frigorífica se seguirán los criterios indicados en los capítulos de máquinas enfriadas por aire y para máquinas enfriadas por agua.
 9. Los ventiladores de más de 5 m³/s (10 600 CFM) deben llevar incorporado un dispositivo indirecto para la medición y el control del caudal de aire.

6.2.3.2. Control de las condiciones termo-higrométricas

1. Los sistemas de climatización, centralizados o individuales, se deben diseñar para controlar el ambiente interior desde el punto de vista termo-higrométrico.
2. De acuerdo con la capacidad del sistema de climatización para controlar la temperatura y la humedad relativa de los locales, los sistemas de control de las condiciones termo-

higrométricas se deben clasificar, en las categorías indicadas de la Tabla 16. Control de las condiciones termo-higrométricas.

Tabla 16. Control de las condiciones termo-higrométricas.

Categoría	Ventilación	Calentamiento	Enfriamiento	Humidificación	Des-humidificación
THM-C 0	X	-	-	-	-
THM-C1	X	X	-	-	-
THM-C2	X	X	-	X	-
THM-C3	X	X	X	-	(X)
THM-C4	X	X	X	X	(X)
THM-C5	X	X	X	X	X

- no influenciado por el sistema.
X controlado por el sistema y garantizado en el local.
(X) afectado por el sistema, pero no controlado en el local.

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los locales, según las categorías de la Tabla 16. Control de las condiciones termo-higrométricas, es el siguiente:

- a) THM-C1: Variación de la temperatura del fluido portador (agua o aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

Además, en los sistemas de calefacción por agua en viviendas se debe instalar una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de los locales principales de las mismas (sala de estar, comedor, dormitorios).
- b) THM-C2: Como THM-C1, más control de la humedad relativa media o la del local más representativo.
- c) THM-C3: Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.
- d) THM-C4: Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del local más representativo.
- e) THM-C5: Como THM-C3, más control de la humedad relativa en los locales.

6.2.3.3. Control de la calidad de aire interior en las instalaciones de climatización

1. Los sistemas de ventilación y climatización, centralizados o individuales, se deben diseñar para controlar el ambiente interior, desde el punto de vista de la calidad del aire interior.
2. La calidad del aire interior se debe controlar por uno de los métodos enumerados en la Tabla 17. Control de la calidad del aire interior.

Tabla 17. Control de la calidad del aire interior.

Categoría	Tipo	Descripción
CAI-C1	Sin control	El sistema funciona continuamente
CAI-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
CAI-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo con un horario determinado
CAI-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia (encendido de luces, infrarrojos)
CAI-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
CAI-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior (CO ₂ o VOCs)

3. El método CAI-C1 se debe utilizar con carácter general.
4. Los métodos CAI-C2, CAI-C3 e CAI-C4 se deben emplear en locales no diseñados para ocupación humana permanente.
5. Los métodos CAI-C5 e CAI-C6 se deben emplear para locales de gran densidad de ocupación, como teatros, cines, salones de actos, recintos para el deporte y similares.

6.2.4. Contabilización de consumos

1. Toda instalación térmica que dé servicio a más de un usuario debe disponer de algún sistema que permita el reparto de los gastos correspondientes a cada servicio (calor y frío) entre los diferentes usuarios. El sistema previsto, instalado en el tramo de acometida a cada unidad de consumo, debe permitir regular y medir los consumos, así como interrumpir los servicios desde el exterior de los locales.
2. En las instalaciones todo aire, o de caudal de refrigerante variable, el sistema para el control de consumo por usuario debe ser definido por el proyectista o el redactor de la memoria técnica en el propio proyecto, o en la memoria técnica de la instalación.
3. Las instalaciones solares de más de 20 m² de superficie de apertura deben disponer de un sistema de medida de la energía final suministrada, con objeto de verificar el cumplimiento del programa de gestión energética y las inspecciones periódicas de eficiencia energética.
4. Las instalaciones de energía solar térmica en las que la energía solar se entregue a los diferentes usuarios a través de un primario, pueden prescindir de la contabilización individualizada, siempre que exista un sistema de control de la energía aportada por la instalación solar térmica de forma centralizada.
5. El diseño del sistema de contabilización de energía solar debe permitir al usuario de la instalación comprobar de forma directa, visual e inequívoca el correcto funcionamiento de la instalación, de manera que este pueda controlar periódicamente la producción de la instalación.
6. Las instalaciones térmicas de potencia térmica nominal mayor que 70 kW (20 TR), en régimen de enfriamiento o calefacción, deben disponer de dispositivos que permitan efectuar la medición y registrar el consumo de combustible y energía eléctrica, de forma separada del consumo debido a otros usos del resto de la edificación.

7. Se deben disponer de dispositivos para la medición de la energía térmica generada o demandada en centrales de potencia térmica nominal mayor que 400 kW (115 TR), en enfriamiento o calefacción. Esos dispositivos se pueden emplear también para modular la producción de energía térmica en función de la demanda.
8. Las instalaciones térmicas de potencia térmica nominal en enfriamiento mayor que 400 kW (115 TR) deben disponer de un dispositivo que permita medir y registrar el consumo de energía eléctrica de la central frigorífica (maquinaria frigorífica, torres y bombas de agua refrigerada, esencialmente) de forma diferenciada de la medición del consumo de energía del resto de equipos del sistema de acondicionamiento.
9. Los generadores de calor y de frío de potencia térmica nominal mayor que 70 kW (20 TR) deben disponer de un dispositivo que permita registrar el número de horas de funcionamiento del generador.
10. Las bombas y ventiladores de potencia eléctrica del motor mayor que 20 kW (6 TR) deben disponer de un dispositivo que permita registrar las horas de funcionamiento del equipo.
11. Los compresores frigoríficos de más de 70 kW (20 TR) de potencia térmica nominal deben disponer de un dispositivo que permita registrar el número de arrancadas del mismo.

6.2.5. Recuperación de Energía

6.2.5.1. Enfriamiento gratuito por aire exterior

1. Los subsistemas de climatización del tipo todo aire, de potencia térmica nominal mayor que 70 kW (20 TR) en régimen de enfriamiento, deben disponer de un subsistema de enfriamiento gratuito por aire exterior, sólo si en el proyecto de diseño se define y sustenta su utilidad, para el clima local para donde se está diseñando.
2. En los sistemas de climatización del tipo todo aire es válido el diseño de las secciones de compuertas teniendo:
 - a) Velocidad frontal máxima en las compuertas de toma y expulsión de aire: 6 m/s (180 FPM).
 - b) Eficiencia de temperatura en la sección de mezcla: mayor que el 75%.
3. En los sistemas de climatización de tipo mixto agua-aire, el enfriamiento gratuito se obtiene mediante agua procedente de torres de enfriamiento, preferentemente de circuito cerrado o, en caso de empleo de máquinas frigoríficas aire-agua, mediante el empleo de intercambiadores de calor puestos hidráulicamente en serie con el evaporador.
4. En ambos casos, se debe evaluar la necesidad de reducir la temperatura de congelación del agua mediante el uso de disoluciones de glicol en agua.

6.2.5.2. Recuperación de calor del aire de extracción

1. En los sistemas de climatización de las edificaciones en las que el caudal de aire expulsado al exterior, por medios mecánicos, sea superior a 0,5 m³/s (1 000 CFM), se debe recuperar la energía del aire expulsado.
2. Sobre el lado del aire de extracción se debe instalar un aparato de enfriamiento adiabático, si es conveniente.
3. Las eficiencias mínimas en calor sensible sobre el aire exterior (%) y las pérdidas de presión máximas en Pa (pulgH₂O) en función del caudal de aire exterior en m³/s (CFM) y

de las horas anuales de funcionamiento del sistema deben ser como mínimo las indicadas en la Tabla 18. Eficiencia de la recuperación.

Tabla 18. Eficiencia de la recuperación.

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior: m ³ /s (CFM)									
	> 0,5 a 1,5 (1 000 a 3 200)		> 1,5 a 3,0 (3 200 a 6 400)		> 3,0 a 6,0 (6400 a 12 700)		> 6,0 a 12 (12 700 a 25 500)		> 12 (25 500)	
	%	Pa (pulgH ₂ O)	%	Pa (pulgH ₂ O)	%	Pa (pulgH ₂ O)	%	Pa (pulgH ₂ O)	%	Pa (pulgH ₂ O)
≤ 2 000	40	100(0,40)	44	120(0,48)	47	140(0,56)	55	160(0,64)	60	180(0,72)
>2 000 a 4 000	44	140(0,56)	47	160(0,64)	52	180(0,72)	58	200(0,80)	64	220(0,88)
>4 000 a 6 000	47	160(0,64)	50	180(0,72)	55	200(0,80)	64	220(0,88)	70	240(0,96)
>6 000	50	180(0,72)	55	200(0,80)	60	220(0,88)	70	240(0,96)	75	260(1,04)

- Como alternativa al uso del aire exterior, el mantenimiento de la humedad relativa del ambiente puede lograrse por medio de una bomba de calor, dimensionada específicamente para esta función, que enfríe, des-humidifique y recaliente el mismo aire del ambiente en ciclo cerrado.

6.2.5.3. Estratificación

En los locales de gran altura la estratificación se debe estudiar y favorecer durante los períodos de carga térmica positiva y combatir durante los períodos de carga térmica negativa.

6.2.5.4. Zonificación

- La zonificación de un sistema de climatización debe ser adoptada a efectos de obtener un elevado bienestar y ahorro de energía.
- Cada sistema se debe dividir en subsistemas, teniendo en cuenta la compartimentación de los espacios interiores, orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

6.2.6. Aprovechamiento de energías renovables

6.2.6.1. Climatización de espacios abiertos

La climatización de espacios abiertos sólo se puede realizar mediante el uso de energías renovables o residuales. No se puede utilizar energía convencional para la generación de calor o frío destinado a la climatización de estos espacios.

6.2.7. Limitación de la utilización de energía convencional

6.2.7.1. Limitación de la utilización de energía convencional para la producción de calefacción

La utilización de energía eléctrica directa por "efecto Joule" para la producción de calefacción, en instalaciones centralizadas solo se permite en:

- Las instalaciones con bomba de calor, cuando la relación entre la potencia eléctrica en resistencias de apoyo y la potencia eléctrica en bornes del motor del compresor, sea igual o inferior a 1,2.

- b. Los locales servidos por instalaciones que, usando fuentes de energía renovable o energía residual, empleen la energía eléctrica como fuente auxiliar de apoyo, siempre que el grado de cobertura de las necesidades energéticas anuales por parte de la fuente de energía renovable o energía residual sea mayor que 2/3.
- c. Los locales servidos con instalaciones de generación de calor mediante sistemas de acumulación térmica, siempre que la capacidad de acumulación sea suficiente para captar y retener durante las horas de suministro eléctrico tipo "valle" definidas para la tarifa eléctrica regulada, la demanda térmica total diaria prevista en el proyecto de diseño, debiéndose justificar en su memoria el número de horas al día de cobertura de dicha demanda, por el sistema de acumulación sin necesidad de acoplar su generador de calor a la red de suministro eléctrico.

6.2.7.2. Locales sin climatización

Los locales no habitables no se deben climatizar, salvo cuando se empleen fuentes de energía renovables o energía residual.

6.2.7.2.1. Vivienda sin climatización

La vivienda a fin de garantizar el aprovechamiento de energía natural, propenderá a una optimización de su diseño mediante una arquitectura bioclimática eficiente, sin embargo, se puede utilizar un sistema de enfriamiento o calefacción, el mismo que se debe regir por el presente documento. Además, debe cumplir lo especificado en la NEC Eficiencia Energética.

6.2.8. Consumo energético de las instalaciones térmicas

El consumo energético de las instalaciones térmicas, en base al cálculo de carga y al EER de los equipos instalados, debe ser máximo el indicado en la Tabla 19. Consumo energético en función de kW/m².

La eficiencia mínima de los equipos de climatización debe ser SEER-13 o su equivalente en Eficiencia efectiva (EER).

$$\text{SEER } 13 = \text{EER } 11,7 = 1,026 \text{ kW/TR.}$$

Los equipos de climatización por expansión directa no deben tener un consumo mayor a 1,026 kW/TR, Chillers enfriados por aire 1,111 kW/TR y Chillers enfriados por agua 0,729 kW/TR

Tabla 19. Consumo energético en función de kW/m².

TIPO	CÁLCULO CARGA BTUH/m ²	TR/m ²	EFICIENCIA SEER	EFICIENCIA (**) EER=SEERx0.90	kW/TR	kW/m ²
EXD	400	0,033	13,000	11,700	1,026	0,034
EXD	500	0,042	13,000	11,700	1,026	0,043
EXD	600	0,050	13,000	11,700	1,026	0,051
EXD	700	0,058	13,000	11,700	1,026	0,060
EXD	800	0,067	13,000	11,700	1,026	0,068
EXD	1 000	0,083	13,000	11,700	1,026	0,085
EXD	1 200	0,100	13,000	11,700	1,026	0,103
CHEA	400	0,033	12,000	10,800	1,111	0,037
CHEA	500	0,042	12,000	10,800	1,111	0,046
CHEA	600	0,050	12,000	10,800	1,111	0,056
CHEA	700	0,058	12,000	10,800	1,111	0,065
CHEA	800	0,067	12,000	10,800	1,111	0,074
CHEA	1 000	0,083	12,000	10,800	1,111	0,093
CHEA	1 200	0,100	12,000	10,800	1,111	0,111
CHW	400	0,033	18,300	16,470	0,729	0,024
CHW	500	0,042	18,300	16,470	0,729	0,030
CHW	600	0,050	18,300	16,470	0,729	0,036
CHW	700	0,058	18,300	16,470	0,729	0,043
CHW	800	0,067	18,300	16,470	0,729	0,049
CHW	1 000	0,083	18,300	16,470	0,729	0,061
CHW	1 200	0,100	18,300	16,470	0,729	0,073

EXD: (**) Expansión directa, incluye compresor, ventilador de condensador, ventilador de evaporador y control.
CHEA: (**) Chillers enfriados por aire, incluye compresor, ventilador de condensador, bomba agua helada, umas y controles.
CHW: (**) Chillers enfriados por agua, incluye compresor, ventilador de torre, bomba agua helada, bomba torre, umas y controles.

Los valores de la Tabla 19. Consumo energético en función de kW/m², representan la diversidad de opciones que el proyectista tiene al momento de seleccionar el mejor tipo de sistema de climatización, el mismo que debe contar con un sistema de control para su óptimo uso a cargas parciales.

7. Exigencia de seguridad

7.1. Procedimiento de verificación

Para la correcta aplicación de esta exigencia en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica se debe cumplir la secuencia de verificaciones de la exigencia de:

- Seguridad en generación de calor y producción de frío (Numeral 7.2)
- Seguridad en las redes de tuberías y ductos de calor y frío (Numeral 7.3)
- Protección contra incendios (Numeral 7.4)
- Seguridad en la utilización (Numeral 7.5)

7.2. Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad en generación de calor y producción de frío

7.2.1. Condiciones generales

1. Los generadores de calor que utilizan combustibles gaseosos deben tener la certificación de conformidad según lo establecido en la NFPA pertinente.
2. Los generadores de calor deben estar equipados de un interruptor de flujo, salvo que el fabricante especifique que requieren circulación mínima.
3. Los generadores de calor con combustibles que no sean gases deben disponer de un dispositivo de interrupción de funcionamiento del quemador:
 - a) en caso de retroceso de los productos de la combustión,
 - b) que impida que se alcancen temperaturas mayores que las de diseño, que debe ser de rearme manual.
4. Los generadores de calor por radiación, aparatos de generación de aire caliente y equipos de absorción de llama directa, así como cualquier otro generador que utilice combustibles gaseosos, deben cumplir con la reglamentación vigente en el país. La evacuación de los productos de la combustión y la ventilación de los locales donde se instalen estos equipos deben cumplir con los requisitos de la reglamentación de seguridad industrial vigente.
5. La instalación en espacios habitables de generadores de calor de hogar abierto para calefacción, sólo se puede realizar si se cumple la reglamentación de seguridad industrial vigente.
6. En espacios destinados a almacenes, talleres, naves industriales u otros recintos especiales, se pueden utilizar equipos de generación de calor de hogar abierto, o que viertan los productos de la combustión al local a calentar, y se debe justificar e indicar las medidas de seguridad adoptadas para que la calidad del aire del recinto no se vea afectada negativamente.
7. Los generadores de agua refrigerada deben tener a la salida de cada evaporador, un presostato diferencial o un interruptor de flujo enclavado eléctricamente con el arrancador del compresor.

7.2.2. Sala de máquinas

Las exigencias indicadas se deben considerar como mínimas, y se debe cumplir, con la legislación de seguridad vigente que les afecte.

Se considera sala de máquinas al local técnico donde se alojan los equipos de producción de frío o calor y otros equipos auxiliares y accesorios de la instalación térmica, con potencia superior a 70 kW (20 TR). Los locales anexos a la sala de máquinas que comuniquen con el resto de la edificación o con el exterior a través de la misma sala se consideran parte de la misma.

No se consideran sala de máquinas a los locales:

- En los que se sitúen generadores de calor con potencia térmica nominal menor o igual que 70 kW (20 TR) o los equipos autónomos de climatización de cualquier potencia, tanto en generación de calor como de frío, para tratamiento de aire (UMA) o agua, preparados en fábrica para instalar en exteriores.

- Los que cuenten con calefacción mediante generadores de aire caliente, tubos radiantes a gas, o sistemas similares; si bien en los mismos se deben tener en consideración los requisitos de ventilación fijados por ASHRAE.

Las salas de máquinas para centrales de producción de frío deben cumplir con lo dispuesto en ASHRAE.

7.2.2.1. Características comunes de los locales destinados a sala de máquinas

Los locales que tengan la consideración de salas de máquinas deben cumplir las siguientes prescripciones:

- a) No se debe practicar el acceso normal a la sala de máquinas a través de una abertura en el suelo o techo.
- b) Las puertas deben tener una permeabilidad no mayor a $1 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ ($0,2 \text{ CFM}/\text{pie}^2$) bajo una presión diferencial de 100 Pa ($0,4 \text{ pulgH}_2\text{O}$), salvo cuando estén en contacto directo con el exterior.
- c) Las dimensiones de la puerta de acceso deben ser las suficientes para permitir el movimiento sin riesgo o daño de aquellos equipos que deban ser reparados fuera de la sala de máquinas.
- d) Las puertas deben estar provistas de cerradura con fácil apertura desde el interior, aunque hayan sido cerradas con llave desde el exterior.
- e) En el exterior de la puerta se debe colocar un cartel con la inscripción: "Sala de Máquinas. Prohibida la entrada a toda persona ajena al servicio".
- f) No se debe permitir ninguna toma de ventilación que comunique con otros locales cerrados.
- g) Los elementos de cerramiento de la sala no deben permitir filtraciones de humedad.
- h) La sala debe disponer de un sistema eficaz de desagüe por gravedad o, en caso necesario, por bombeo.
- i) El tablero eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o, por lo menos, el interruptor general debe estar situado en las proximidades de la puerta principal de acceso. Este interruptor no debe cortar la alimentación al sistema de ventilación de la sala.
- j) El interruptor del sistema de ventilación forzada de la sala, en el caso de existir, también debe ubicarse en las proximidades de la puerta principal de acceso.
- k) El nivel de iluminación medio en servicio debe permitir los trabajos de conducción e inspección, como mínimo, de 200 lux, con una uniformidad media de 0,5.
- l) No se deben utilizar para otros fines, ni se deben realizar trabajos ajenos a los propios de la instalación.
- m) Los motores y sus transmisiones deben estar suficientemente protegidos contra accidentes fortuitos del personal.
- n) Entre la maquinaria y los elementos que delimitan la sala de máquinas se deben dejar los pasillos y accesos libres para permitir el movimiento de equipos, o de partes de ellos, desde la sala hacia el exterior y viceversa.
- o) La conexión entre generadores de calor y chimeneas debe ser perfectamente accesible.

- p) En el interior de la sala de máquinas deben figurar, visibles y debidamente protegidas, las siguientes indicaciones:
- i. Instrucciones para efectuar la parada de la instalación en caso necesario, con señal de alarma de emergencia y dispositivo de corte rápido.
 - ii. El nombre, dirección y número de teléfono de la persona o entidad encargada del mantenimiento de la instalación.
 - iii. La dirección y número de teléfono del servicio de bomberos más próximo, y del responsable de la edificación.
 - iv. Indicación de los puestos de extinción y extintores cercanos.
 - v. Esquema básico de funcionamiento de la instalación.

7.2.2.2. Salas de máquinas con generadores de calor a gas

Las salas de máquinas con generadores de calor a gas deben cumplir con la NTE-INEN 2260.

7.2.2.3. Sala de máquinas de alto riesgo

Las instalaciones que requieren sala de máquinas de riesgo alto son aquellas que cumplen cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) realizadas en edificaciones institucionales o de pública concurrencia.
- b) que trabajen con agua a temperatura superior a 110 °C (230 °F).

Adicionalmente para cualquier sala de máquinas, en una sala de máquinas de riesgo alto el tablero eléctrico de protección y mando de los equipos instalados en la sala o, por lo menos, el interruptor general y el interruptor del sistema de ventilación se deben situar fuera de la misma y en la proximidad de uno de los accesos.

7.2.2.4. Equipos autónomos de generación de calor

1. Los equipos autónomos de generación de calor se deben instalar en el exterior de las edificaciones, a la intemperie, en zonas no transitadas por el uso habitual de la edificación, salvo por el personal especializado de mantenimiento de estos u otros equipos, en plantas al nivel de calle o en terreno colindante, en azoteas o terrazas.
2. En el caso de que se sitúe en zonas de tránsito se debe dejar una franja libre alrededor del equipo que garantice el mantenimiento del mismo, con un mínimo de 1 m, delimitada por medio de elementos que impidan el acceso, a la misma, a personal no autorizado. Aquellos equipos autónomos de generación de calor que no tengan ningún tipo de registro en su parte posterior y el fabricante autorice su instalación adosada a un muro, deben respetar la franja mínima de 1 m, exclusivamente, en sus partes frontal y lateral.
3. Cuando el equipo autónomo se alimente de gases más densos que el aire, no debe existir comunicación con niveles inferiores (desagües, sumideros, ductos de ventilación a ras del suelo), en la zona de influencia del equipo (1 m alrededor del mismo).
4. En el caso de instalaciones en pisos elevados, se debe verificar que las cargas de peso no excedan los valores soportados por la estructura, emplazando el equipo sobre viguetas apoyadas sobre muros o pilares de carga cuando sea necesario.

7.2.2.5. Dimensiones de las salas de máquinas

1. Las instalaciones térmicas deben ser perfectamente accesibles en todas sus partes de forma que se puedan realizar adecuadamente y sin peligro todas las operaciones de mantenimiento, vigilancia y conducción.
2. La altura mínima de la sala debe ser de 2,50 m; y se debe respetar una altura libre de tuberías y obstáculos sobre la caldera de 0,5 m.
3. Los espacios mínimos libres que se deben dejar alrededor de los generadores de calor, según el tipo de caldera, deben ser los que se señalan a continuación, o los que indique el fabricante, cuando sus exigencias superen las mínimas anteriores:

a) Calderas con quemador de combustión forzada

Para estas calderas el espacio mínimo debe ser de 0,5 m entre uno de los laterales de la caldera y la pared, debe permitir la apertura total de la puerta sin necesidad de desmontar el quemador, y de 0,7 m entre el fondo de la caja de humos y la pared de la sala.

Cuando existan varias calderas, la distancia mínima entre ellas debe ser de 0,5 m, siempre permitiendo la apertura de las puertas de las calderas sin necesidad de desmontar los quemadores.

El espacio libre en la parte frontal será igual a la profundidad de la caldera, con un mínimo de 1 m; en esta zona se debe respetar una altura mínima libre de obstáculos de 2 m.

b) Calderas de circulación por convección natural.

El espacio libre en el frente de la caldera debe ser como mínimo 1 m, con una altura mínima de 2 m libre de obstáculos. Entre calderas, así como las calderas extremas y los muros laterales y de fondo, debe existir un espacio libre de al menos 0,5 m que se puede disminuir en los modelos en que el mantenimiento de las calderas y su aislamiento térmico lo permita. Se deben tener en cuenta las recomendaciones del fabricante.

En el caso de que las calderas a instalar sean del tipo mural y/o modular formando una batería de calderas o cuando las paredes laterales de las calderas a instalar no precisen acceso, se puede reducir la distancia entre ellas, teniendo en cuenta el espacio preciso que permita efectuar las operaciones de desmontaje de la envolvente y del mantenimiento de las mismas.

7.2.2.6. Ventilación de salas de máquinas

1. Generalidades
 - a) Toda sala de máquinas cerrada debe disponer de medios suficientes de ventilación.
 - b) El sistema de ventilación puede ser del tipo: natural directa por orificios o ductos, o forzada.
 - c) Se recomienda adoptar, para mayor garantía de funcionamiento, el sistema de ventilación directa.
 - d) En cualquier caso, se debe priorizar, siempre que sea posible, una ventilación cruzada, colocando las aberturas sobre paredes opuestas de la sala y en las cercanías del techo y del suelo.

- e) Los orificios de ventilación, tanto natural como forzada, deben distar al menos 50 cm de cualquier hueco o rejillas de ventilación de otros locales distintos de la sala de máquinas. Las aberturas deben estar protegidas para evitar la entrada de cuerpos extraños y que no puedan ser obstruidos o inundados.

2. Ventilación natural por orificios

- a) La ventilación natural directa al exterior se puede realizar para las salas contiguas a zonas al aire libre, mediante aberturas de área libre mínima de $5 \text{ cm}^2/\text{kW}$ de potencia térmica nominal.
- b) Se recomienda ejecutar más de una abertura y colocarlas en diferentes fachadas y a distintas alturas, de manera que se creen corrientes de aire que favorezcan el barrido de la sala.
- c) Para combustibles gaseosos el orificio para entrada de aire se debe situar con su parte superior a menos de 50 cm del suelo; la ventilación se debe complementar con un orificio, con su lado inferior a menos de 30 cm del techo, este último de superficie $10xA \text{ (cm}^2\text{)}$, siendo A la superficie de la sala de máquinas en m^2 .

3. Ventilación natural directa por conducto

- a) Cuando la sala no sea contigua a zona al aire libre, pero se pueda comunicar con ésta por medio de ductos de menos de 10 m de recorrido horizontal, la sección libre mínima de éstos, referida a la potencia térmica nominal instalada, debe ser:

Ductos verticales: $7,5 \text{ cm}^2/\text{kW}$

Ductos horizontales: $10,0 \text{ cm}^2/\text{kW}$

- b) Las secciones indicadas se deben dividir mínimo en dos aberturas, una situada cerca del techo y otra cerca del suelo, y de ser posible, sobre paredes opuestas.
- c) Para combustibles gaseosos el conducto de ventilación inferior debe desembocar a menos de 50 cm del suelo; en el caso de gases más pesados que el aire, el conducto debe ser ascendente; el conducto de ventilación superior debe ser siempre ascendente.

4. Ventilación forzada

- a) En la ventilación, se debe disponer de un ventilador de suministro, soplando en la parte inferior de la sala, que asegure un caudal mínimo, en m^3/h de $1,8xPn + 10xA$, siendo Pn la potencia térmica nominal instalada, en kW y A la superficie de la sala en m^2 .
- b) Para disminuir la presurización de la sala con respecto a los locales contiguos, se debe disponer de un conducto de evacuación del aire de exceso, situado a menos de 30 cm del techo y en el lado opuesto de la ventilación inferior de manera que se garantice una ventilación cruzada, construido con material incombustible y dimensionamiento de manera que la sobre-presión no sea mayor que 20 Pa (0,08 pulgH₂O); las dimensiones mínimas de dicho conducto serán $10xA \text{ (cm}^2\text{)}$, siendo A la superficie en m^2 de la sala de máquinas, con un mínimo de 250 cm^2 .
- c) Las pautas del funcionamiento del sistema de ventilación forzada serán las siguientes:

Encendido:

- i. Arrancar el ventilador.

ii. Mediante un detector de flujo o un presostato se debe activar un relé temporizado que garantice el funcionamiento del sistema de ventilación antes de dar la señal de encendido a la caldera.

iii. Arrancar el generador de calor.

Apagado:

i. Parar el generador de calor.

ii. Sólo cuando todas las calderas de la sala estén paradas se debe desactivar el relé mencionado anteriormente y parar el ventilador.

5. Sistema de extracción para gases más pesados que el aire.

a) En las salas de máquinas con calderas que utilicen gases más pesados que el aire, en las que no se pueda lograr un conducto inferior para evacuación de fugas de gas al exterior, se debe instalar un sistema de extracción de aire activado por el sistema de detección de fugas.

b) El equipo de extracción debe estar compuesto de un extractor de aire de tipo centrífugo instalado en el exterior del recinto. En el caso de que no se pueda instalar en el exterior del local, puede ser ubicado en el interior lo más cercano al punto de penetración del conducto de extracción en la sala de máquinas. El conjunto carcasa-rodete debe estar fabricado con materiales que no produzcan chispas mecánicas y debe estar accionado por un motor eléctrico externo al conjunto, con envolvente IP-55 (Protección contra la acumulación de polvos perjudiciales al motor y Protección contra chorros de agua provenientes de todas las direcciones).

c) Ductos de extracción: el extractor se debe conectar a una red de ductos con bocas de aspiración dispuestas en las proximidades de los posibles puntos de fuga de gas coincidiendo, por lo general, con los puntos de ubicación de los detectores. La altura de las bocas debe ser la misma que para los detectores. El número mínimo de bocas de aspiración debe ser igual al número de detectores.

d) Caudal de extracción: el caudal de extracción mínimo, expresado en m^3/h , se calcular mediante la expresión: $Q = 10xA$, donde A es la superficie en planta de la sala de máquinas, expresada en m^2 . En todos los casos se debe garantizar un caudal mínimo de $100 m^3/h$.

e) Funcionamiento del sistema: el conjunto de extracción debe funcionar cuando el equipo de detección esté activado y debe permanecer en funcionamiento hasta que se restablezcan las condiciones normales de operación.

7.2.2.7. Medidas específicas para edificación existente

Para las salas de máquinas en edificaciones existentes se deben cumplir los criterios mencionados anteriormente, y si en algún caso eso no es posible se admiten las siguientes excepciones:

7.2.2.7.1. Dimensiones

Las dimensiones indicadas en este documento, se pueden modificar de manera justificada, siempre que se garantice el mantenimiento de los equipos instalados; en el caso de las calderas se debe incluir la documentación del fabricante, en la cual se detalle el mencionado aspecto.

7.2.2.7.2. Patio de ventilación

En edificaciones ya construidas, el patio puede tener una superficie mínima en planta de 3 m² y la dimensión del lado menor será como mínimo de 1 m.

7.2.2.7.3. Salas de máquinas con calderas a gas en las que no se logre la superficie resistente

En las reformas de las salas de máquinas en edificaciones existentes con calderas de gas, se debe realizar una ventilación forzada y se debe instalar un sistema de detección y corte de fugas de gas.

7.2.2.7.4. Emplazamiento

Se debe cumplir con la normativa vigente.

7.2.2.7.5. Ventilación superior

En las reformas de las salas de máquinas en edificaciones existentes con calderas de gas, si existiera una viga o cualquier otro obstáculo constructivo que impidiera la colocación de la rejilla superior de ventilación, se puede colocar más baja, siempre que su parte superior se encuentre a menos de 30 cm del techo y su parte inferior se encuentre a menos de 50 cm del mismo techo.

7.2.3. Chimeneas

7.2.3.1. Evacuación de los productos de la combustión

La evacuación de los productos de la combustión en las instalaciones térmicas debe cumplir lo siguiente:

- a) En las edificaciones de nueva construcción, donde se prevea una instalación térmica, la evacuación de los productos de la combustión del generador se debe realizar por un conducto pasando la cubierta de la edificación, en el caso de instalación centralizada, o mediante un conducto independiente hacia el exterior, en el caso de instalación individualizada.
- b) En las instalaciones térmicas que se reformen cambiándose sus generadores y que, ya dispongan de un conducto de evacuación a cubierta, este se debe emplear para la evacuación, siempre que sea adecuado al nuevo generador y de conformidad con las condiciones establecidas en la reglamentación vigente.
- c) En las instalaciones térmicas existentes que se reformen cambiando sus generadores que no dispongan de conducto de evacuación a cubierta o éste no sea adecuado al nuevo generador, la evacuación se debe realizar por la cubierta de la edificación mediante un nuevo conducto.

Como excepción a los casos generales anteriores, se puede permitir siempre que los generadores utilicen combustibles gaseosos, la salida directa de estos productos al exterior con ductos por fachada o patio de ventilación, únicamente, cuando se trate de aparatos estancos de potencia útil nominal igual o inferior a 70 kW.

7.2.3.2. Diseño y dimensionamiento de chimeneas

1. Queda prohibida la unificación del uso de los ductos de evacuación de los productos de la combustión con otras instalaciones de evacuación.

2. Cada generador de calor de potencia térmica nominal mayor que 400 kW debe tener su propio conducto de evacuación de los productos de combustión.
3. Los generadores de calor de potencia térmica nominal igual o menor que 400 kW, que tengan la misma configuración para la evacuación de los productos de la combustión, pueden tener el conducto de evacuación común a varios generadores, siempre y cuando la suma de la potencia sea igual o menor a 400 kW. Para generadores atmosféricos, instalados en cascada, el ramal auxiliar, antes de su conexión al conducto común, debe tener un tramo vertical ascendente de altura igual o mayor que 0,2 m.
4. En ningún caso se puede conectar a un mismo conducto de humos generadores que empleen combustibles diferentes.
5. El dimensionamiento de las chimeneas se debe hacer de acuerdo con lo indicado en la normativa vigente.
6. En el dimensionamiento se debe analizar el comportamiento de la chimenea en las diferentes condiciones de carga; además, si el generador de calor funciona a lo largo de todo el año, se debe comprobar su funcionamiento en las condiciones extremas altas y bajas.
7. El tramo horizontal del sistema de evacuación, con pendiente hacia el generador de calor, debe ser lo más corto posible.
8. Se debe disponer de un registro en la parte inferior del conducto de evacuación que permita la eliminación de residuos sólidos y líquidos.
9. La chimenea debe ser de material resistente a la acción agresiva de los productos de la combustión y a la temperatura, con la estanquidad adecuada al tipo de generador empleado.
10. Para la evacuación de los productos de la combustión de calderas que incorporan extractor, la sección de la chimenea, su material y longitud deben ser certificados por el fabricante de la caldera. El sistema de evacuación de estas calderas debe tener el certificado correspondiente conjuntamente con la caldera y puede ser de pared simple, siempre que quede fuera del alcance de las personas, y puede estar construido con tubos de materiales plásticos, rígidos o flexibles, que sean resistentes a la temperatura de los productos de la combustión y a la acción agresiva del condensado. Se debe cuidar con particular esmero las juntas de estanquidad del sistema, por quedar en sobrepresión con respecto al ambiente.
11. En ningún caso el diseño de la terminación de la chimenea debe obstaculizar la libre difusión en la atmósfera de los productos de la combustión.

7.2.3.3. Evacuación por conducto con salida directa al exterior o a patio de ventilación

1. Condiciones de aplicación

Los sistemas de evacuación recogidos en esta sección deben utilizarse exclusivamente para los casos excepcionales indicados en el apartado.

2. Características de los patios de ventilación

- a) Los patios de ventilación para la evacuación de productos de combustión de aparatos conducidos en edificaciones existentes, deben tener como mínimo una superficie en planta, medida en m^2 , igual a $0,5 \times NT$, con un mínimo de $4 m^2$, siendo NT el número total de locales que puedan contener aparatos conducidos que desemboquen en el patio.

- b) Además, si el patio está cubierto en su parte superior con un techo, éste debe dejar libre una superficie permanente de comunicación con el exterior del 25 % de su sección en planta, con un mínimo de 4 m².

3. Aparatos de tipo estanco

- a) Características de los tubos de evacuación. En el caso de aparatos de tipo estanco, el sistema de evacuación de los productos de combustión y admisión del aire debe ser el diseñado por el fabricante para el aparato. Con carácter general, el extremo final del tubo debe estar diseñado de manera que se favorezca la salida frontal (tipo cañón) a la mayor distancia horizontal posible de los productos de combustión. Cuando no se puedan cumplir las distancias mínimas a una pared frontal, se pueden utilizar en el extremo, desviadores del flujo de los productos de la combustión.
- b) Características de la instalación. La proyección perpendicular del conducto de salida de los productos de la combustión sobre los planos en que se encuentran los orificios de ventilación y la parte practicable de los marcos de ventanas debe distar 40 cm como mínimo de éstos, salvo cuando dicha salida se efectúe por encima, en que no es necesario guardar tal distancia mínima. Se pueden utilizar desviadores laterales de los productos de la combustión cuando no se pueda respetar la distancia mínima de 40 cm.

Dependiendo del tipo de fachada y del tipo de salida (concéntrica o de ductos independientes) se distinguen los siguientes casos:

- a) A través de fachada, celosía o similar.
 - a1. Tubo concéntrico (interior para salida de los productos de la combustión, y el exterior para la entrada del aire para la combustión, debe existir entre ambos una separación máxima de 3 cm).
 - a2. Tubo de ductos independientes (un tubo para entrada de aire y otro para salida de los productos de la combustión). Tanto el tubo para salida de los productos de la combustión como el tubo para entrada de aire puede sobresalir como máximo 3 cm de la superficie de la fachada.

En ambos casos, se pueden colocar rejillas diseñadas por el fabricante en los extremos.

- b) A través de la superficie de fachada perteneciente al ámbito de una terraza, balcón o galería techados y abiertos al exterior. En este caso, caben dos posibilidades:
 - b1. El eje del tubo de salida de los productos de la combustión se encuentra a una distancia igual o inferior a 30 cm respecto del techo de la terraza, balcón o galería, medidos perpendicularmente.

En esta situación, dicho tubo se debe prolongar hacia el límite del techo de la terraza, balcón o galería de forma que entre el mismo y el extremo del tubo se guarde una distancia máxima de 10 cm, prevaleciendo las indicaciones que el fabricante facilite al respecto.

- b2. El eje del tubo de salida de los productos de la combustión se encuentra a una distancia superior a 30 cm respecto del techo de la terraza, balcón o galería, medidos perpendicularmente.
En esta situación, el extremo de dicho tubo no debe sobresalir de la pared que atraviesa más de 10 cm, prevaleciendo las indicaciones que el fabricante facilite al respecto.

- c) A través de fachada, celosía o similar, existiendo una cornisa o balcón en cota superior a la de salida de los productos de la combustión. Se debe seguir el mismo criterio que en el caso b, siendo el límite a considerar el de la cornisa o balcón.
- d) Aparato situado en el exterior, en una terraza, balcón o galería abiertos y techados. De forma general se debe seguir el mismo criterio que en los casos b y c, con la salvedad de que cuando el eje del tubo de salida de los productos de la combustión se encuentre a una distancia superior a 30 cm respecto del techo de la terraza, balcón o galería, la longitud del tubo de salida de los productos de la combustión debe ser la mínima indicada por el fabricante.

Si en los casos b o d la terraza, balcón o galería fuese cerrada con sistema permanente, con posterioridad a la instalación del aparato, los tubos de salida de los productos de la combustión se deben prolongar para atravesar el cerramiento siguiendo los mismos criterios que a través de muro o celosía indicados en el caso a.

En cualquiera de los casos anteriores, y de forma general, cuando la salida de los productos de la combustión se realice directamente al exterior a través de una pared, el eje del conducto de evacuación de los productos de la combustión se debe situar, como mínimo, a 2,20 m del nivel del suelo más próximo con tránsito o permanencia de personas, medidos en sentido vertical. Se exceptúan de este requisito, las salidas de productos de la combustión de los radiadores murales de potencia inferior a 4,2 kW, siempre y cuando estén protegidas adecuadamente para evitar el contacto directo.

Entre dos salidas de productos de la combustión situadas al mismo nivel, se debe mantener una distancia mínima de 60 cm. La distancia mínima se puede reducir a 30 cm si se emplean deflectores divergentes indicados por el fabricante o cualquier otro método, que utilizando los medios suministrados por el fabricante garantice que las dos salidas sean divergentes.

La salida de productos de la combustión debe distar al menos 1 m de la pared lateral con ventanas o huecos de ventilación, o 30 cm de pared lateral sin ventanas o huecos de ventilación.

La salida de productos de la combustión debe distar al menos 3 m de pared frontal con ventana o huecos de ventilación, o de 2 m de pared frontal sin ventanas o huecos de ventilación.

7.3. Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad en redes de tuberías y ductos de calor y frío

7.3.1. Generalidades

1. Para el diseño y colocación de los soportes de las tuberías, se deben emplear las instrucciones del fabricante considerando el material empleado, su diámetro y la colocación (enterrada o al aire, horizontal o vertical).
2. Las conexiones entre tuberías y equipos accionados por motor de potencia mayor que 3 kW se deben efectuar mediante elementos flexibles.

7.3.2. Alimentación

1. La alimentación de los circuitos se debe realizar mediante un dispositivo que sirva para reponer las pérdidas de agua. El dispositivo, denominado válvula de contraflujo, debe ser capaz de evitar el reflujo del agua de forma segura en caso de caída de presión en la red pública, creando una discontinuidad entre el circuito y la misma red pública.
2. Antes de este dispositivo se debe disponer una válvula de cierre, un filtro y un contador, en el orden indicado. El llenado debe ser manual, y se debe instalar también un presostato que active una alarma y pare los equipos.

- El diámetro mínimo de las conexiones en función de la potencia térmica nominal de la instalación se debe elegir de acuerdo con lo indicado en la Tabla 20. Diámetro de la conexión de alimentación.

Tabla 20. Diámetro de la conexión de alimentación.

Potencia térmica nominal	Calor DN	Frío DN
kW (TR)	mm (pulg)	mm (pulg)
$P \leq 70$ (≤ 20)	15 (3/4)	20 (1)
$70 < P \leq 150$ ($20 < P \leq 43$)	20 (1)	25 (1)
$150 < P \leq 400$ ($43 < P \leq 114$)	25 (1)	32 (1 1/4)
$400 < P$ ($114 < P$)	32 (1 1/4)	40 (1 1/2)

- En el tramo que conecta los circuitos cerrados al dispositivo de alimentación se debe instalar una válvula automática de alivio que debe tener un diámetro mínimo DN20 (1 pulg) y debe estar calibrada a una presión igual a la máxima de servicio en el punto de conexión más 20 a 30 Pa (2,9 a 4,4 psi), siempre menor que la presión de prueba.
- Si el agua está mezclada con un aditivo, la solución se debe preparar en un depósito y se debe introducir en el circuito por medio de una bomba, de forma manual o automática.

7.3.3. Vaciado y purga

- Todas las redes de tuberías se deben diseñar de tal manera que se puedan vaciar de forma parcial y total.
- Los vaciados parciales se deben hacer en puntos adecuados del circuito, a través de un elemento que debe tener un diámetro mínimo nominal de 25 mm (1 pulg).
- El vaciado total se debe hacer por el punto accesible más bajo de la instalación a través de una válvula cuyo diámetro mínimo, en función de la potencia térmica del circuito, se indica en Tabla 21. Diámetro de la conexión de vaciado.

Tabla 21. Diámetro de la conexión de vaciado.

Potencia térmica nominal	Calor DN	Frío DN
kW (TR)	mm (pulg)	mm (pulg)
$P \leq 70$ (≤ 20)	25 (1)	25 (1)
$70 < P \leq 150$ ($20 < P \leq 43$)	25 (1)	32 (1 1/4)
$150 < P \leq 400$ ($43 < P \leq 114$)	32 (1 1/4)	40 (1 1/2)
$400 < P$ ($114 < P$)	40 (1 1/2)	50 (2)

- La conexión entre la válvula de vaciado y el desagüe se debe hacer de forma que el paso de agua resulte visible. Las válvulas se deben proteger contra maniobras accidentales.
- El vaciado de agua con aditivos peligrosos para la salud se debe hacer en un depósito de recolección para permitir su posterior tratamiento antes del vertido a la red de alcantarillado público.
- Los puntos altos de los circuitos deben estar provistos de un dispositivo de purga de aire, manual o automático. El diámetro nominal del purgador no será menor que 12 mm.

7.3.4. Tanque de expansión

Los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas deben estar equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

Es válido el diseño y dimensionamiento de los sistemas de expansión de acuerdo con el cambio en temperatura y los materiales del sistema.

7.3.5. Circuitos cerrados

1. Los circuitos cerrados con fluidos calientes deben disponer, además de la válvula de alivio, de una o más válvulas de seguridad. El valor de la presión de calibración, mayor que la presión máxima de ejercicio en el punto de instalación y menor que la de prueba, es la determinada por las especificaciones del fabricante de equipos y aparatos a presión. Su descarga debe estar conducida a un lugar seguro y visible.
2. En el caso de generadores de calor, la válvula de seguridad debe estar dimensionada por el fabricante del generador.
3. Las válvulas de seguridad deben tener un dispositivo de accionamiento manual para pruebas que, cuando sea accionado, no modifique la calibración de las mismas.
4. Se debe disponer un dispositivo de seguridad que impida la puesta en marcha de la instalación si el sistema no tiene la presión de trabajo del proyecto de diseño.

7.3.6. Dilatación

1. Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura del fluido que contiene se deben compensar con el fin de evitar roturas en los puntos más débiles.
2. En las salas de máquinas se pueden aprovechar los frecuentes cambios de dirección, con curvas de radio largo, para que la red de tuberías tenga la suficiente flexibilidad y pueda soportar los esfuerzos a los que está sometida.
3. En los tendidos de gran longitud, tanto horizontales como verticales, los esfuerzos sobre las tuberías se deben absorber por medio de compensadores de dilatación y cambios de dirección, teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes para los elementos utilizados.

7.3.7. Golpe de ariete

1. Para prevenir los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito, se deben instalar elementos amortiguadores en puntos cercanos a los elementos que los provocan.
2. En diámetros mayores que DN32 (1 1/4 pulg) se debe evitar, el empleo de válvulas de retención de clapeta (cortina).
3. En diámetros mayores que DN100 (4 pulg) las válvulas de retención se deben sustituir por válvulas motorizadas con tiempo de actuación ajustable.

7.3.8. Filtración

1. Cada circuito hidráulico se debe proteger mediante un filtro con una luz de 1 mm, como máximo, y se deben dimensionar con una velocidad de paso, a filtro limpio, menor o igual que la velocidad del fluido en las tuberías contiguas.
2. Las válvulas automáticas de diámetro nominal mayor que DN15 (3/4 pulg), contadores y aparatos similares se deben proteger con filtros de 0,25 mm de luz, como máximo.
3. Los elementos filtrantes se deben dejar permanentemente en su sitio.

7.3.9. Tuberías de circuitos frigoríficos

1. Para el diseño y dimensionamiento de las tuberías de los circuitos frigoríficos se debe cumplir con la ASHRAE vigente.
2. Además, para los sistemas de tipo partido se debe tener en cuenta lo siguiente:
 - a) Las tuberías deben soportar la presión máxima específica del refrigerante seleccionado.
 - b) Los tubos deben ser nuevos, con extremos debidamente tapados, con espesores adecuados a la presión de trabajo.
 - c) El dimensionamiento de las tuberías se debe hacer de acuerdo con las indicaciones del fabricante.
 - d) Las tuberías se deben dejar instaladas con los extremos tapados y soldados hasta el momento de la conexión.

7.3.10. Ductos de aire

7.3.10.1. Generalidades

1. Los ductos deben cumplir en materiales y fabricación, las normas SMACNA para ductos metálicos y no metálicos.
2. El revestimiento interior de los ductos debe resistir la acción agresiva de los productos de desinfección y su superficie interior debe tener una resistencia mecánica que permita soportar los esfuerzos a los que está sometida durante las operaciones de limpieza mecánica que establece la norma sobre higienización de sistemas de climatización.
3. La velocidad y la presión máximas admitidas en los ductos deben ser las que vengan determinadas por el tipo de construcción, según las normas SMACNA para ductos metálicos y no metálicos.
4. Para el diseño de los soportes de los ductos se deben seguir las normas SMACNA o las instrucciones que dicte el fabricante, en función del material empleado, sus dimensiones y colocación.

7.3.10.2. Plenums

1. El espacio situado entre una losa y un techo suspendido o un suelo elevado puede ser utilizado como pleno de retorno o de Suministro de aire siempre que cumpla las siguientes condiciones:
 - a) Que esté delimitado por materiales que cumplan con las condiciones requeridas a los ductos.

- b) Que se garantice su accesibilidad para efectuar intervenciones de limpieza y desinfección.
- 2. Los plenums pueden ser atravesados por conducciones de electricidad o agua, siempre que se ejecuten de acuerdo con la reglamentación específica que les afecta.
- 3. Los plenums pueden ser atravesados por conducciones siempre que las uniones no sean del tipo "enchufe y cordón"

7.3.10.3. Conexión de unidades terminales

Los ductos flexibles que se utilicen para la conexión de la red a las unidades terminales se deben instalar totalmente desplegados y con curvas de radio igual o mayor que el diámetro nominal y deben cumplir la norma SMACNA en cuanto a materiales y fabricación. La longitud de cada conexión flexible no será mayor de 4,27 m y la distancia entre soportes no debe ser mayor a 1,5 m

7.3.10.4. Pasillos

Los pasillos y los vestíbulos se pueden utilizar como elementos de distribución solamente cuando sirvan de paso del aire desde las zonas acondicionadas hacia los locales de servicio y no se empleen como lugares de almacenamiento.

Los pasillos y los vestíbulos se pueden utilizar como plenos de retorno.

7.3.11. Tratamiento del agua

A fin de prevenir los fenómenos de corrosión e incrustación calcárea en las instalaciones son válidos los criterios indicados por los fabricantes de los equipos.

7.3.12. Unidades terminales

Todas las unidades terminales por agua deben tener válvulas de cierre en la entrada y en la salida del fluido portador, así como un dispositivo, manual o automático, para poder modificar las aportaciones térmicas. Una de las válvulas debe ser específicamente destinada para el equilibrado del sistema.

7.4. Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad en protección contra incendios

Se debe cumplir la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que sea de aplicación a la instalación térmica.

7.5. Caracterización y cuantificación de la exigencia de seguridad en la utilización

7.5.1. Seguridad de utilización de superficies calientes

- 1. Ninguna superficie con la que exista posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, pueden tener una temperatura mayor que 60°C (140°F).
- 2. Las superficies calientes de las unidades terminales que sean accesibles al usuario deben tener una temperatura menor que 80°C (176°F) o deben estar adecuadamente protegidas contra contactos accidentales.

7.5.2. Partes móviles

Instalar interruptores de seguridad a todos los equipos que tengan movimiento, donde pueda haber en cualquier momento personal.

El material aislante en tuberías, ductos o equipos nunca debe interferir con partes móviles de sus componentes.

7.5.3. Accesibilidad

1. Los equipos y aparatos deben estar situados de forma tal que se facilite su limpieza, mantenimiento y reparación.
2. Los elementos de medida, control, protección y maniobra se deben instalar en lugares visibles y fácilmente accesibles.
3. Para aquellos equipos o aparatos que deban quedar ocultos se debe prever un acceso fácil. En los falsos techos se deben prever accesos adecuados cerca de cada aparato que pueden ser abiertos sin necesidad de recurrir a herramientas. La situación exacta de estos elementos de acceso y de los mismos aparatos deben quedar reflejada en los planos finales de la instalación.
4. Las edificaciones multiusuarios con instalaciones térmicas ubicadas en el interior de sus locales, deben disponer de ductos verticales accesibles, desde los locales de cada usuario hasta la cubierta, de dimensiones suficientes para alojar las conducciones correspondientes (chimeneas, tuberías de refrigerante, ductos de ventilación).
5. En edificaciones de nueva construcción las unidades exteriores de los equipos autónomos de enfriamiento situadas en fachada se deben integrar en la misma, quedando ocultas a la vista exterior.
6. Las tuberías se deben instalar en lugares que permitan la accesibilidad de las mismas y de sus accesorios, además de facilitar el montaje del aislamiento térmico, en su recorrido, salvo cuando vayan empotradas.

7.5.4. Señalización

1. En la sala de máquinas se debe disponer un plano con el esquema de la instalación, enmarcado en un cuadro de protección.
2. Todas las instrucciones de seguridad, de manejo y maniobra y de funcionamiento, según figure en el "Manual de Uso y Mantenimiento" deben estar situadas en lugar visible, en la sala de máquinas y locales técnicos.
3. Las conducciones de las instalaciones deben estar señalizadas de acuerdo con la norma INEN vigente.

7.5.5. Medición

1. Todas las instalaciones térmicas deben disponer de la instrumentación de medida suficiente para la supervisión de todas las magnitudes y valores de los parámetros que intervienen de forma fundamental en el funcionamiento de los mismos.
2. Los aparatos de medida se deben situar en lugares visibles y fácilmente accesibles para su lectura y mantenimiento. El tamaño de las escalas debe ser suficiente para que la lectura pueda efectuarse sin esfuerzo.
3. Antes y después de cada proceso que lleve implícita la variación de una magnitud física debe haber la posibilidad de efectuar su medición, situando instrumentos permanentes,

de lectura continua, o mediante instrumentos portátiles. La lectura también se puede efectuar aprovechando las señales de los instrumentos de control.

4. En el caso de medida de temperatura en circuitos de agua, el sensor debe penetrar en el interior de la tubería o equipo a través de un termopozo, que debe estar relleno de una sustancia conductora de calor. No se permite el uso permanente de termómetros o sondas de contacto.
5. Las medidas de presión en circuitos de agua se deben hacer con manómetros equipados de dispositivos de amortiguación de las oscilaciones de la aguja indicadora.
6. En instalaciones de potencia térmica nominal mayor que 70 kW (20 TR), el equipamiento mínimo de aparatos de medición debe ser el siguiente:
 - a) Colectores de suministro y retorno de un fluido portador: un termómetro.
 - b) Tanques de expansión: un manómetro.
 - c) Circuitos secundarios de tuberías de un fluido portador: un termómetro en el retorno, uno por cada circuito.
 - d) Bombas: un manómetro para lectura de la diferencia de presión entre aspiración y descarga, uno por cada bomba.
 - e) Chimeneas: un pirómetro o un pirostato con escala indicadora.
 - f) Intercambiadores de calor: termómetros y manómetros a la entrada y salida de los fluidos, salvo cuando se trate de agentes frigoríferos.
 - g) Baterías agua-aire: un termómetro a la entrada y otro a la salida del circuito del fluido primario y tomas para la lectura de las magnitudes relativas al aire, antes y después de la batería.
 - h) Recuperadores de calor aire-aire: tomas para la lectura de las magnitudes físicas de las dos corrientes de aire.
 - i) Unidades Manejadoras de Aire (UMA): medida permanente de las temperaturas del aire en suministro, retorno y toma de aire exterior.

8. Pruebas de montaje

8.1. Prueba de equipos

1. Se debe tomar nota de los datos de funcionamiento de los equipos y aparatos, que pasan a formar parte de la documentación final de la instalación. Se deben registrar los datos nominales de funcionamiento que figuren en el proyecto de diseño y los datos reales de funcionamiento.
2. Los quemadores se deben ajustar a las potencias de los generadores, verificando, al mismo tiempo los parámetros de la combustión; se deben medir los rendimientos de los conjuntos caldera-quemador.
3. Se deben ajustar las temperaturas de funcionamiento del agua de las plantas enfriadoras y se debe medir la potencia absorbida en cada una de ellas.

8.2. Pruebas de estanquidad de redes de tuberías de agua

1. Todas las redes de circulación de fluidos portadores se deben probar hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanquidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.
2. Son válidas las pruebas realizadas de acuerdo con la ASHRAE, para tuberías metálicas o para tuberías plásticas.

El procedimiento a seguir para las pruebas de estanquidad hidráulica, en función del tipo de tubería y con el fin de detectar fallos de continuidad en las tuberías de circulación de fluidos portadores, debe comprender las fases que se relacionan a continuación.

8.2.1. Preparación y limpieza de redes de tuberías

1. Antes de realizar la prueba de estanquidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de tuberías de agua se deben limpiar internamente para eliminar los residuos procedentes del montaje.
2. Las pruebas de estanquidad deben requerir el cierre de los terminales abiertos. Se deben comprobar que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales aparatos y accesorios deben quedar excluidos, cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones.
3. Para ello, una vez completada la instalación, la limpieza se puede efectuar llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, con agua o con una solución acuosa de un producto detergente, con desincrustantes compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración debe ser establecida por el fabricante.
4. Tras el llenado, se debe poner en funcionamiento las bombas y dejar circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto desincrustante. Posteriormente, se debe vaciar totalmente la red y enjuagar con agua procedente del dispositivo de alimentación.
5. En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100°C, se debe medir el pH del agua del circuito. Si el pH es menor a 7,5 se debe repetir la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación, se debe poner en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.

8.2.2. Prueba preliminar de estanquidad

1. Esta prueba se debe efectuar a baja presión, para detectar fallos de continuidad de la red y evitar los daños que puede provocar la prueba de resistencia mecánica; se debe emplear el mismo fluido transportado o, generalmente, agua a la presión de llenado.
2. La prueba preliminar debe tener la duración suficiente para verificar la estanquidad de todas las uniones.

8.2.3. Prueba de resistencia mecánica

1. Esta prueba se debe efectuar a continuación de la prueba preliminar: una vez llenada la red con el fluido de prueba, se debe someter a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100°C, la presión de

prueba debe ser equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 600 Pa.

2. Para los circuitos primarios de las instalaciones de energía solar, la presión de la prueba debe ser de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 300 Pa., y se debe comprobar el funcionamiento de las líneas de seguridad.
3. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones deben quedar excluidos de la prueba.
4. La prueba hidráulica de resistencia mecánica debe tener la duración suficiente para verificar visualmente la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.

8.2.4. Reparación de fugas

1. La reparación se debe realizar desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo.
2. Una vez reparadas las anomalías, se debe comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se debe repetir tantas veces como sea necesario, hasta que la red quede hermética.

8.3. Pruebas de estanquidad de los circuitos frigoríficos

1. Los circuitos frigoríficos de las instalaciones realizadas en obra deben ser sometidos a las pruebas especificadas en la normativa vigente.
2. No es necesario someter a una prueba de estanquidad la instalación de unidades por elementos, cuando se realice con líneas precargadas suministradas por el fabricante del equipo, que debe entregar el correspondiente certificado de pruebas.

8.4. Pruebas de libre dilatación

1. Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con generadores de calor se deben llevar hasta la temperatura de capacidad recomendada de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática. En el caso de instalaciones con captadores solares se debe llevar a la temperatura de estancamiento.
2. Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se debe comprobar visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

8.5. Pruebas de recepción de redes de ductos de aire

8.5.1. Preparación y limpieza de redes de ductos

1. La limpieza interior de las redes de ductos de aire se debe efectuar una vez se haya completado el montaje de la red y de la Unidad Manejadora de Aire (UMA), pero antes

de conectar las unidades terminales y de montar los elementos de acabado y los muebles.

2. En las redes de ductos debe cumplir con las condiciones que prescribe la norma pertinente.
3. Antes de que una red de ductos se haga inaccesible por la instalación de aislamiento térmico o el cierre de obras de albañilería y de cielo falsos, se deben realizar pruebas de resistencia mecánica y de estanquidad para establecer si se ajustan al servicio requerido, de acuerdo con lo establecido en el proyecto de diseño.
4. Para realizar las pruebas las aperturas de los ductos, donde deben ir conectados los elementos de difusión de aire o las unidades terminales, deben cerrarse rígidamente y quedar perfectamente selladas.

8.5.2. Pruebas de resistencia estructural y estanquidad

1. Las redes de ductos se deben someter a pruebas de resistencia estructural y estanquidad.
2. El caudal de fuga admitido se debe ajustar a lo indicado en el proyecto de diseño, de acuerdo con la clase de estanquidad elegida.

8.6. Pruebas de estanquidad de chimeneas

La estanquidad de los ductos de evacuación de humos se debe probar según las instrucciones de su fabricante.

8.7. Pruebas finales

1. Se consideran válidas las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas por el Comisionamiento en lo que respecta a los controles y mediciones funcionales.
2. Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales del subsistema solar se deben realizar en un día soleado y sin demanda.
3. En el subsistema solar se deben llevar a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar cuando esté lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80 % del valor de radiación solar máxima, durante al menos una hora.

9. Ajuste y equilibrado

1. Las instalaciones térmicas se deben ajustar a los valores de las prestaciones que figuren en el proyecto de diseño, dentro de los márgenes admisibles de tolerancia.
2. La empresa instaladora debe presentar un informe final de las pruebas efectuadas que contenga las condiciones de funcionamiento del sistema.

9.1. Sistemas de distribución y difusión de aire

La empresa instaladora debe realizar y documentar el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución y difusión de aire, de acuerdo con lo siguiente:

1. De cada circuito se deben conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales en ramales y unidades terminales.
2. El punto de trabajo de cada ventilador, del que se debe conocer la curva característica, debe ser ajustado al caudal y la presión correspondiente de diseño.
3. Las unidades terminales de suministro y retorno deben ser ajustadas al caudal de diseño mediante sus dispositivos de regulación.
4. Para cada local se debe conocer el caudal nominal del aire impulsado y extraído previsto en el proyecto de diseño, así como el número, tipo y ubicación de las unidades terminales de suministro y retorno.
5. El caudal de las unidades terminales debe quedar ajustado al valor especificado en el proyecto de diseño.
6. En unidades terminales con flujo direccional, se deben ajustar los deflectores para minimizar las corrientes de aire y establecer una distribución adecuada del mismo.
7. En locales donde la presión diferencial del aire respecto a los locales de su entorno o el exterior sea un condicionante del proyecto de diseño, se debe ajustar la presión diferencial de diseño mediante actuaciones sobre los elementos de regulación de los caudales de suministro y extracción de aire, en función de la diferencia de presión a mantener en el local, manteniendo a la vez constante la presión en el conducto. El ventilador debe adaptar, en cada caso, su punto de trabajo a las variaciones de la presión diferencial mediante un dispositivo adecuado.

9.2. Sistemas de distribución de agua

La empresa instaladora debe realizar y documentar el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución de agua, de acuerdo con lo siguiente:

1. De cada circuito hidráulico se deben conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales en ramales y unidades terminales.
2. Se debe comprobar que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto de diseño.
3. Cada bomba, de la que se debe conocer la curva característica, debe ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los generadores de calor y frío a los caudales y temperaturas de diseño.
4. Las unidades terminales, o los dispositivos de equilibrado de los ramales, deben ser equilibradas al caudal de diseño.
5. En circuitos hidráulicos equipados con válvulas de control de presión diferencial, se debe ajustar el valor del punto de control del mecanismo al rango de variación de la caída de presión del circuito controlado.
6. Cuando exista más de una unidad terminal de cualquier tipo, se debe comprobar el correcto balanceo hidráulico de los diferentes ramales, mediante el procedimiento previsto en el proyecto de diseño.

7. De cada intercambiador de calor se deben conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, se debe ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.
8. Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se debe probar el correcto balanceo hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto de diseño.
9. Cuando exista riesgo de heladas se debe comprobar que el fluido de llenado del circuito primario del subsistema de energía solar cumple con los requisitos especificados en el proyecto de diseño.
10. Se debe comprobar el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento, así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto de diseño.

9.3. Sistema de control automático

A efectos del control automático:

1. Se debe ajustar los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto de diseño y se debe comprobar el funcionamiento de los componentes que configuran el sistema de control.
2. Para ello, se deben establecer los criterios de seguimiento basados en la propia estructura del sistema, con base en los niveles de los procesos siguientes: nivel de unidades de campo, nivel de proceso, nivel de comunicaciones, nivel de gestión y sistemas electrónicos.
3. Los niveles de proceso deben ser verificados para constatar su adaptación a la aplicación, de acuerdo con la base de datos especificados en el proyecto de diseño. Son válidos a estos efectos los protocolos establecidos por el Comisionamiento.
4. Cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y gestión o sistema electrónico basado en la tecnología de la información, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas debe ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

10. Eficiencia energética de la instalación

La empresa instaladora debe realizar y documentar las siguientes pruebas de eficiencia energética de la instalación:

- a) Comprobar el funcionamiento de la instalación en las condiciones de diseño.
- b) Comprobar la eficiencia energética de los equipos de generación de calor y frío en las condiciones de operación. El rendimiento del generador de calor no debe ser inferior en más del 10% al calculado según NTE INEN-ISO 13790 (Eficiencia energética de los edificios. Cálculo del consumo de energía para calefacción y refrigeración de espacios).
- c) Comprobar de los intercambiadores de calor, climatizadores y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica.

- d) Comprobar de la eficiencia y la aportación energética de la producción de los sistemas de generación de energía de origen renovable.
- e) Comprobar del funcionamiento de los elementos de regulación y control.
- f) Comprobar de las temperaturas y sus diferenciales de todos los circuitos de generación, distribución y las unidades terminales en las condiciones de régimen.
- g) Comprobar que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto de diseño.
- h) Comprobar del funcionamiento y de la potencia absorbida por los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo.
- i) Comprobar de las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

11. Generalidades del mantenimiento y uso de las instalaciones térmicas

Esta norma contiene las exigencias que deben cumplir las instalaciones térmicas con el fin de asegurar que su funcionamiento, a lo largo de su vida útil, se realice con la máxima eficiencia energética, garantizando la seguridad, la durabilidad y la protección del medio ambiente, así como las exigencias establecidas en el proyecto de diseño de la instalación final realizada.

12. Mantenimiento y uso de las instalaciones térmicas

Las instalaciones térmicas se deben utilizar y mantener de acuerdo con su potencia térmica nominal y sus características técnicas y de conformidad con los procedimientos que se establecen a continuación:

- a) La instalación térmica se debe mantener de acuerdo con un programa de mantenimiento preventivo que cumpla con lo establecido en la normativa.
- b) La instalación térmica debe disponer de un programa de gestión energética.
- c) La instalación térmica debe disponer de instrucciones de seguridad actualizadas.
- d) La instalación térmica se debe utilizar de acuerdo con las instrucciones de manejo y maniobra.
- e) La instalación térmica se debe utilizar de acuerdo con un programa de funcionamiento.

13. Programa de mantenimiento preventivo

1. Las instalaciones térmicas se deben mantener de acuerdo con las operaciones y periodicidades contenidas en el programa de mantenimiento preventivo establecido en el "Manual de Uso y Mantenimiento" que deben ser, al menos, las indicadas en la Tabla 22. Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad, para instalaciones de potencia térmica nominal menor o igual que 70 kW (20 TR) o mayor que 70 kW (20 TR).

2. Es responsabilidad del director de mantenimiento autorizado, la actualización y adecuación permanente de las mismas a las características técnicas de la instalación.

Tabla 22. Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad.

Operación	Periodicidad	
	≤70kW (≤20TR)	>70 kW (>20TR)
1. Limpieza de los evaporadores.	a	a
2. Limpieza de los condensadores.	a	a
3. Drenaje, limpieza y tratamiento del circuito de torres de enfriamiento.	a	a
4. Comprobación de la estanquidad y niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos.	a	m
5. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas.	a	6m
6. Comprobación y limpieza, si procede, de ductos de humos y chimenea.	a	6m
7. Limpieza del quemador de la caldera.	a	m
8. Revisión del tanque de expansión.	a	m
9. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua.	a	m
10. Comprobación de material refractario.	—	6m
11. Comprobación de estanquidad de cierre entre quemador y caldera.	a	m
12. Revisión general de calderas de gas.	a	a
13. Revisión general de calderas de ACPM.	a	a
14. Comprobación de niveles de agua en los circuitos.	a	m
15. Comprobación de estanquidad de circuitos de tuberías.	—	a
16. Comprobación de estanquidad de válvulas cierre.	—	6m
17. Comprobación de calibración de elementos de seguridad.	—	m
18. Revisión y limpieza de filtros de agua.	—	6m
19. Revisión y limpieza de filtros de aire.	a	m
20. Revisión interior y exterior de todas las partes del calentador o caldera que hacen el intercambio térmico.	—	a
21. Revisión de aparatos de humidificación y enfriamiento evaporativo.	a	m
22. Revisión y limpieza de recuperadores de calor.	a	6m
23. Revisión de unidades terminales agua-aire.	a	6m
24. Revisión de unidades terminales de distribución de aire.	6m	6m
25. Revisión y limpieza de unidades de retorno de aire.	6m	6m
26. Revisión de equipos autónomos.	a	6m
27. Revisión de bombas y ventiladores.	a	m
28. Revisión del estado del aislamiento térmico.	a	a
29. Revisión del sistema de control automático.	a	a
30. Instalación de energía solar térmica.	a	a
s:	Operaciones de mantenimiento preventivo semanal	
m:	Operaciones de mantenimiento preventivo mensual	
6m:	Operaciones de mantenimiento preventivo semestral	
a:	Operaciones de mantenimiento preventivo anual	

La administración de la edificación, en base a la experiencia, puede definir el periodo en que le es necesario realizar los procesos de mantenimiento.

14. Apéndices / Anexos

14.1. Apéndice 1. Conocimientos de instalaciones térmicas en edificaciones

14.1.1. Conocimientos específicos de instalaciones térmicas en edificaciones (Para responsables de obra).

Los responsables de obra deben demostrar competencia para la instalación con una certificación avalada por una institución competente.

14.1.2. Contenidos de los cursos de formación complementarios para la convalidación de los carnés profesionales establecidos en el reglamento de las instalaciones térmicas en las edificaciones (NEC-HS-CL)

Los instaladores deben demostrar competencia para la instalación con una certificación avalada por una institución competente.

14.2. Apéndice 2. Documentación justificativa

1. El proyecto de diseño, debe contener, de acuerdo con el procedimiento simplificado o alternativo elegido, mínimo la siguiente documentación de justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética de:
 - a) Generación de calor y producción de frío (Numeral 6.2.1).
 - b) Redes de tuberías y ductos de calor y frío (Numeral 6.2.2).
 - c) Sistema de control de las instalaciones térmicas (Numeral 6.2.3).
 - d) Contabilización de consumos (Numeral 6.2.4).
 - e) Recuperación de energía (Numeral 6.2.5).
 - f) Aprovechamiento de energías renovables (Numeral 6.2.6).
 - g) Limitación de la utilización de energía convencional (Numeral 6.2.7).
 - h) Consumo energético de las instalaciones térmicas (Numeral 6.2.8).
2. El proyecto de diseño de una instalación térmica debe incluir una estimación del consumo de energía mensual y anual expresado en kW.
3. El proyecto de diseño debe incluir una lista de los equipos consumidores de energía y de sus potencias.
4. En el proyecto de diseño se debe justificar el sistema de climatización elegido desde el punto de vista de la eficiencia energética.
5. En las edificaciones nuevas que dispongan de una instalación térmica superior a 70 kW (20 TR), la justificación anterior debe incluir la comparación del sistema de producción de energía elegido, con otros alternativos.

En este análisis se debe considerar y tener en cuenta aquellos sistemas que sean viables técnica, medioambiental y económicamente, en función del clima y de las características específicas de la edificación y su entorno, como:

- a) Sistemas de producción de energía, basados en energías renovables, en particular la energía solar térmica.
- b) La cogeneración, en las edificaciones de servicios en los que se prevea una actividad ocupacional y funcional superior a las 4 000 horas al año, y cuya previsión de consumo energético tenga una relación estable entre la energía térmica (calor y frío) y la energía eléctrica consumida a lo largo de todo el periodo de ocupación.
- c) La conexión a una red de climatización urbana cuando ésta exista previamente.
- d) La calefacción y enfriamiento centralizado.
- e) Las bombas de calor.

14.3. Apéndice 3. Grupo técnico

Este reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas para edificaciones ha sido revisado por el siguiente grupo técnico.

Entidades

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI.
Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables - MERNNR.
Instituto de Investigación Geológico y Energético - IIGE.
Escuela Superior Politécnica del Litoral - ESPOL.
Escuela Politécnica Nacional - EPN.
Colegio de Ingenieros Mecánicos del Guayas - CIMEG.
Colegio de Ingenieros Mecánicos del Pichincha - CIMEPI.
Colegio de Ingenieros Mecánicos de Azuay - CIMA.
Asociación Técnica Ecuatoriana de Aire Acondicionado y Refrigeración - ATEAAR.

Empresa Privada

MAFRICO.
DONOSO E HIJOS.
CENTURIOSA.
ASHRAE Capítulo Ecuador.
HVAC-Ingeniería.



CLIMATIZACIÓN (CL)

código NEC-HS-CL

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA
SERVICIO NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y EMERGENCIAS
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN