

Control de condensación en superficies frías Aplicado a la Mediana y Pequeña Industria, a los Centros Comerciales, a los Edificios

Importancia del control de la condensación en sistemas de refrigeración: eficiencia energética, protección de los materiales y calidad ambiental.

En los sistemas de refrigeración, tuberías, conductos y equipos aislados térmicamente, no basta con controlar las transferencias de calor; también es esencial limitar la difusión y condensación del vapor de agua sobre las superficies frías y en el interior del aislamiento.

La refrigeración constituye uno de los principales consumidores de electricidad en los sectores residencial, comercial e industrial. Por ello, las decisiones adoptadas durante el diseño, instalación y operación de estos sistemas influyen directamente en el consumo energético, la durabilidad de los materiales, los costos de explotación y las emisiones asociadas a la generación de electricidad.

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

Criterios para evitar condensaciones

1. Introducción

El diseño de sistemas de refrigeración, tuberías frías, conductos y equipos aislados térmicamente exige controlar no solamente las pérdidas o ganancias de calor, sino también el comportamiento del vapor de agua que rodea y puede penetrar en el aislamiento.

Cuando una superficie opera a una temperatura inferior a la del ambiente, puede producirse condensación si el aire que entra en contacto con ella contiene suficiente humedad. Asimismo, el vapor de agua puede difundirse a través de los materiales aislantes y alcanzar zonas internas cuya temperatura sea suficientemente baja para generar condiciones de sobresaturación.

Estos fenómenos están relacionados, pero no son equivalentes. Para interpretarlos correctamente, debemos distinguir:

1. La dirección potencial de difusión del vapor de agua.
2. La posibilidad de condensación intersticial dentro del aislamiento.
3. La posibilidad de condensación superficial sobre las superficies expuestas.

El procesador «Control de condensación en superficies frías» que hemos programado y facilitamos gratuitamente - https://www.energianow.net/select/bd_sistema_transfcalor42.php organiza estas evaluaciones mediante cinco módulos de cálculos que están relacionados:

a) REF-42-01, evaluación psicrométrica;
b) REF-42-02, evaluación térmica multicapa;
c) REF-42-03, difusión de vapor;
d) REF-42-04, diagnóstico de condensación intersticial; y
e) REF-42-05, diagnóstico de condensación superficial.

El propósito de este artículo es explicar la interpretación de los resultados y establecer criterios de diseño que permitan reducir el riesgo de acumulación de humedad y deterioro del aislamiento.

2. Fundamento psicrométrico: temperatura, humedad relativa y punto de rocío

La humedad relativa expresa la relación entre la presión parcial real del vapor de agua y la presión de saturación a la temperatura considerada:

Pv = (HR / 100) × Psat(T)

Donde:

- Pv: presión parcial del vapor de agua.
- HR: humedad relativa, expresada en porcentaje.
- Psat(T): presión de saturación del agua a la temperatura del aire.

El punto de rocío es la temperatura a la que el aire alcanza la saturación cuando se enfría manteniendo su contenido de vapor.

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

Para evaluar la condensación superficial, el punto de rocío del aire es una referencia fundamental. Si una superficie expuesta se enfría hasta alcanzar una temperatura igual o inferior a ese punto, puede aparecer condensación.

En el procesador se calculan separadamente las condiciones del ambiente exterior y las del aire del lado frío. La humedad relativa capturada se interpreta respecto del agua líquida. Por debajo de 0 °C se utiliza la presión de saturación sobre agua sobreenfriada mediante Murphy–Koop; desde 0 °C se utiliza la formulación de Hyland–Wexler, conforme a la referencia psicrométrica de ASHRAE. Esta convención debe tenerse presente al interpretar resultados a temperaturas negativas: el procesador calcula punto de rocío respecto del agua, no punto de escarcha respecto del hielo.

Medición de la temperatura y humedad relativa del lado frío: La temperatura del lado frío debe determinarse mediante un instrumento de medición de temperatura adecuado al intervalo de operación del sistema, preferentemente una sonda de contacto instalada sobre la superficie cuya condición térmica se desea evaluar o un sensor de temperatura representativo del aire del recinto frío, según el punto de medición definido en el proyecto, o en el procedimiento que se utilice.

La humedad relativa debe obtenerse mediante un higrómetro o sensor psicrométrico compatible con las condiciones de temperatura del lugar. Es importante destacar que este procesador adopta la convención RHw (humedad relativa respecto del agua líquida sobreenfriada): por debajo de 0 °C, calcula la presión de saturación respecto del agua sobreenfriada, utilizando la formulación de Murphy–Koop (2005), y no respecto del hielo.

Por tanto, el instrumento o sistema de medición empleado debe proporcionar una lectura de humedad relativa compatible con esa referencia; si el equipo utiliza saturación respecto del hielo (RHi), su lectura no debe introducirse directamente como RHw sin la conversión correspondiente. Esta distinción es esencial para calcular correctamente la presión parcial de vapor y el punto de rocío del ambiente frío.

3. Evaluación térmica de un aislamiento multicapa

La temperatura de una superficie no puede deducirse únicamente de la temperatura del aire ni de la temperatura del fluido que circula por una tubería. Depende de las resistencias térmicas del conjunto.

El módulo REF-42-02 calcula la transferencia de calor en régimen estacionario, considerando:

- Convección entre el aire del lado frío y la superficie interior.
- Conducción a través de cada material.
- Convección entre la superficie exterior y el ambiente.
- Geometría plana o cilíndrica.

En una superficie plana, la resistencia conductiva de una capa se expresa como:

$$R = e / (k \times A)$$

En una tubería cilíndrica:

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

$$R = \ln(r_2/r_1) / (2\pi \times k \times L)$$

Donde **e** es el espesor, **k** la conductividad térmica, **A** el área de transferencia, r_1 y r_2 los radios de la capa y **L** la longitud.

El procesador calcula las temperaturas de las interfaces entre materiales. Estas temperaturas son necesarias para evaluar si el vapor que alcanza una determinada posición puede encontrarse con una temperatura inferior a la correspondiente condición de saturación. El orden de las capas debe conservarse desde el lado frío hacia el exterior, porque tanto el perfil térmico como el perfil de presión parcial dependen de la posición de cada material.

4. Difusión de vapor: dirección y resistencia de las capas

La difusión de vapor se produce por una diferencia de presión parcial. En términos generales, el vapor tiende a desplazarse desde la región de mayor presión parcial hacia la región de menor presión parcial.

Por tanto, no basta con comparar las temperaturas de los ambientes. Es necesario conocer también sus humedades relativas y calcular sus presiones parciales.

El módulo programado REF-42-03 distribuye la presión parcial de vapor a través de las capas según su resistencia relativa a la difusión.
Para una capa plana:

$$Sd = \mu \times e$$

Donde:

- Sd: espesor equivalente de aire.
- μ: factor de resistencia a la difusión del vapor.
- e: espesor del material, expresado en metros.

Para una capa cilíndrica, la resistencia relativa utilizada es proporcional a:

$$Rv \propto \mu \times \ln(r_2/r_1)$$

La capa que presenta mayor resistencia relativa concentra una mayor caída de presión parcial en el perfil calculado.

El factor **μ** debe proceder preferentemente de ensayos, normas aplicables o documentación técnica del fabricante. No es correcto asignar arbitrariamente un valor de **μ** a un material para conseguir que el procesador genere un perfil. Debe considerarse que los valores del factor μ reportados en la información del procesador, son orientativos

4.1. Barreras de vapor y barreras metálicas

Una barrera de vapor debe evaluarse según su permeancia o resistencia documentada. En muchos productos, el fabricante proporciona permeancia o espesor equivalente de aire (Sd), en lugar de un factor **μ** directamente aplicable.

Una lámina metálica continua, una chapa de aluminio o una superficie de acero inoxidable pueden presentar una resistencia al paso del vapor extremadamente elevada a través de su

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

superficie. Sin embargo, su eficacia real depende de la continuidad del revestimiento y del tratamiento de juntas, uniones, penetraciones y sellos.

Una barrera metálica no debe representarse como un material ordinariamente permeable mediante un valor μ artificialmente pequeño. Tampoco debe suponerse que una chapa con juntas abiertas o discontinuidades proporciona el mismo control de vapor que una envolvente continua y hermética.

Es importante distinguir la resistencia a la difusión del vapor de la hermeticidad al aire. Una barrera de vapor no sustituye automáticamente a una barrera de aire correctamente ejecutada.

5. REF-42-04: diagnóstico de condensación intersticial

La condensación intersticial es una condición potencial que puede presentarse dentro del aislamiento o en una interfaz entre materiales.

El módulo del procesador REF-42-04 compara la presión parcial de vapor calculada en REF-42-03 con la presión de saturación correspondiente a la temperatura de cada interfaz calculada en REF-42-02.
La relación utilizada es:

$$F = 100 \times Pv / Psat(T)$$

Su interpretación es:

- **F inferior al 100 %:** no se calcula sobresaturación en esa interfaz.
- **F próximo al 100 %:** la interfaz se encuentra próxima a la saturación.
- **F superior al 100 %:** existe sobresaturación potencial bajo las hipótesis del modelo.

Cuando Pv supera Psat(T), el estado calculado indica que la presión parcial de vapor es superior a la presión de saturación correspondiente a esa temperatura. En una situación física real, esta condición puede dar lugar a condensación, pero el resultado no determina por sí solo la cantidad de agua que se formará ni el tiempo que tardará en acumularse.

Por tanto, el término «sobresaturación potencial» es más apropiado que afirmar que el procesador ha calculado una masa de condensado.

5.1. Interpretación de la corrida de prueba realizada con el procesador, utilizando material aislante PUR, aerogel, lana de roca y cubierta

En una de las evaluaciones desarrolladas se utilizaron las siguientes capas:

- Espuma rígida de poliuretano (PUR).
- Aerogel flexible o manta aislante.
- Lana de roca.
- Cubierta exterior ASJ, tela o polímero.

Las condiciones psicrométricas fueron:

- Ambiente exterior: 30 °C y 60 % HR.

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

- Lado frío: −40 °C y 65 % HR.

Los resultados psicrométricos fueron:
- Presión parcial exterior: 2.54762 kPa.
- Punto de rocío exterior: 21.388 °C.
- Presión parcial del lado frío: 0.01229 kPa.
- Punto de rocío del lado frío: −44.054 °C.

La presión parcial exterior es considerablemente superior a la del lado frío. Por tanto, la dirección potencial de difusión es desde el ambiente exterior hacia el lado frío.

En el diagnóstico intersticial se obtuvo una relación Pv/Psat del 135 % en la interfaz exterior de la primera capa de PUR. En las interfaces siguientes se obtuvieron relaciones inferiores al 100 %. Este resultado identifica una **sobresaturación potencial localizada en la interfaz del PUR**. No significa que se haya determinado la cantidad de agua condensada ni que toda la instalación esté saturada.

5.2. Comprobación de coherencia del perfil de presión parcial

El proyectista debe verificar que la distribución de Pv sea coherente con las resistencias relativas de todas las capas.

En la corrida anterior, el perfil reportó un cambio importante de presión parcial entre el lado frío y la primera interfaz del PUR. Antes de utilizar ese resultado como criterio definitivo de diseño, conviene comprobar:
1. El espesor y el factor μ realmente asignados a cada capa.
2. Los radios interiores y exteriores de cada capa cuando la geometría sea cilíndrica.
3. La resistencia relativa individual de cada material.
4. La suma de las resistencias individuales y la resistencia relativa total.
5. La fracción de resistencia acumulada utilizada para calcular cada Pv de interfaz.

La distribución de presión parcial debe responder a la proporción de resistencia acumulada. Una caída pronunciada en una capa puede ser correcta si esa capa concentra la resistencia correspondiente; si no existe esa correspondencia, debe revisarse la formulación o los datos de entrada.
Esta comprobación es especialmente importante antes de modificar el espesor del aislamiento o seleccionar una barrera de vapor.

6. REF-42-05: diagnóstico de condensación superficial

La condensación superficial es distinta de la condensación intersticial. Se produce cuando el vapor del aire entra en contacto con una superficie cuya temperatura es igual o inferior al punto de rocío de ese aire.
El criterio básico es:
T superficie > T rocío del aire en contacto
El margen térmico se define como:
ΔT = T superficie − T rocío

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

Si el margen es positivo, la superficie se encuentra por encima del punto de rocío para las condiciones calculadas. Si es cero o negativo, existe posibilidad de condensación superficial.

El módulo REF-42-05 utiliza los resultados existentes de REF-42-01 y REF-42-02. No solicita nuevas temperaturas ni humedades relativas.
Evalúa dos superficies límite:
1. La superficie exterior de la cubierta del aislamiento, en contacto con el aire exterior.
2. La superficie interior del conjunto, en contacto con el aire del lado frío.

La comparación debe realizarse siempre con el punto de rocío del aire que realmente está en contacto con la superficie. No debe compararse la superficie exterior con el punto de rocío del lado frío, ni la superficie interior con el punto de rocío exterior.

6.1. Interpretación de los resultados de la corrida de prueba B

Para la superficie exterior de la cubierta:
- Temperatura superficial: 28.253 °C.
- Punto de rocío exterior: 21.388 °C.
- Margen térmico: +6.865 °C.

No se calcula condensación superficial exterior para esas condiciones.
Para la superficie interior del conjunto:
- Temperatura superficial: −36.100 °C.
- Punto de rocío del aire del lado frío: −44.054 °C.
- Margen térmico: +7.954 °C.

Tampoco se calcula condensación superficial en esta superficie para las condiciones consideradas.

Sin embargo, la interfaz interna del PUR presentó una sobresaturación potencial del 135 % en REF-42-04. Por tanto, no sería correcto concluir que toda la instalación está libre de riesgo de humedad únicamente porque REF-42-05 no detecta condensación en las superficies límite.

La instalación puede presentar simultáneamente ausencia de condensación superficial calculada y riesgo de condensación intersticial.

7. Criterios de diseño para evitar condensaciones

El proyectista debe adoptar medidas complementarias. Ninguna de ellas, considerada aisladamente, garantiza el comportamiento higrotérmico del conjunto.

7.1. Dimensionar correctamente el espesor del aislamiento

El espesor debe seleccionarse de manera que la temperatura de la superficie exterior del aislamiento permanezca por encima del punto de rocío del ambiente que la rodea, incluso bajo las condiciones de diseño más desfavorables.

No debe utilizarse únicamente la temperatura media del ambiente. Para evaluar adecuadamente el riesgo de condensación, deben considerarse las condiciones ambientales más severas

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

razonablemente previsibles, incluyendo los valores máximos de temperatura y humedad relativa, las variaciones de carga térmica y las condiciones reales de operación. La selección de los parámetros de diseño debe basarse en la combinación de época del año, mes, día y hora que produzca el mayor punto de rocío y, por tanto, el mayor potencial de formación de condensación sobre las superficies frías.

7.2. Instalar una barrera de vapor continua en sistemas fríos

En tuberías y equipos que operan por debajo de la temperatura ambiente, el vapor suele tender a penetrar desde el ambiente húmedo y cálido hacia el sistema frío.

Por ello, la estrategia habitual consiste en disponer el control de vapor hacia el lado cálido del aislamiento, normalmente en la envolvente exterior, y asegurar su continuidad.
La solución debe especificar:

- Tipo de barrera y permeancia documentada.
- Continuidad de la envolvente.
- Tratamiento de juntas y solapes.
- Sellado de penetraciones.
- Compatibilidad de adhesivos, mastics y acabados.
- Resistencia mecánica y durabilidad en servicio.

La posición exacta debe comprobarse para las condiciones reales de operación y clima. No debe aplicarse una regla de ubicación sin evaluar el conjunto.

7.3. Evitar discontinuidades de aislamiento y puentes térmicos

Soportes, abrazaderas, válvulas, bridas, uniones y penetraciones pueden presentar temperaturas superficiales diferentes de las calculadas para una sección uniforme de tubería.

Estas zonas requieren detalles constructivos específicos. Debe mantenerse la continuidad del aislamiento y del control de vapor alrededor de ellas, evitando caminos preferenciales de entrada de humedad.

7.4. Controlar la humedad del ambiente

La reducción de la humedad relativa del ambiente disminuye la presión parcial de vapor y el punto de rocío. En instalaciones interiores puede ser necesario controlar la ventilación y la deshumidificación.

En ambientes cálidos y húmedos, la infiltración de aire húmedo hacia espacios refrigerados o alrededor de equipos fríos puede representar una fuente importante de humedad.

7.5. Seleccionar materiales con propiedades documentadas

El proyectista debe solicitar al fabricante:

- Conductividad térmica a la temperatura media de servicio.
- Factor μ, permeancia o espesor equivalente de aire.
- Comportamiento frente a la absorción de agua.
- Temperaturas admisibles de servicio.

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

- Características de la cubierta exterior.
- Compatibilidad de sellantes y accesorios.

Los valores genéricos de tablas sirven para una estimación preliminar, pero no sustituyen los datos certificados del producto finalmente seleccionado.

8. Alcance y limitaciones de los diagnósticos

Los calculadores REF-42-04 y REF-42-05 son herramientas de evaluación estacionaria y simplificada. Sus resultados permiten identificar condiciones potencialmente desfavorables, pero no sustituyen una simulación higrotérmica transitoria ni una inspección de la instalación.

Entre los fenómenos que no se resuelven completamente mediante este modelo se encuentran:

- Transporte de humedad por movimiento de aire a través de fugas.
- Transporte capilar y movimiento de agua líquida.
- Almacenamiento higroscópico de humedad.
- Variación de propiedades de los materiales con el contenido de humedad.
- Acumulación y secado de agua a lo largo del tiempo.
- Puentes térmicos y geometrías locales complejas.
- Discontinuidades de barreras de vapor y defectos de sellado.
- Efectos transitorios de arranque, parada y variación de carga.

La norma ISO 13788 establece métodos simplificados para evaluar temperatura superficial crítica y riesgo de condensación intersticial, pero reconoce limitaciones relacionadas con varios de estos fenómenos. ASHRAE también describe las limitaciones del método de punto de rocío y la importancia de considerar el transporte de humedad y la hermeticidad.

Cuando el diseño sea crítico, existan capas muy sensibles al agua o se detecten resultados de sobresaturación potencial, conviene realizar una evaluación higrotérmica más completa y revisar los detalles constructivos.

9. Secuencia recomendada de utilización del procesador «Control de condensación en superficies frías»

Para aprovechar correctamente los módulos del procesador, se recomienda seguir este orden:

1. **REF-42-01 — Evaluación psicrométrica:** introducir temperatura y humedad relativa del ambiente exterior y del lado frío. Revisar Pv y punto de rocío de ambos ambientes.
2. **REF-42-02 — Evaluación térmica multicapa:** definir geometría, coeficientes convectivos, materiales, espesores y conductividades. Revisar temperaturas de las superficies y de las interfaces.
3. **REF-42-03 — Difusión de vapor:** introducir propiedades de resistencia a la difusión documentadas para las capas. Identificar la dirección potencial de difusión y el perfil de Pv.
4. **REF-42-04 — Condensación intersticial:** revisar la relación Pv/Psat en cada interfaz. Investigar cualquier resultado próximo o superior al 100 %.
5. **REF-42-05 — Condensación superficial:** comparar las temperaturas de las superficies expuestas con el punto de rocío del aire adyacente. Revisar el margen térmico y establecer un margen de diseño apropiado.

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

Los resultados deben interpretarse de manera conjunta. Una evaluación superficial favorable no elimina un riesgo intersticial, y un perfil de difusión sin sobresaturación calculada no garantiza que no existan condensaciones locales en soportes o discontinuidades.

10. Conclusiones para el proyectista

El control de condensación en sistemas fríos requiere resolver simultáneamente el problema térmico y el problema de humedad.

La temperatura superficial debe mantenerse por encima del punto de rocío del aire que está en contacto con ella. En el interior del aislamiento, la presión parcial de vapor debe evaluarse en relación con la presión de saturación correspondiente a la temperatura local.

El proyectista debe prestar especial atención a la continuidad de la barrera de vapor, al sellado de juntas y penetraciones, a los puentes térmicos y a las propiedades documentadas de los materiales.

Los módulos REF-42-04 y REF-42-05 permiten diferenciar la sobresaturación potencial dentro del aislamiento de la condensación superficial sobre las superficies expuestas. Esta distinción evita diagnósticos equivocados y facilita la selección de medidas correctivas.

El resultado más útil no consiste simplemente en obtener una tabla sin alertas, sino en identificar dónde puede presentarse el problema, comprender qué mecanismo lo origina y definir una solución constructiva que mantenga el aislamiento seco y funcional durante la vida útil de la instalación.

Referencias técnicas

1. **ASHRAE Handbook—Fundamentals**, capítulo 25, *Heat, Air, and Moisture Control in Building Assemblies—Fundamentals*. Fundamentos de control de calor, aire, humedad, condensación superficial e intersticial. https://handbook.ashrae.org/Handbooks/F25/SI/f25_Ch25/f25_Ch25_si.aspx
2. **ASHRAE Handbook—Fundamentals**, capítulo 37, *Moisture Management in Buildings*. Medidas para evitar problemas de humedad, condensación, infiltración y puentes térmicos. https://handbook.ashrae.org/Handbooks/F25/SI/F25_Ch37/F25_Ch37_si.aspx
3. **ISO 13788:2012**, *Hygrothermal performance of building components and building elements — Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation — Calculation methods*. Métodos simplificados para evaluar humedad superficial crítica y condensación intersticial. La edición fue confirmada por ISO en 2023. https://www.iso.org/standard/51615.html
4. **ISO 12572:2016**, con Amendment 1:2024, *Hygrothermal performance of building materials and products — Determination of water vapour transmission properties — Cup method*. Referencia para determinar propiedades de transmisión de vapor mediante ensayo de copa. https://www.iso.org/standard/64988.html

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net

5. **Murphy, D. M. y Koop, T. (2005)**, *Review of the vapour pressures of ice and supercooled water for atmospheric applications*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. Referencia para la presión de vapor sobre agua sobreenfriada.
6. **National Insulation Association (NIA)**, *Design Objectives — Condensation Control*. Criterios de diseño para sistemas aislados que operan por debajo de la temperatura ambiente.

Nota de aplicación: este artículo es una guía de interpretación y diseño. Las decisiones finales deben basarse en las condiciones de operación, las propiedades verificadas de los productos, los requisitos normativos aplicables y la evaluación de los detalles constructivos reales.

Por: René Ruano Domínguez
info@energianow.net
www.energianow.net



Sobre el Autor: René Francisco Ruano Domínguez realizo trabajos de ingeniería y reparaciones en sistemas y equipos energéticos por más de 40 años, tanto en los sistemas que utilizan energía fósil como fuentes renovables. Se inició como Operador de Planta, posteriormente Tecnólogo y más tarde, Gerente Técnico en Plantas de Conversión y Refinación de Fuel Oil y Nafta. Fue Fundador y Gerente Técnico de Organizaciones de Ingeniería Energética, dirigidos al Proyecto, al Montaje y a los Servicios Técnicos en los Sistemas de Calor y Frío, abarcando la generación, distribución, uso y control del vapor y el agua caliente. En los Sistemas de Frío, en equipos de bajas temperaturas (refrigeración y producción de hielo), medianas temperaturas (conservación) y altas temperaturas (Aire Acondicionado), tanto en industrias como en comercios. Desde hace 20 años, se dedica a la programación de Calculadores, Instructivos y Artículos Técnicos, con el fin de expresar experiencias simplificando la información de alto valor agregado, programando materiales online que transmiten y miden la eficiencia y los niveles de contaminación por el uso de la energía, en equipos y sistemas energéticos. Sus trabajos están disponibles online de forma gratuita. Aspira que todos los interesados puedan acceder, informarse y actuar para bien de nuestro Planeta y de sus economías.

El documento, marcas, logo es propiedad de su Autor e Ingeniería Energética General. Autorizado para ACR Latinoamérica
La utilización de estos por parte del usuario requiere que se haga referencia a nuestra propiedad y se debe señalar en el destino como
© Derechos Reservados Ingeniería Energética General.- 2026
info@energianow.net