



Riesgo de condensación

ANÁLISIS Y CÁLCULO

ACTUALIZACIÓN REGLAMENTACIÓN TÉRMICA



**CHILE
AVANZA
CONTIGO**

DITEC

División Técnica de
Estudio y Fomento
Habitacional

INTRODUCCIÓN

La condensación produce humedades que generan patologías en las edificaciones, causantes de:

- Enfermedades broncopulmonares
- Deterioro de materiales
- Costos en reparaciones
- Aumento de gasto en calefacción
- Deterioro del confort interior



INTRODUCCIÓN

La condensación tiene como síntomas la formación de **moho** y **hongos**, y que a veces es visible.





INTRODUCCIÓN

Existen casos de patologías asociadas a condensaciones desde la región de **Coquimbo a Magallanes**, en viviendas **sociales y privadas**,

estas viviendas cumplen con las exigencias mínimas establecidas en el artículo 4.1.10 de la **OGUC vigente**.

En viviendas sociales, el MINVU resuelve estos problemas **acondicionando térmicamente la envolvente de las viviendas**, a un estándar adecuado para el clima del emplazamiento.

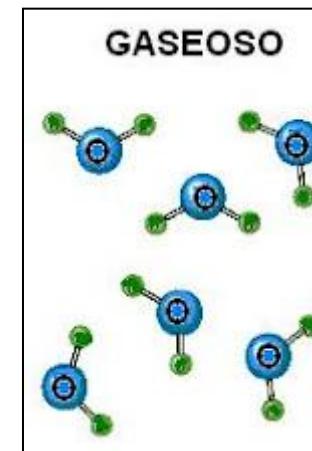
Solo entre 2019 y 2020 el MINVU gastó **UF550.000** en acondicionar 1.184 viviendas con patologías por condensaciones.

En viviendas privadas, en etapa de post venta inmobiliaria, los problemas de condensación se resuelve generalmente instalando extractores de aire, vale decir, **sobre ventilando y enfriando la vivienda** para disminuir la HR interior.

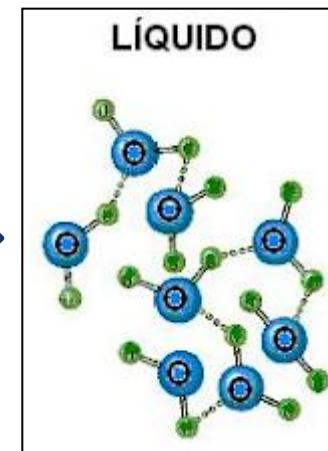
¿CUÁNDO SE PRODUCE CONDENSACIÓN?

La condensación es el **cambio de estado de la materia**, de gaseoso a líquido.

La condensación del agua se produce cuando la presión de vapor de agua es mayor que la presión de vapor de saturación. Esto ocurre cuando el aire se enfriá y las moléculas del vapor se acercan volviéndose líquidas.



CAMBIO DE ESTADO



¿CUÁNDO SE PRODUCE CONDENSACIÓN?

Si la temperatura de un objeto está por debajo de la **temperatura de rocío** el agua del ambiente se condensará en su superficie.

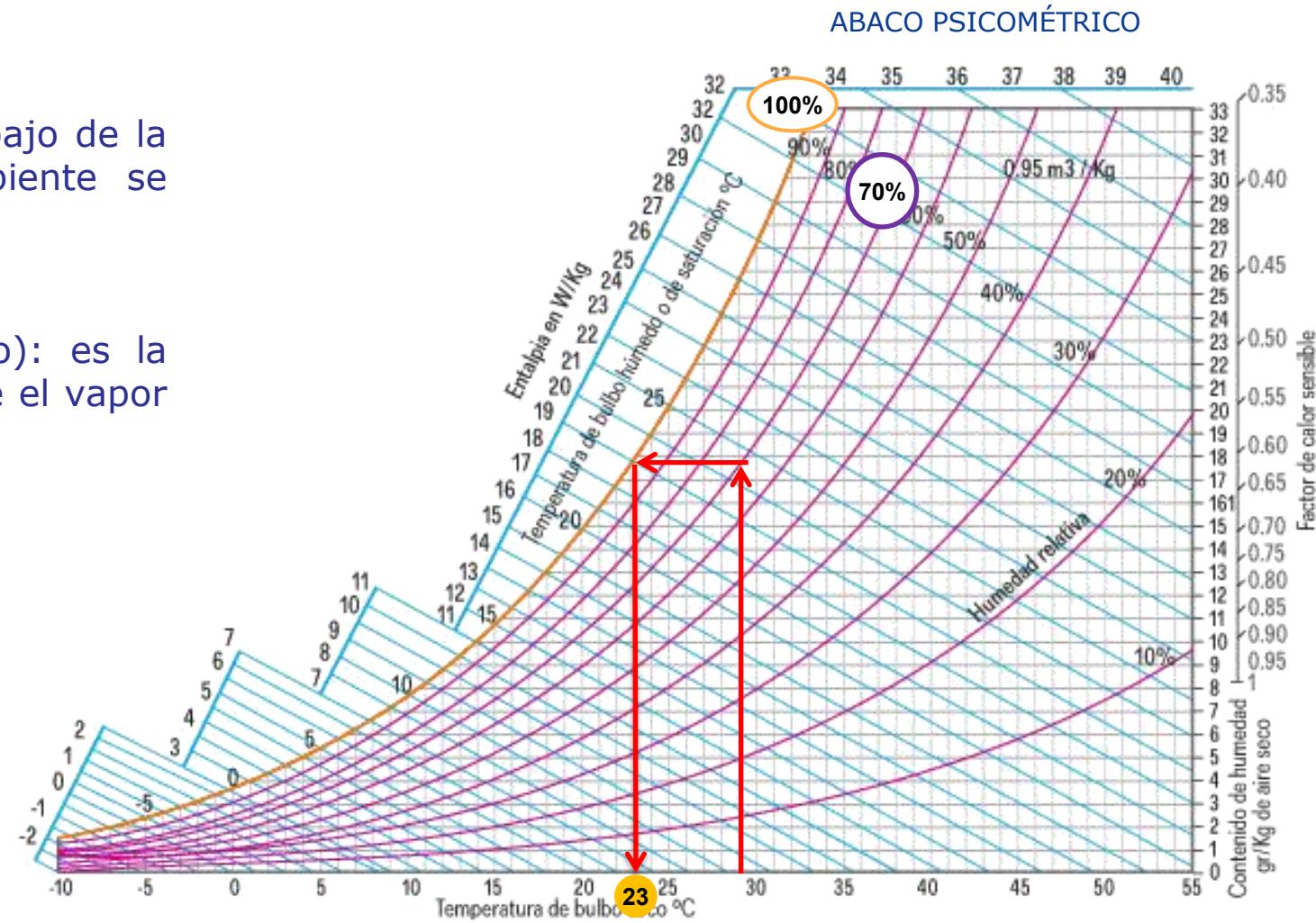
Temperatura de rocío (o punto de rocío): es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire.

Para condiciones dadas:

Temperatura **29°C** y HR **70%**

Podemos conocer la temperatura de rocío:

"23°C"





¿CUÁNDO SE PRODUCE CONDENSACIÓN?

Si la temperatura de un objeto está por debajo de la **temperatura de rocío** el agua del ambiente se condensará en su superficie.

Temperatura de rocío (o punto de rocío): es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire.



¿CUÁNDO SE PRODUCE CONDENSACIÓN?

En un elemento constructivo la condensación se puede producir en la superficie del elemento o dentro del elemento.

La **condensación superficial** se produce en la superficie del elemento constructivo (cara visible del revestimiento interior), se identifica fácilmente (hongos y moho) y genera daños en materiales de revestimiento y puede causar enfermedades respiratorias.



*Se observa fácilmente en materiales impermeables al vapor de agua y por la aparición de hongos y moho, especialmente en **puentes térmicos***

¿CUÁNDO SE PRODUCE CONDENSACIÓN?

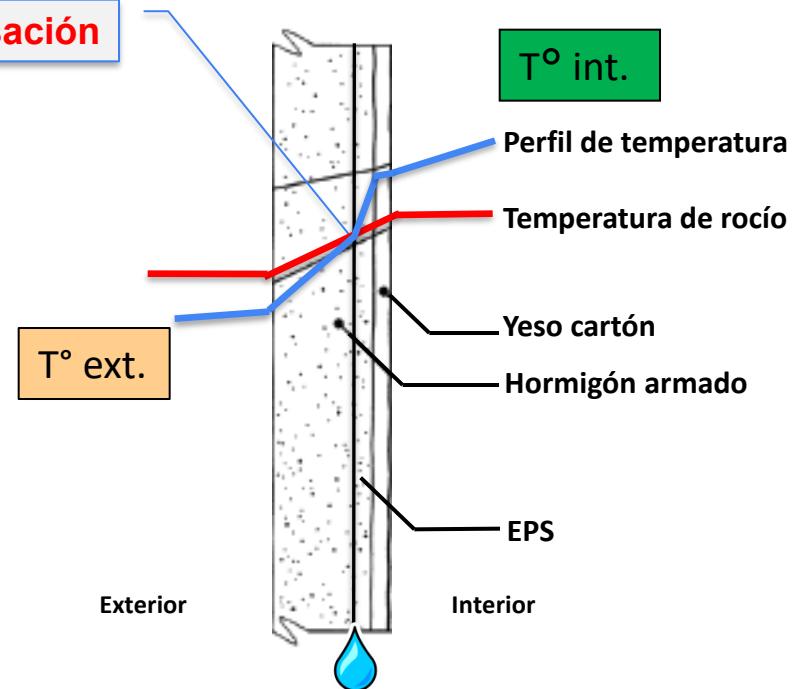
En un elemento constructivo la condensación se puede producir en la superficie del elemento o dentro del elemento.

La **condensación intersticial** se produce en el interior del elemento constructivo; en el encuentro entre capas (interfase) o dentro de una capa material.

Es más difícil de identificar y genera daños en los materiales aislantes térmicos, revestimientos y elementos estructurales.

Mantiene húmedos los materiales haciéndolos más conductores.

Condensación



Condensación **intersticial** en el encuentro entre el EPS y el muro de HA

MÉTODO NUMÉRICO NCh1973

La NCh1973 ofrece un método numérico de cálculo del riesgo de condensación

La utilización de este método permite evaluar los diseños arquitectónicos (soluciones constructivas) ante la posible ocurrencia de condensación **superficial e intersticial**, para el clima del emplazamiento.

Consiste en:

- métodos de cálculo simplificados
- considera que el transporte de humedad es sólo mediante **difusión de vapor**
- normalmente permite obtener **diseños seguros**

NORMA
CHILENA

NCh
1973

Tercera edición
2014.05.26

Comportamiento higrotérmico de elementos y componentes de construcción — Temperatura superficial interior para evitar la humedad superficial crítica y la condensación intersticial — Métodos de cálculo

Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods

Traducción modificada de la Norma ISO13788:2012

**"CONDICIONES DE CÁLCULO
DEFINIDAS POR LA AUTORIDAD
COMPETENTE"**



ESTÁNDAR



Actualmente existen distintas exigencias relativas a condensación:

- Itemizado Técnico DS N°49/MINVU
- PDA/MMA
- Vivienda Industrializada Tipo – VIT/DITEC
- Proyectos del DS N°49/MINVU
- Actualización art. 4.1.10 – OGUC/MINVU**



CÁLCULO CONDENSACIÓN

La OGUC señala que MINVU definirá las condiciones de cálculo de condensación mediante una **RESOLUCIÓN**

B. CONDENSACIÓN SUPERFICIAL E INTERSTICIAL.

En los complejos de techumbre, muros perimetrales y piso ventilado se deberá verificar que no exista riesgo de condensación superficial e intersticial, de acuerdo al procedimiento de la NCh 1973 y a las condiciones de cálculo que definirá el Ministerio de Vivienda y Urbanismo mediante Resolución, debiendo acreditar este cumplimiento por medio de una Memoria de Cálculo.

El análisis de condensación superficial debe incluir los puentes térmicos contenidos en la solución constructiva o en el sistema constructivo adoptado para los complejos de techumbre, muros perimetrales y piso ventilado.

El diseño de la solución constructiva de los complejos de techumbre, muros perimetrales y piso ventilado debe permitir que el vapor de agua que ingrese al respectivo complejo pueda salir al exterior.

Las edificaciones de uso residencial destinadas a hoteles estarán exentas de cumplir las exigencias de condensación superficial e intersticial en los complejos de techumbre, muros perimetrales y piso ventilado.

**"VERIFICAR QUE NO EXISTE CONDENSACIÓN SUPERFICIAL E INTERSTICIAL. LAS CONDICIONES PARA EL CÁLCULO LAS DEFINIRÁ MINVU MEDIANTE RESOLUCIÓN"
"EL VAPOR DE AGUA QUE INGRESE AL SISTEMA CONSTRUCTIVO DEBE PODER SALIR"
"SE DEBE INCLUIR LOS PUENTES TÉRMICOS"**



CÁLCULO CONDENSACIÓN

RESOLUCION MINVU

El análisis (y cálculo) se realiza cuando el agua en estado gaseoso se convierte en agua líquida $\varphi_{sicr}=1,0$ (100%).

Cálculo en 2 secciones del sistema constructivo:
La de mayor Resistencia térmica y
La de menor Resistencia térmica (puente térmico constructivo)

1.1 Condiciones para análisis y cálculo de riesgo de condensación

Los análisis y cálculos para evaluar el riesgo de condensación superficial e intersticial se deben realizar en un momento determinado del año y según los datos de temperatura y humedad relativa del emplazamiento, según lo indicado en el punto 1.2.

La humedad relativa máxima aceptable será: $\varphi_{sicr} = 1,0$ (100%). Opcionalmente, y para evaluar la formación de moho, se podrá utilizar $\varphi_{sicr} = 0,8$ (80%).

Se deberán utilizar los valores de “Rsi y Rse” indicados en el ANEXO 2, para el tipo de elemento constructivo correspondiente. Opcionalmente, se podrá considerar el efecto del mobiliario.

Los cálculos de riesgo de condensación se realizarán en al menos dos secciones de la solución constructiva:

Sección A: la de mayor resistencia térmica

Sección B: la de menor resistencia térmica (puente térmico constructivo)

Cada sección está compuesta por todas las capas térmicamente homogéneas presentes en la sección de análisis. Se debe conocer el espesor, la conductividad térmica y la propiedad a la difusión de vapor de agua de cada una de las capas.

CÁLCULO CONDENSACIÓN

RESOLUCION MINVU

Ambiente INTERIOR:

T°: 19°C / HR: hasta 75% (inclusive)

Ambiente EXTERIOR:

Emplazamiento; comuna, zona térmica y sus particularidades y Macrozonas térmica (agrupación de ZT)

1.2 Valores de temperatura y humedad

Condiciones del ambiente exterior:

Temperatura (T°_{ext}) y Humedad relativa (HR_{ext}) según emplazamiento, conforme a lo indicado en el ANEXO 1.

Condiciones del ambiente interior:

Temperatura (T°_{int}): 19°C.

Humedad relativa (HR_{int}): hasta 75% (inclusive)

Zona Térmica	Comuna / localidad	Meridiano	Altitud [msnm]	T° _{ext}	HR _{ext}
A	Alto Hospicio	-	-	12,4	69
A	Antofagasta	≥ 70°	-	10,3	73
A	Arica	-	< 1.100	13,6	73
A	Caldera	-	-	10,3	73
A	Camarones	-	< 1.100	13,6	73
A	Chañaral	-	-	10,3	73
A	Copiapó	> 70° 44'	-	10,3	73
A	Freirina	-	-	10,3	73
A	Huara	-	< 1.100	12,4	69
A	Huasco	-	-	10,3	73
A	Iquique	-	-	12,4	69
A	Mejillones	-	-	10,3	73
A	Taltal	≥ 70°	-	10,3	73
A	Tocopilla	-	-	12,4	69
A _(p)	Isla de Pascua			16	85
A	Todas las comunas excepto Isla de Pascua			10,3	73
Zona Térmica	Comuna / localidad	Meridiano	Altitud [msnm]	T° _{ext}	HR _{ext}
B	Alto del Carmen	-	< 3.000	7,8	76
B	Andacollo	-	-	7,8	76
B	Antofagasta	< 70°	< 3.000	7,8	76
B	Arica	-	1.100 ≤ altitud < 3.000	7,8	76
B _(p)	Calama	-	< 3.000	0,4	27
B	Camarones	-	1.100 ≤ altitud < 3.000	7,8	76
B	Camiña	-	1.100 ≤ altitud < 3.000	7,8	76
B	Combarbalá	-	< 2.000	7,8	76
B	Copiapó	≤ 70° 44'	< 3.000	6,9	85
B	Diego de Almagro	-	< 3.000	6,9	85
B	Huara	-	1.100 ≤ altitud < 3.000	7,8	76
B	Illapel	-	< 2.000	7,8	76
B	La Higuera	≤ 71°	-	7,8	76
B	La Serena	≤ 71°	-	7,8	76
B _(p)	María Elena	-	-	0,4	27

CÁLCULO CONDENSACIÓN

RESOLUCION MINVU

Establece EXCEPCIONES

"cuando no ingresa vapor de agua al sistema constructivo"

"cuando se contempla revestimiento exterior con cámara de aire"

"techumbre con barrera hidrófuga bajo plancha de zinc"

"los puentes térmicos puntuales <10% no se analizan (ni calculan)"

1.3 Excepciones

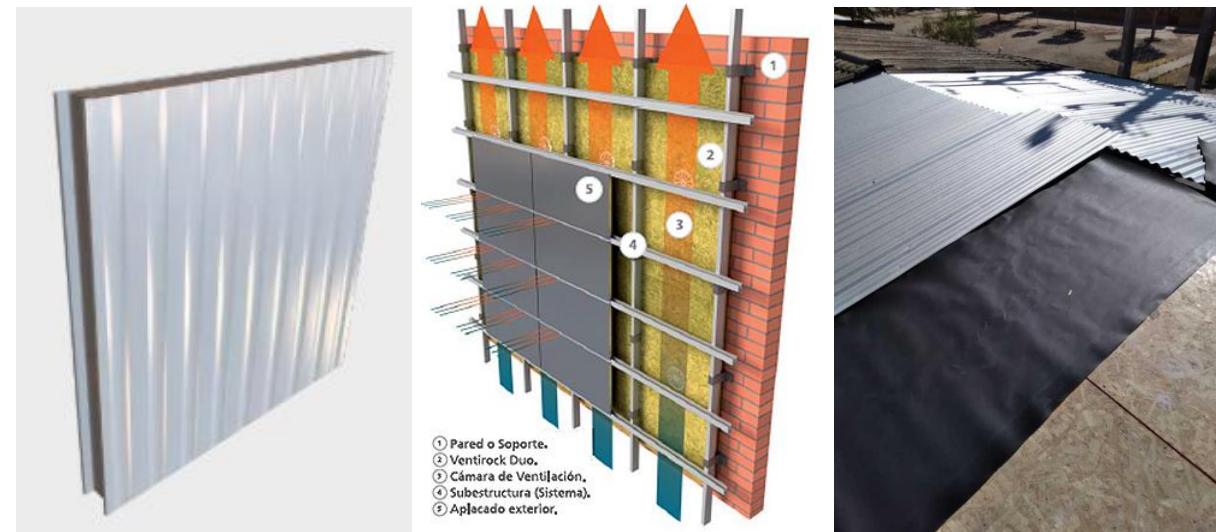
Cuando la solución constructiva considere un revestimiento interior con un factor de resistencia al vapor de agua infinito, sólo se deberá realizar el cálculo de riesgo de condensación superficial, quedando exceptuado de realizar el cálculo de condensación intersticial.

Cuando la solución constructiva considere revestimiento exterior con cámaras de aire el cálculo de condensación no deberá considerar dicho revestimiento.

Cuando la solución constructiva de techumbre posea una barrera hidrófuga bajo un revestimiento exterior cuyo factor de resistencia al vapor de agua sea infinito, este último no se debe considerar en el cálculo de riesgo de condensación intersticial.

Cuando en la solución constructiva existan puentes térmicos puntuales, y que no superen el 10% de la superficie de la solución, se podrá exceptuar el cálculo de condensación superficial e intersticial en dicha sección.

Nota: para efecto del cálculo de riesgo de condensación, se debe considerar el factor de resistencia al vapor de agua infinito como $\mu=1x10^6$.



CÁLCULO CONDENSACIÓN

RESOLUCION MINVU

Establece EXCEPCIONES

"cuando no ingresa vapor de agua al sistema constructivo"

"cuando se contemple revestimiento exterior con cámara de aire"

"techumbre con barrera hidrófuga bajo plancha de zinc"

"los puentes térmicos puntuales <10% no se analizan (ni calculan)"

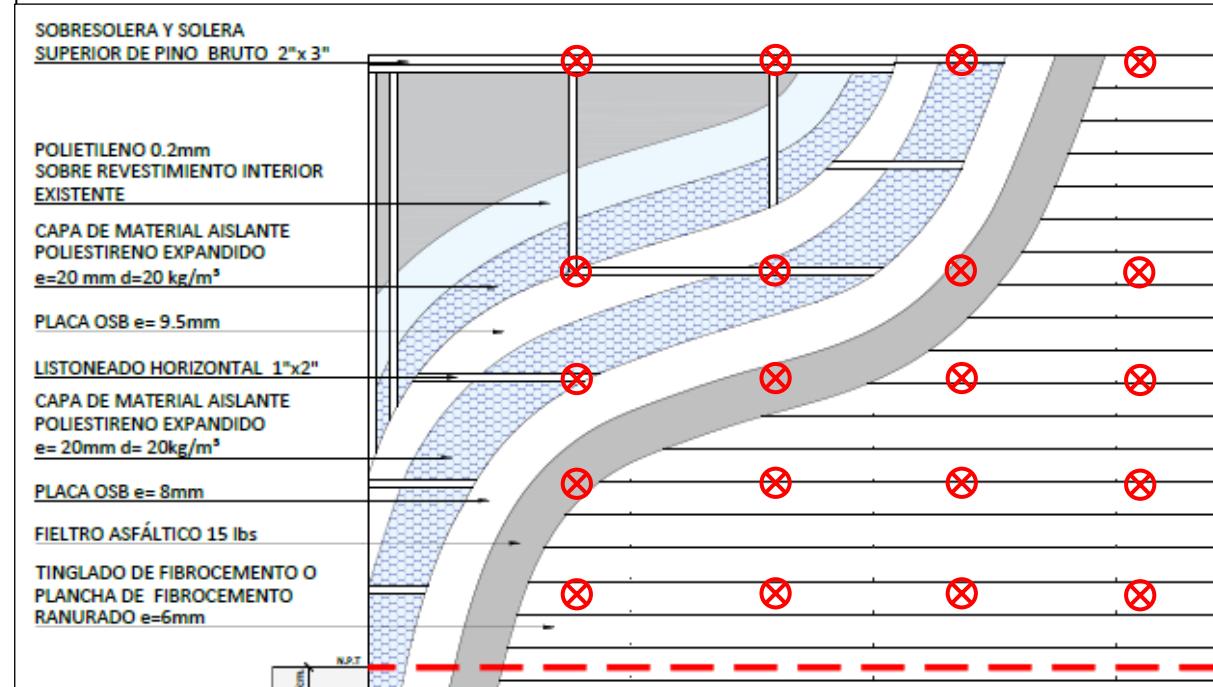
1.3 Excepciones

Cuando la solución constructiva considere un revestimiento interior con un factor de resistencia al vapor de agua infinito, sólo se deberá realizar el cálculo de riesgo de condensación superficial, quedando exceptuado de realizar el cálculo de condensación intersticial.

Cuando la solución constructiva considere revestimiento exterior con cámaras de aire el cálculo de condensación no deberá considerar dicho revestimiento.

Cuando la solución constructiva de techumbre posea una barrera hidrófuga bajo un revestimiento exterior cuyo factor de resistencia al vapor de agua sea infinito, este último no se debe considerar en el cálculo de riesgo de condensación intersticial.

Cuando en la solución constructiva existan puentes térmicos puntuales, y que no superen el 10% de la superficie de la solución, se podrá exceptuar el cálculo de condensación superficial e intersticial en dicha sección.



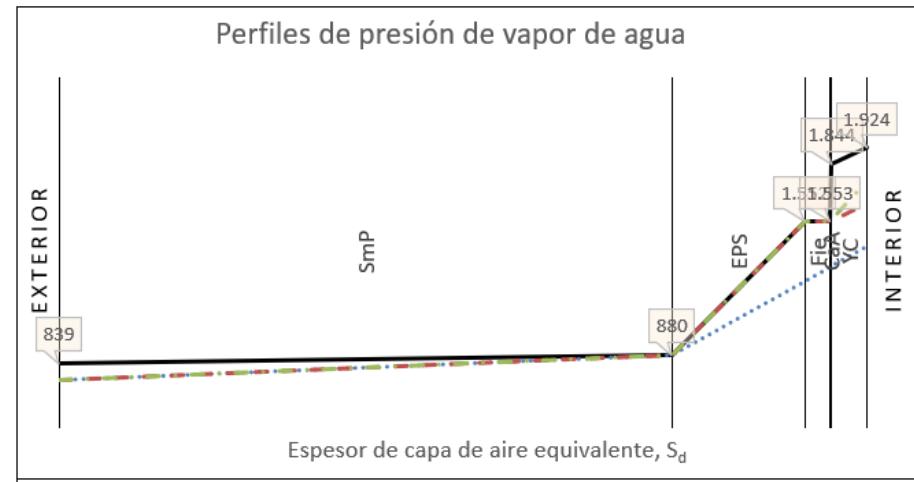
CÁLCULO CONDENSACIÓN



PLANILLA MINVU

Para poder acreditar las exigencias de condensación MINVU elaboró Una planilla Excel

La planilla se basa en la **NCh1973** y posee una base de datos de **materiales** con su propiedad a la difusión de vapor de agua (NCh2457) y una base de datos de **clima por comuna** (T° media mínima de julio y su HR asociada).

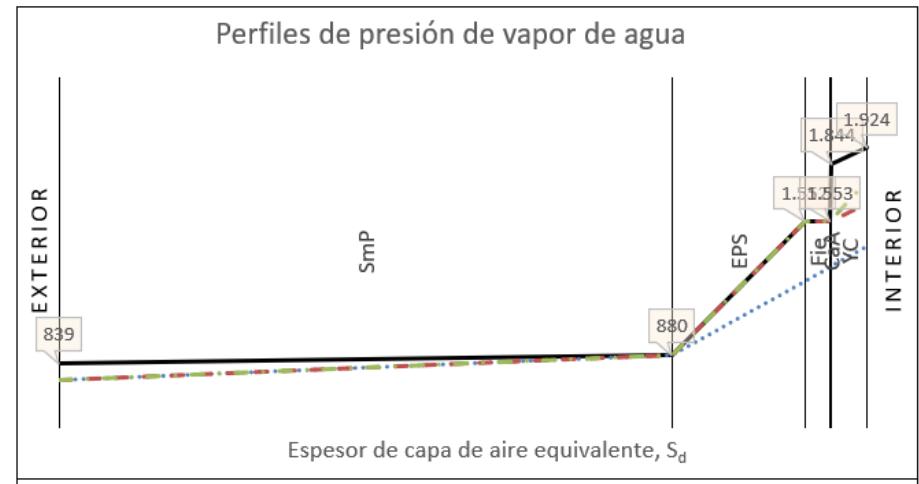


CÁLCULO CONDENSACIÓN



PLANILLA MINVU

- Permite analizar techos, muros y pisos ventilados.
- Permite calcular condensación cuando el agua en estado gaseoso cambia a estado líquido: $\phi_{sicr}=1,0$ y la formación de moho, al 80% de HR: $\phi_{sicr}=0,8$.
- Así mismo, permite evaluar el efecto del mobiliario: $Rsi=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$.



PLANILLA MINVU



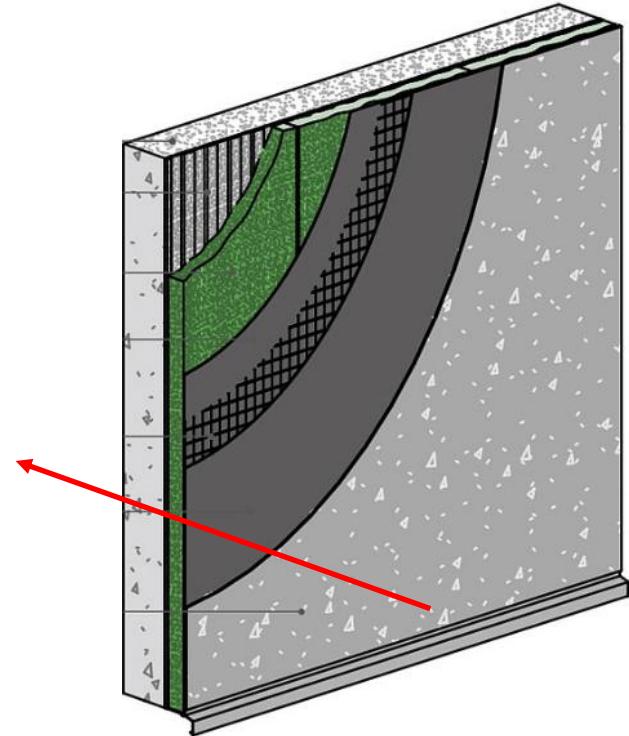
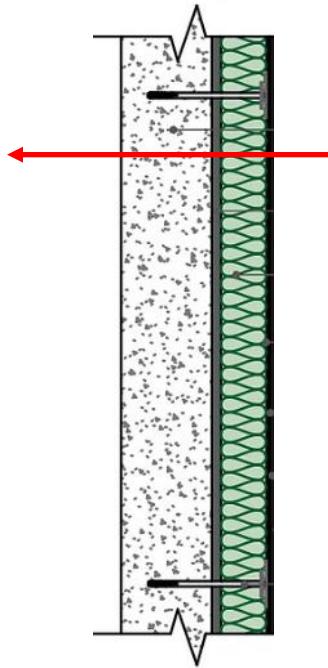
Condiciones de cálculo:

Sección 1, sección de mayor resistencia térmica (generalmente a través del material aislante).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MAYOR Rt?

AISLANTE + MURO DE HA

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?



ESTUCO / ADHESIVO+MALLA F. VIDRIO / EPS / ADHESIVO / HORMIGÓN ARMADO

PLANILLA MINVU



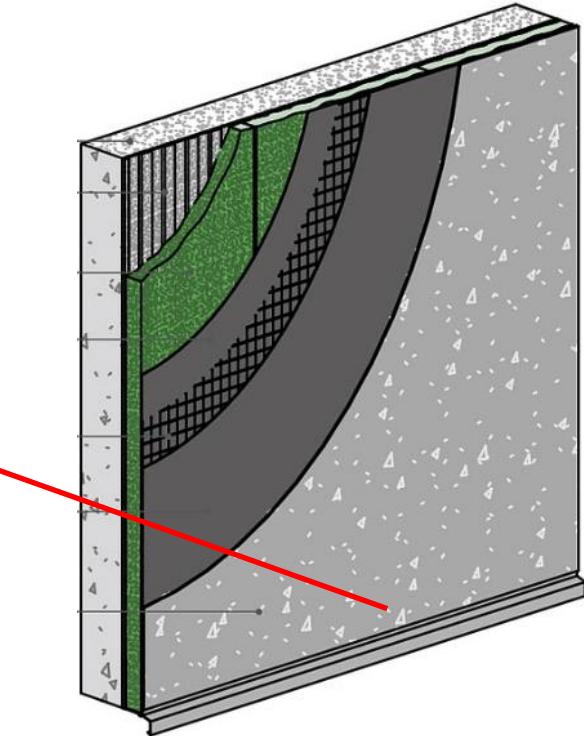
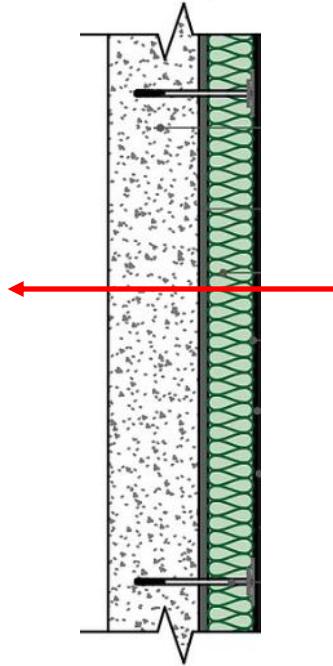
Condiciones de cálculo:

Sección 2, puente térmico constructivo representativo (generalmente a través de un elemento estructural).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MENOR R_t ?

AISLANTE + MURO DE HA

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?



ESTUCO / ADHESIVO+MALLA F. VIDRIO / EPS / ADHESIVO / HORMIGÓN ARMADO



PLANILLA MINVU

Condiciones de cálculo:

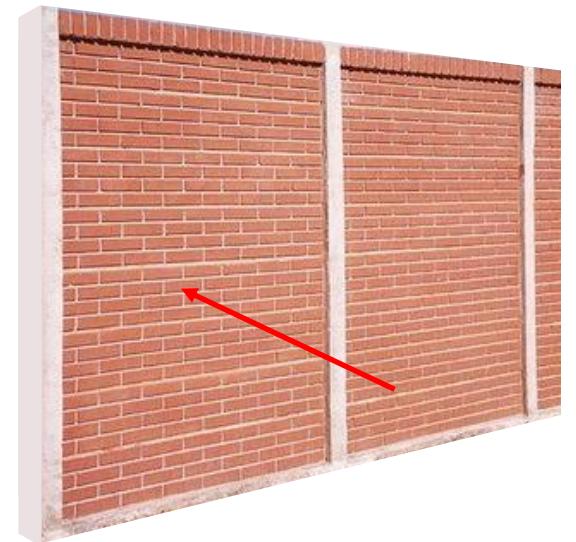
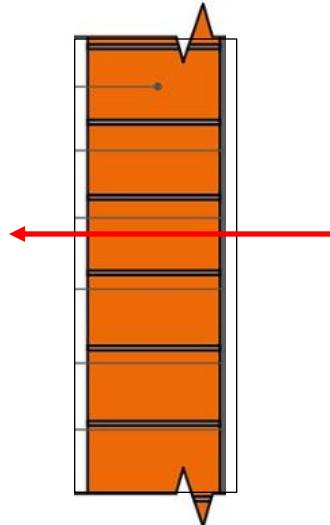
Sección 1, sección de mayor resistencia térmica (generalmente a través del material aislante).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MAYOR Rt?

LADRILLO

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?

LADRILLO (SECCIÓN ARCILLA)



PLANILLA MINVU



Condiciones de cálculo:

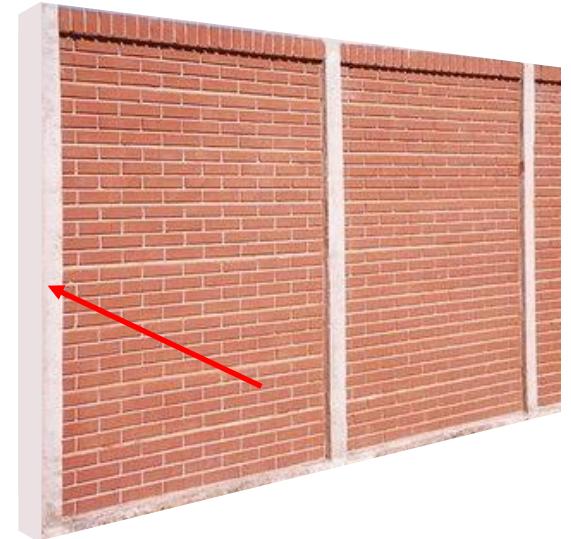
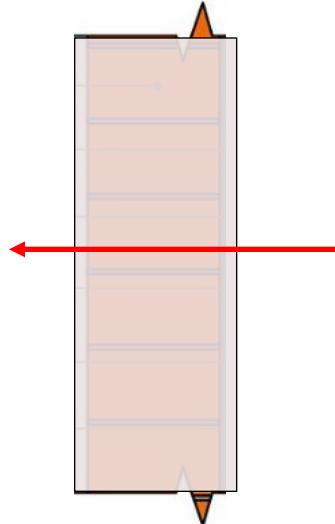
Sección 2, puente térmico constructivo representativo (generalmente a través de un elemento estructural).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MENOR R_t ?

PILAR HA (VIGA DE HA)

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?

HORMIGÓN ARMADO



PLANILLA MINVU



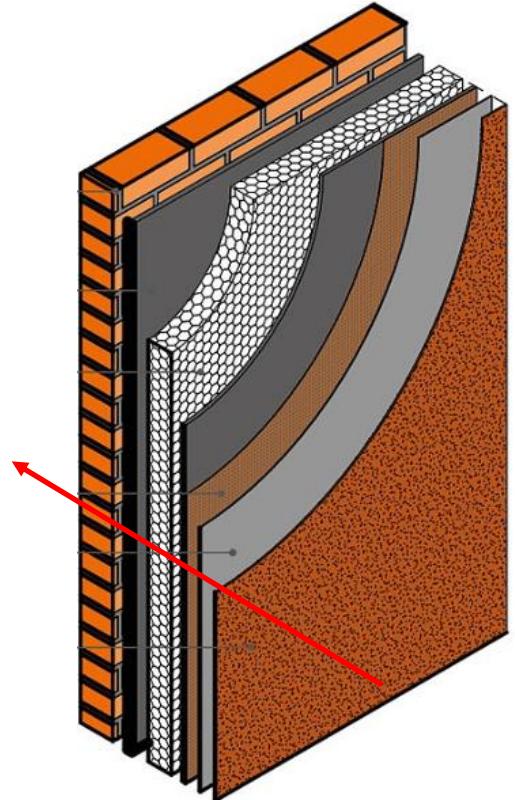
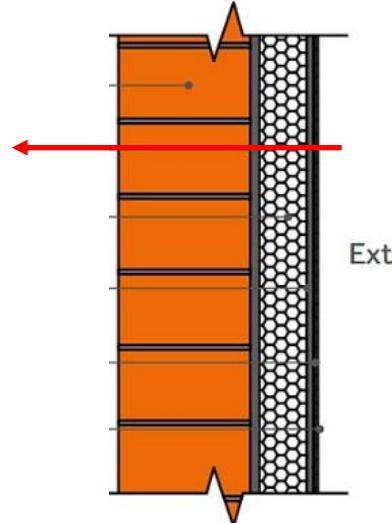
Condiciones de cálculo:

Sección 1, sección de mayor resistencia térmica (generalmente a través del material aislante).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MAYOR Rt?

AISLANTE + LADRILLO

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?



ESTUCO / ADHESIVO+MALLA F. VIDRIO / EPS / ADHESIVO / LADRILLO

PLANILLA MINVU



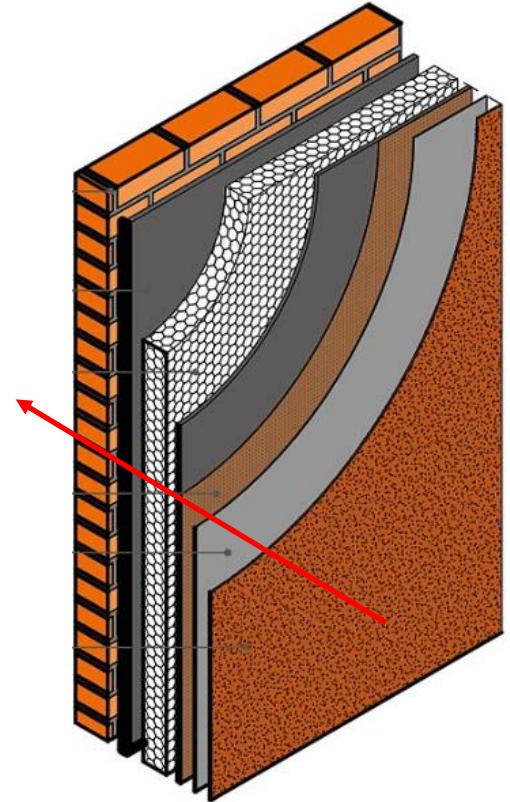
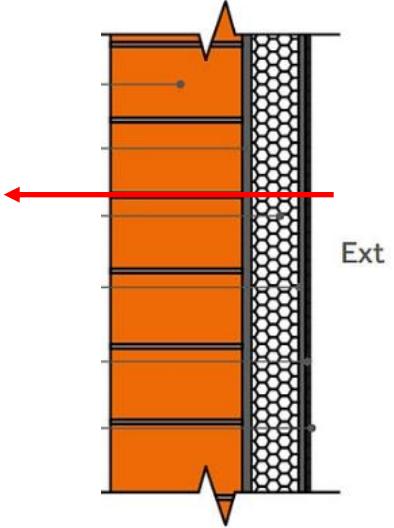
Condiciones de cálculo:

Sección 2, puente térmico constructivo representativo (generalmente a través de un elemento estructural).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MENOR R_t ?

AISLANTE + MORTERO DE PEGA

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?



ESTUCO / ADHESIVO+MALLA F. VIDRIO / EPS / ADHESIVO / MORTERO DE PEGA

PLANILLA MINVU



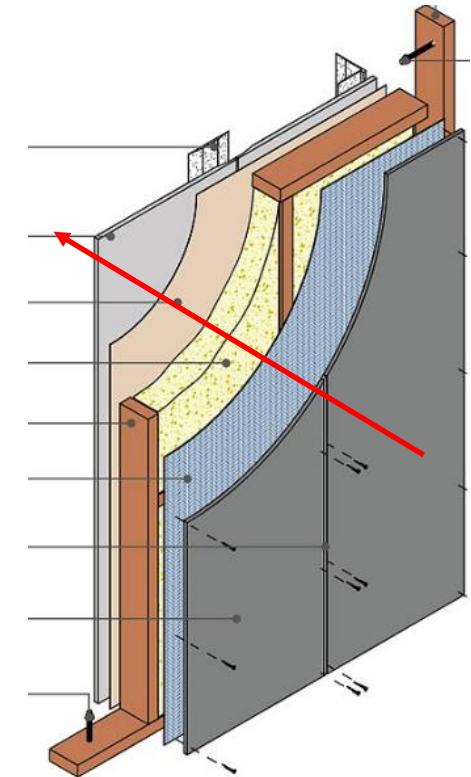
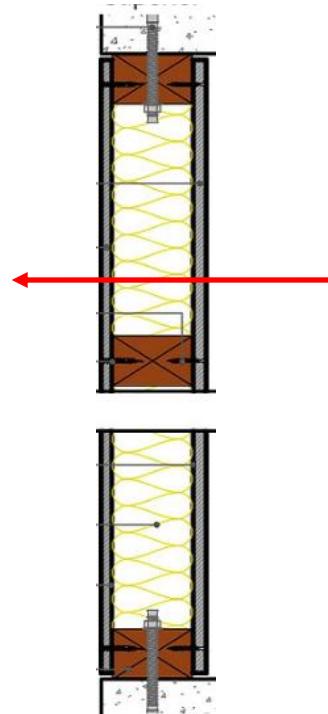
Condiciones de cálculo:

Sección 1, sección de mayor resistencia térmica (generalmente a través del material aislante).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MAYOR Rt?

REV. EXTERIOR + BARRERA HUMEDAD + AISLANTE +
BARRERA VAPOR + REV. INTERIOR

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?



FIBROCEMENTO / FIELTRO / LANA VIDRIO / POLIETILENO / YESO CARTÓN

PLANILLA MINVU



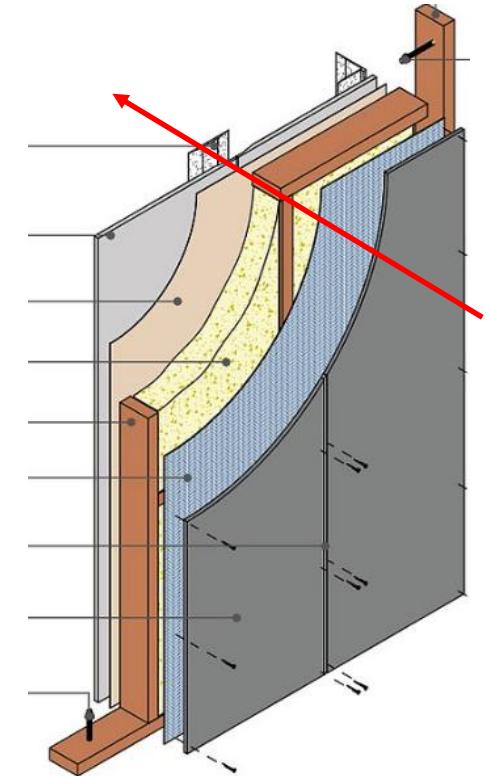
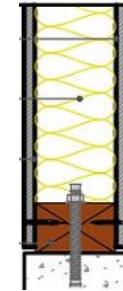
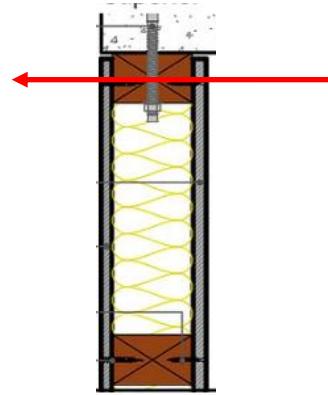
Condiciones de cálculo:

Sección 2, puente térmico constructivo representativo (generalmente a través de un elemento estructural).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MENOR Rt?

REV. EXTERIOR + BARRERA HUMEDAD + PIEZA DE MADERA + BARRERA VAPOR + REV. INTERIOR

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?



FIBROCEMENTO / FIELTRO / PINO 2"X3" / POLIETILENO / YESO CARTÓN

PLANILLA MINVU



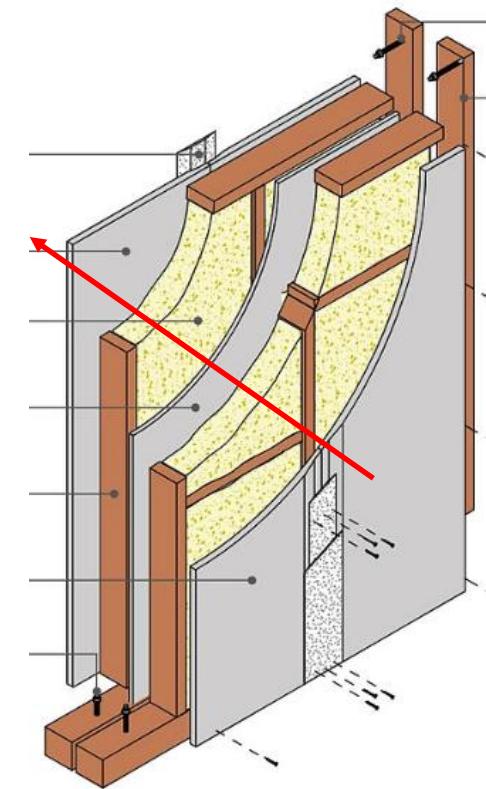
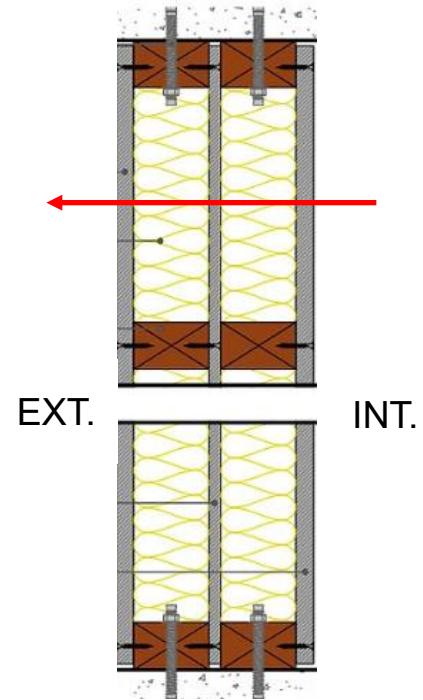
Condiciones de cálculo:

Sección 1, sección de mayor resistencia térmica (generalmente a través del material aislante).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MAYOR Rt?

REV. EXTERIOR + AISLANTE + PLACA + AISLANTE +
REV. INTERIOR

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?



FIBROCEMENTO / LANA VIDRIO / OSB / LANA VIDRIO / YESO CARTÓN

PLANILLA MINVU



Condiciones de cálculo:

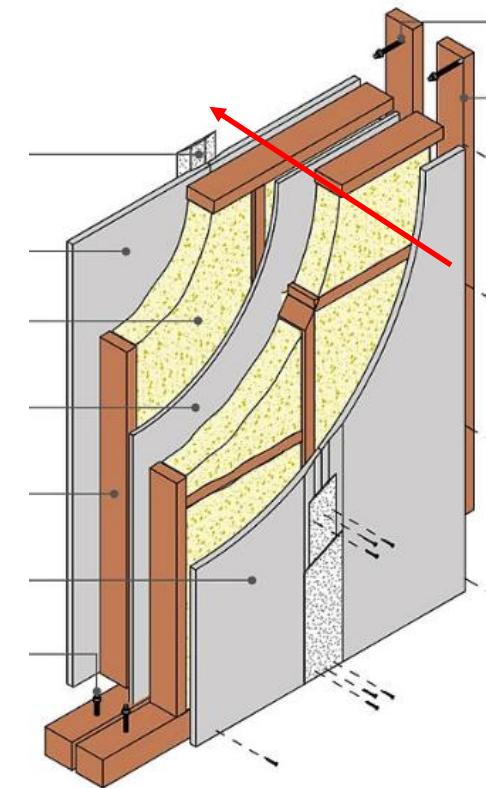
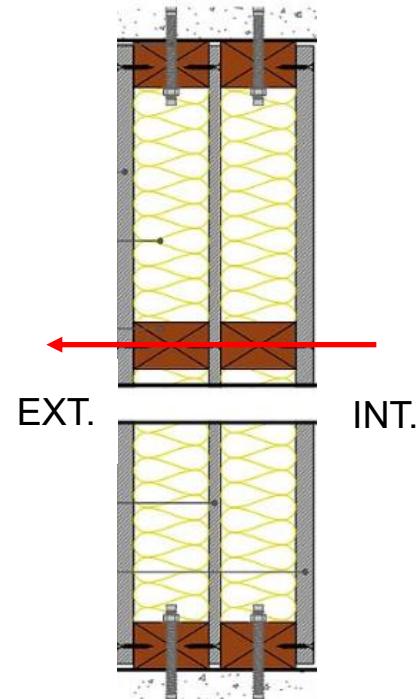
Sección 2, puente térmico constructivo representativo (generalmente a través de un elemento estructural).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MENOR Rt?

REV. EXTERIOR + PIEZA DE MADERA + PLACA +
PIEZA DE MADERA + REV. INTERIOR

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?

FIBROCEMENTO / PINO 2"X3" / OSB / PINO 2"X3" / YESO CARTÓN



PLANILLA MINVU



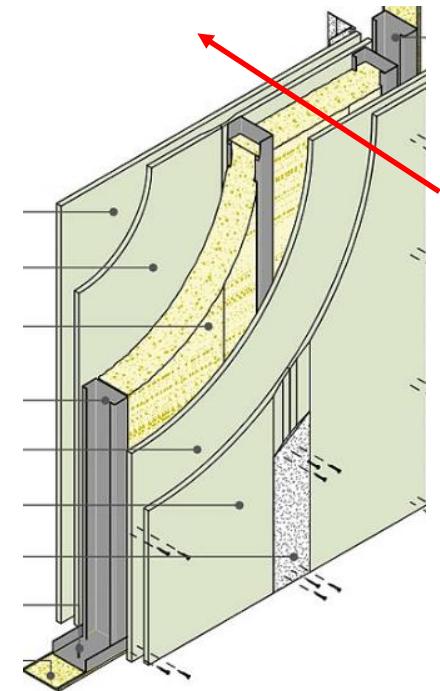
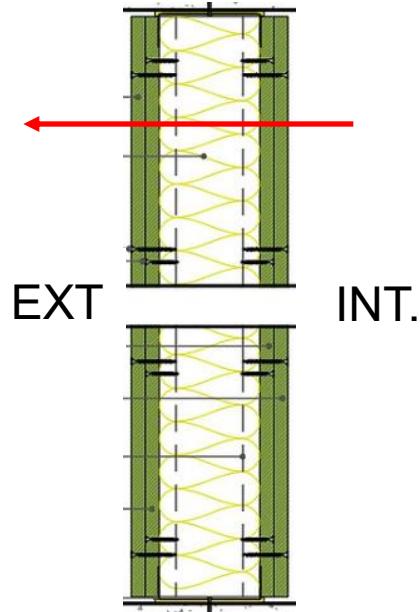
Condiciones de cálculo:

Sección 1, sección de mayor resistencia térmica (generalmente a través del material aislante).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MAYOR Rt?

REV. EXTERIOR + PLACA + AISLANTE + PLACA + REV.
INTERIOR

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?



FIBROCEMENTO / OSB / LANA VIDRIO / YESO CARTÓN / YESO CARTÓN

PLANILLA MINVU



Condiciones de cálculo:

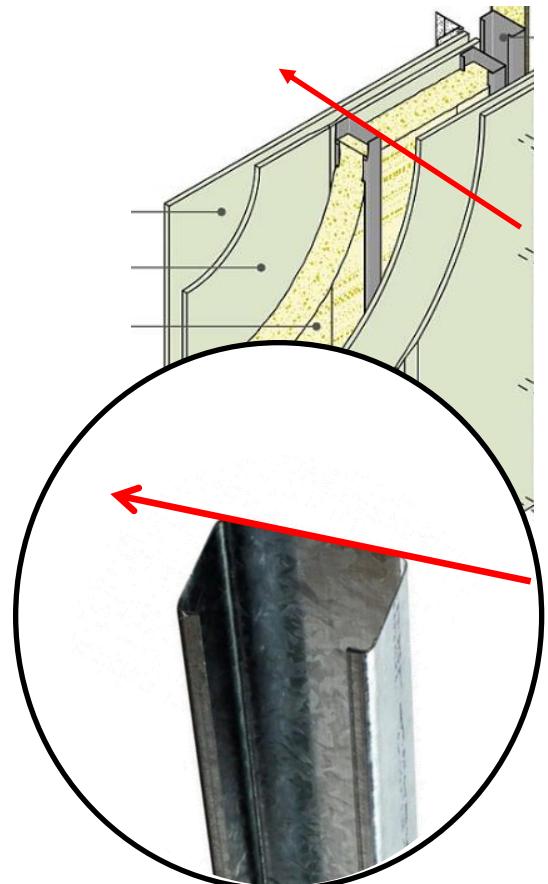
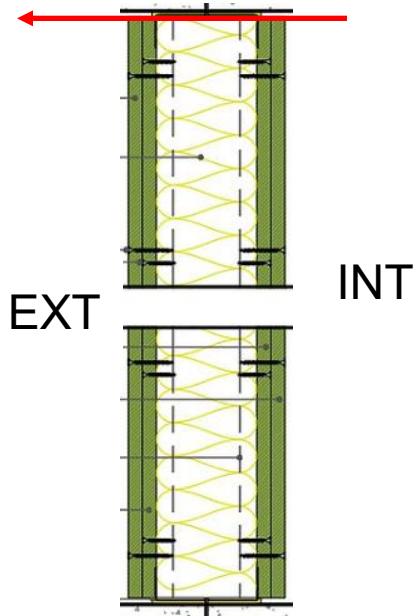
Sección 2, puente térmico constructivo representativo (generalmente a través de un elemento estructural).

¿CUÁL ES LA SECCIÓN DE MENOR R_t ?

REV. EXTERIOR + PLACA + ACERO + PLACA + REV.
INTERIOR

¿CÓMO SE COMPONE ESTA SECCIÓN?

FIBROCEMENTO / OSB / ACERO / YESO CARTÓN / YESO CARTÓN





PLANILLA MINVU

Esta herramienta integra el cálculo de **TRANSMITANCIA TÉRMICA** (NCh853:2021) y de **CONDENSACIÓN** (NCh1973).

Es de uso libre y permite desarrollar las memorias de cálculo para acreditar las exigencias de la OGUC.

PRESENTACIÓN PLANILLA



CONCLUSIONES

1. La planilla MINVU constituye un método sencillo para la evaluación del comportamiento higrotérmico de elementos constructivos.
2. Para poder calcular el riesgo de condensación es imprescindible conocer la propiedad a la **difusión de vapor** de agua de los materiales (NCh2457).
3. No existen materiales “buenos” o “malos”, solo deben ser correctamente especificados en la solución constructiva.
4. Para disminuir la ocurrencia de condensación no existe una receta o material “mágico”, si no, **diseños adecuados para el clima del emplazamiento**.
5. Una barrera de vapor no siempre resuelve los problemas de condensación y no siempre es necesaria
6. Es posible disminuir el riesgo de condensación mediante **estrategias aisladas y combinadas**, tales como, aumento de la Rt, ubicación del aislamiento térmico, ordenamiento de capas materiales e incorporación de barreras de vapor.



GRACIAS



Ministerio de
Vivienda y
Urbanismo

Gobierno de Chile

**CHILE
AVANZA
CONTIGO**

DITEC

División Técnica de
Estudio y Fomento
Habitacional