

C/ Príncipe De Vergara, 74
Madrid 28006
t. +34 914 112 410
cni@cni-instaladores.com
www.cni-instaladores.com
@CniInstalad



Hoja de cálculo realizada por:
Javier Ponce



Esta hoja de cálculo implementada en Excel, permite obtener el Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico de un equipo frigorífico, es decir, obtiene el TEWI del equipo o sistema frigorífico.

¿Qué es el TEWI?

Es un parámetro que evalúa la contribución total al calentamiento atmosférico producido durante su vida útil por un sistema de refrigeración utilizado. Engloba la contribución directa de las emisiones de refrigerante a la atmósfera y la indirecta debida a las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) consecuencia de la producción de energía necesaria para el funcionamiento del sistema de refrigeración durante su período de vida útil. Se expresa en kilogramos equivalentes de CO₂, aunque para cantidades elevadas es usual indicarlo en Ton-eq de CO₂.

¿Por qué hay que calcular el TEWI?

El TEWI es un parámetro utilizado para evaluar el calentamiento atmosférico producido durante la vida de funcionamiento de un sistema de refrigeración, englobando la contribución directa de emisiones del refrigerante a la atmósfera con la contribución indirecta de las emisiones de dióxido de carbono resultantes de consumo energético del sistema de refrigeración durante su periodo de vida útil.

¿Es obligatorio calcular el TEWI?

Sí, es un valor que forma parte de la documentación de diseño de una instalación frigorífica. Bien sea para bienestar e higiene de las personas, como una aerotermia o bomba de calor ambiente, o bien, cuando se trata de un equipo de refrigeración para otros fines: conservación de alimentos, etc.

Es un valor a incluir en los proyectos técnicos tanto de instalaciones frigoríficas, debiéndose indicar el valor teórico actual estimado del impacto total equivalente sobre el calentamiento atmosférico (TEWI), así como los cálculos justificativos de dicha estimación. Referencia: artículo 20 del RSIF.

La metodología de cálculo del TEWI viene incluso recogida tanto en el Anexo B (informativo) de la EN 378-1: 2017, como en el Apéndice 2 de la IF-2 del Reglamento de Seguridad de Instalaciones Frigoríficas (RSIF), RD 552/2019.

En aplicaciones destinadas al bienestar e higiene de las personas (climatización, producción de ACS, etc), también es un valor exigido para comparar la eficiencia entre sistemas alternativos de de producción frigorífica. En cuyo caso viene establecido que es aceptable el cálculo del impacto total de calentamiento equivalente (TEWI). Referencia: punto 8 de la IT 1.2.3. Documentación justificativa, del RITE.

¿Cuál es el marco normativo de referencia a tener en cuenta para calcular el TEWI?

Básicamente el Reglamento de Seguridad de Instalaciones Frigoríficas (RSIF), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, RD 552/2019, de 27 de septiembre. Actualizado con corrección de errores publicada en BOE de 25 de octubre de 2019. Y Resoluciones de actualización de 15 de marzo y 15 junio de 2021. Recordando que se aplica tanto a instalaciones de refrigeración para usos comerciales e industriales, como a instalaciones térmicas para bienestar e higiene de las personas, en lo concerniente a los equipos o sistemas frigoríficos que formen parte de dichas instalaciones térmicas de los edificios.

Pero también se debe tener en cuenta:

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), RD 1027/2007. Actualizado a modificaciones del RD 178/2021, publicada en el BOE de 24 de marzo, y corrección de errores publicadas en el RD 390/2021, publicadas en el BOE de 1 de julio.
- Norma EN 378-1: 2017. Sistemas de Refrigeración y Bombas de Calor. Requisitos de Seguridad y Medioambientales. Parte 1: Requisitos Básicos, Definiciones, Clasificación y Criterios de Elección.
- Reglamento (UE) nº 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, sobre los gases fluorados (F-Gas) de efecto invernadero y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 842/2006.
- Documento Reconocido para la aplicación del RITE: Factores de Emisión de CO₂ y Coeficientes de Paso a Energía Primaria de Diferentes Fuentes de Energía Final Consumidas en el Sector de los Edificios de España. (Resolución conjunta de los Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento).

¿Es complicado calcular el TEWI?

No, el procedimiento de cálculo es fácil de automatizar y así obtener un informe final con el valor teórico estimado de impacto ambiental a partir de los datos del sistema, y del refrigerante.

¿Qué factores se tienen en cuenta en el cálculo del TEWI?

El TEWI ha sido concebido para determinar la contribución total del sistema de refrigeración utilizado al calentamiento atmosférico. Cuantifica el calentamiento atmosférico directo del refrigerante si se libera, y la contribución indirecta de la energía requerida para que el equipo trabaje durante su vida útil.

Por tanto, tiene en cuenta:

- El impacto directo sobre el calentamiento atmosférico bajo ciertas condiciones de pérdida de refrigerante: fugas, operaciones de carga y descarga de refrigerante, o el reciclado del equipo y el gas que contiene.
- El impacto directo sobre el calentamiento atmosférico debido a los gases emitidos por el aislamiento u otros componentes, si procede.

- El impacto indirecto sobre el calentamiento atmosférico por el CO₂ emitido por el sistema de generación eléctrica, debido a que el equipo está consumiendo energía eléctrica.

¿Qué diferencia hay entre el impacto directo e indirecto que se tiene en cuenta en el cálculo del TEWI?.

El impacto directo es el que tiene en cuenta el potencial de calentamiento atmosférico del refrigerante al llegar a la atmósfera.

Este impacto directo es debido a fugas de refrigerante del sistema, operaciones de carga y descarga de refrigerante, o bien el debido al refrigerante no recuperado del sistema. También se debe tener en cuenta el impacto directo a través de gases fluorados (tienen impacto ambiental) de otros componentes que pueden contener esos gases fluorados como son el aislamiento de tuberías, etc.

El impacto indirecto tiene en cuenta las emisiones de CO₂ para generar electricidad, y las pérdidas por distribución. Siendo este un ratio nacional estandarizado.

¿Qué es el Potencial de Calentamiento Atmosférico de un refrigerante o un gas fluorado?.

Es el parámetro que mide el potencial de calentamiento atmosférico producido por un kilogramo de toda sustancia emitida a la atmósfera, en relación (comparación) con el efecto producido por un kilogramo de dióxido de carbono, CO₂, que se toma como referencia en un tiempo dado.

Será las consecuencias en la atmósfera de un refrigerante durante los próximos 100 años, en comparación con el CO₂.

Por ejemplo, el PCA de R32 son 675. Lo que significa que tiene un impacto ambiental 675 veces mayor que 1 kg de CO₂.

En inglés al PCA, se le denomina GWP (Global Warming Potential).

Este PCA proviene básicamente del Reglamento Europeo de F-Gas, 517/2014, pero puede leerse más cómodamente en el Apéndice 1 de la Instrucción Frigorífica IF-1, del Reglamento de Seguridad de Instalaciones Frigoríficas, RSIF, actual, RD 552/2019 en su versión actualizada.

¿Qué influye en mayor medida, el impacto directo por fugas, etc del refrigerante, o el impacto indirecto por consumo de electricidad del sistema?.

Siempre habrá que calcularlo, pero normalmente se observará en los informes finales que la eficiencia energética es el objetivo más significativo para reducir el calentamiento atmosférico causado por la refrigeración. En muchos casos, un equipo frigorífico muy eficaz con un refrigerante que tiene elevado potencial de

calentamiento atmosférico puede ser menos perjudicial para el medio ambiente que un equipo de refrigeración ineficaz con un refrigerante de bajo PCA que, sin embargo, genere un consumo de energía mayor. Especialmente si se minimizan las emisiones: la ausencia de fugas significa la inexistencia de calentamiento atmosférico directo.

¿Sirve el índice del TEWI para comparar sistemas frigoríficos entre sí?

Es válido únicamente para comparar sistemas alternativos u opciones de refrigerantes en una aplicación concreta y en un lugar dado.

No es un índice adecuado por tanto para comparar aplicaciones distintas, o equipos instalados en lugares diferentes.

El TEWI se determina para un sistema de refrigeración concreto y no solo respecto al refrigerante en sí. Varía de un sistema a otro y depende de los supuestos hechos respecto a factores importantes como son: tiempo de funcionamiento, vida de servicio, factor de conversión y eficiencia. Para un sistema o una aplicación dados, la utilización más eficaz del TEWI consiste en evaluar la importancia relativa de los efectos directo e indirecto.

¿Qué consumo eléctrico debe tenerse en cuenta?, ¿sólo el consumo del compresor?

Deben tenerse en cuenta todos los consumos eléctricos del sistema que sean necesarios para su funcionamiento.

Por ejemplo, cuando el sistema de refrigeración sea solamente un elemento de un sistema mayor, tal como en un circuito secundario (por ejemplo, una central frigorífica para acondicionamiento de aire), entonces deberá tenerse en cuenta el consumo total de energía durante su funcionamiento (incluyendo las pérdidas de puesta en régimen y distribución en sistemas de acondicionamiento de aire), para obtener una comparación satisfactoria del impacto total sobre el calentamiento atmosférico.

El valor a tener en cuenta será el Consumo Energético, en kWh por año, que consiste en la energía eléctrica real requerida para el funcionamiento de toda la planta.

Incluyendo bombas, ventiladores, sistemas de control, sistemas periféricos y cualquier pérdida. Si no se conoce la energía para los periféricos, se puede establecer, por ejemplo, en un 17 % del consumo de energía de los compresores.

¿Qué acciones pueden llevarse a cabo para reducir el Impacto Ambiental de una instalación, es decir el TEWI?

En primer lugar deben identificarse mediante el cálculo del TEWI el origen del resultado, valorando los sumandos que se tienen en cuenta como impactos directos, o impacto indirecto.

Así las opciones para reducir el TEWI serán:

- a) Diseño/elección del sistema de refrigeración y refrigerante más adecuados para hacer frente a la demanda de una aplicación frigorífica específica.
- b) Optimización del sistema para obtener la mayor eficiencia energética (la mejor combinación y disposición de los componentes y sistemas utilizados para reducir el consumo de energía).
- c) Mantenimiento apropiado para conseguir una eficiencia energética óptima evitando las fugas de refrigerante (ejemplo, todos los sistemas se mejorarán con un mantenimiento y manejo correctos).
- d) Recuperación y reciclaje / regeneración del refrigerante usado.
- e) Recuperación y reciclaje / regeneración del aislamiento utilizado.

En muchas ocasiones podremos observar que el tener un SEER, rendimiento medio estacional en refrigeración, alto reducirá mucho el consumo de energía y por tanto, el impacto indirecto debido a dicho consumo.

¿Qué datos se precisan para calcular el TEWI de un sistema frigorífico?

Para obtener el TEWI, o impacto total equivalente sobre el calentamiento atmosférico, en kg equivalentes de CO₂, se precisan básicamente los siguientes datos:

PCA del refrigerante,	es el calentamiento atmosférico, relativo al CO ₂ .
L,	es la fuga, en kilogramos por año.
n,	es el tiempo de funcionamiento del sistema, en años.
m,	es la carga de refrigerante, en kilogramos.
Q _{recuperación} ,	es el factor de recuperación y reciclado, oscila de 0 a 1.
E _{anual} ,	es el consumo de energía, en kilovatios.hora al año
β,	es el factor de paso de kgCO ₂ /kWh de energía final consumida.

Si se tienen que tener en cuenta otras emisiones como el aislamiento, se precisarían también los siguientes datos:

PCA _i ,	es el Potencial de Calentamiento Atmosférico del componente adicional (aislamiento), en relación con el CO ₂ .
m _i ,	es la carga de gas del sistema de aislamiento, en kg.
α _i ,	es el índice de gas recuperado del aislamiento al final de la vida útil, de 0 a 1.

¿De dónde obtenemos estos factores para el cálculo del TEWI?

El mejor origen es lo indicado en el propio apéndice 2 de la IF-2 del RSIF.

PCA: lo podemos observar en la tabla de propiedades de los refrigerantes dispuesta en el apéndice 1 del RSIF, y que es actualizado periódicamente para incluir nuevos refrigerantes, etc. También tenemos este dato en el Reglamento Europeo F-Gas, y particularmente en el Anexo E la Norma EN 378-1.

m, es la carga de refrigerante total, en kilogramos.

\underline{L} , es la previsión de índice de fugas en kilogramos por año. Dependerá de la presión de funcionamiento del sistema, antigüedad y mantenimiento llevado a cabo.

En el apéndice 2 de la IF-2 del RSIF, nos orienta a que hagamos una estimación, especialmente en instalaciones nuevas, en base al tamaño de la instalación. Así se considera que las fugas son inversamente proporcionales al tamaño de la instalación, y a tal efecto se usará la siguiente expresión, en base a la carga de refrigerante, m:

$$L = 0,4 \times m^{2/3}$$

\underline{n} , es el tiempo de funcionamiento del sistema, en años. Es la vida económica del sistema. Podemos establecer 10 años para instalaciones al aire libre, y 15 años para instalaciones al interior.

$\underline{Q}_{\text{recuperación}}$, es el factor de recuperación. Es un número que oscila entre 0 y 1. Así el 0 equivale a no se va recuperar nada de refrigerante, y 1 equivale a una recuperación total de refrigerante, y por tanto, nulas emisiones a la atmósfera.

El apéndice 2 de la IF-2 del RSIF, nos orienta que estimemos un valor del orden de 0,6 para la llamada línea blanca, y en el resto de instalaciones frigoríficas estimar una recuperación del orden de 0,95.

$\underline{E}_{\text{anual}}$, es la energía consumida por el sistema, en kilovatio-hora. El valor a tener en cuenta será el Consumo Energético, en kWh por año, que consiste en la energía eléctrica real requerida para el funcionamiento de toda la planta.

Incluyendo bombas, ventiladores, sistemas de control, sistemas periféricos y cualquier pérdida. Si no se conoce la energía para los periféricos, se puede establecer, por ejemplo, en un 17 % del consumo de energía de los compresores.

$\underline{\beta}$, es el factor de emisión, que expresa la cantidad de CO₂ producido por la generación de 1 kWh de energía final disponible en el punto de consumo. Este factor de emisión debe tomarse de un documento reconocido, como el Documento reconocido para la aplicación del RITE: Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria.

Para el resto de componentes que puedan emitir gases fluorados, F-Gas a la atmósfera se tienen en cuenta:

\underline{PCA}_i , es el Potencial de Calentamiento Atmosférico del componente adicional (aislamiento), en relación con el CO₂.

\underline{m}_i , es la carga de gas del sistema adicional que contiene F-Gas, como el aislamiento, en kg.

\underline{a}_i , es el índice de gas recuperado del aislamiento, en su caso, al final de la vida útil, de 0 a 1. Donde 0 equivale a una nula recuperación, y el 1 equivale a una recuperación total del gas fluorado contenido en el componente adicional del sistema (p.e. el aislamiento).

Nota: Actualmente hay muchos aislamientos ecológicos con nulas emisiones de CO₂ a la atmósfera, lo que nos evita calcular y localizar esta información técnica en las fichas de producto de los aislamientos.

¿Cuál es la expresión de cálculo del TEWI?

El factor TEWI podrá calcularse por medio de la siguiente fórmula, en la que los diferentes tipos de impacto están separados:

1. Impacto debido a pérdidas por fugas = PCA directo.

$$PCA \times L \times n$$

Donde, PCA es el potencial de calentamiento atmosférico del refrigerante en base 100 como equivalencia al impacto de 1 kg de CO₂ (PCP AR4);
L es la tasa de fugas, expresada en kg por año; Esta puede obtenerse, especialmente en instalaciones nuevas en función de la carga de refrigerante, m, aplicando:

$$L = 0,4 \times m^{2/3}$$

n es el tiempo de funcionamiento previsto del sistema.

2. Impacto por pérdidas producidas en la recuperación del refrigerante del sistema = PCA directo.

$$PCA \times m \times (1 - \alpha_{recuperación})$$

Donde, m es la carga de refrigerante en kg;

$\alpha_{recuperación}$ es el factor de recuperación, que oscilará entre 0 y 1. Recomendando el RSIF estimar 0,6 para la llamada línea blanca como en las unidades tipo Split, etc, y considerar un valor del orden de 0,95 para el resto de instalaciones frigoríficas.

3. Impacto debido a la energía consumida = PCA indirecto

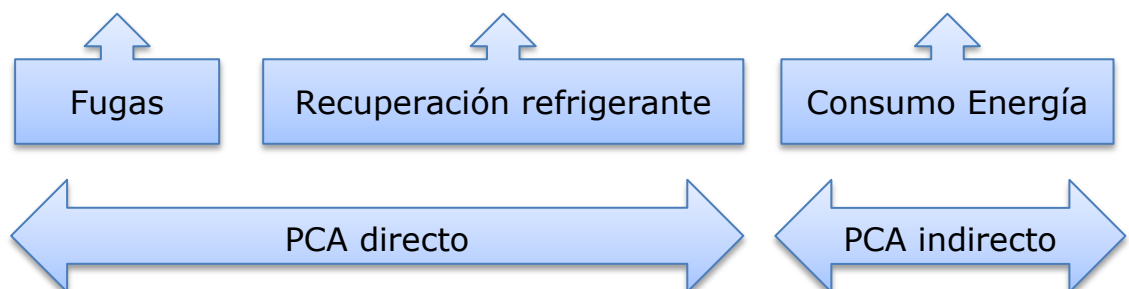
$$n \times E_{anual} \times \beta$$

Donde, E_{anual} , es el consumo energético en kWh por año;

β es el factor de emisión de CO₂, o factor de paso de kWh de energía final consumida a kgCO₂ equivalentes obtenido de un Documento Reconocido.

Así los 3 principales términos del cálculo del TEWI forman la expresión:

$$TEWI = [PCA \times L \times n] + [PCA \times m \times (1 - \alpha_{recuperación})] + [n \times E_{anual} \times \beta]$$



Formando los 2 primeros términos o sumandos el PCA directo y el tercer término o sumando el PCA indirecto.

Donde puedan emitirse gases de efecto invernadero por causa del aislamiento u otros componentes, se añadirá un cuarto término o sumando para añadir el potencial de calentamiento atmosférico de tales gases.

4. Impacto debido a otros componentes como el aislamiento = PCA directo

$$PCA_i \times m_i \times (1 - \alpha_i)$$

Donde PCA_i , es el potencial del calentamiento atmosférico del gas contenido en el aislamiento, referido al CO_2 ;

m_i , es la carga de gas existente en el aislamiento del sistema, en kilogramos;

α_i , es el índice de gas recuperado del aislamiento al final de la vida del sistema, siendo un número que varía entre 0, correspondiendo a un nulo recuperado, y 1, que corresponde a una plena recuperación del gas que contribuye al calentamiento atmosférico contenido en el aislamiento.

Se deberá atender especialmente a lo siguiente:

- Cuando se calcule el TEWI es muy importante tener actualizados los valores de PCA relativos al CO_2 del refrigerante y otros componentes como el aislamiento, así como el factor β de emisión de CO_2 por kilovatio hora de energía final consumida, partiendo siempre de las cifras más recientes obtenidas.
- Muchos de los supuestos y factores en este método de cálculo son normalmente específicos para una aplicación y un lugar concreto.
- La comparaciones de los resultados entre diferentes aplicaciones o diferentes emplazamientos pueden tener, por tanto, poca validez.
- Este cálculo tiene una particular importancia en la fase de diseño o cuando haya que tomar la decisión de realizar una conversión a otro refrigerante.

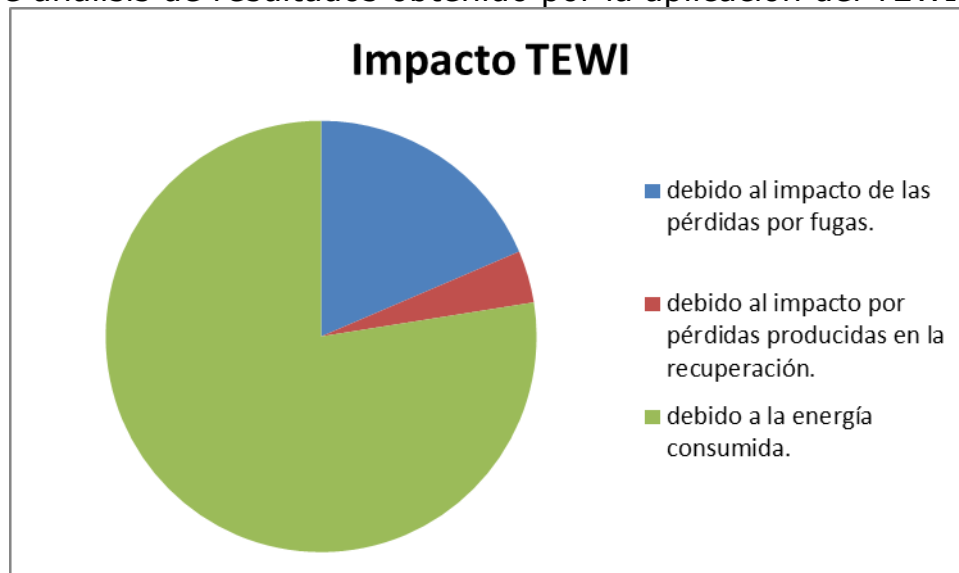
Recuerda que el TEWI se determina para un sistema de refrigeración concreto y no solo respecto al refrigerante en sí. Varía de un sistema a otro y depende de los puestos hechos respecto a factores importantes como son: tiempo de funcionamiento, vida del servicio, factor de conversión y eficiencia. Para un sistema o aplicación dados, la utilización más eficaz del TEWI consiste en evaluar la importancia relativa de los efectos directo e indirecto. Por ello, en esta aplicación se ofrece la comparación entre ambos efectos, por ejemplo:

Impacto directo:	22,5%
Impacto indirecto:	77,6%

También debemos recordar que la eficiencia energética de las instalaciones que dispongan un alto SEER, rendimiento medio estacional, será el objetivo más significativo para reducir el calentamiento atmosférico causado por la refrigeración.

Así en muchos casos un equipo frigorífico muy eficaz con un refrigerante que tenga un elevado PCA puede ser menos perjudicial para el medio ambiente que un equipo menos eficaz con un refrigerante con un PCA bajo que, sin embargo, genere un consumo de energía mayor. Especialmente si se minimizan las

emisiones con un control de fugas, es decir, si un cuidado mantenimiento minimiza la ausencia de fugas y por tanto el calentamiento atmosférico directo. Ejemplo de análisis de resultados obtenido por la aplicación del TEWI:



Ejemplo composición del TEWI:

18,6%	debido al impacto de las pérdidas por fugas.
3,9%	debido al impacto por pérdidas producidas en la recuperación.
77,6%	debido a la energía consumida.
0,0%	debido a otros componentes.

Por ejemplo, cuando el sistema de refrigeración sea solamente un elemento de una instalación térmica mayor, tal como un circuito secundario (por ejemplo, un equipo frigorífico para acondicionamiento de aire), entonces deberá tenerse en cuenta el consumo tal de energía durante el funcionamiento (incluyendo las pérdidas de puesta a régimen y distribución en sistemas de acondicionamiento de aire), para obtener así una comparación satisfactoria del impacto total sobre el calentamiento atmosférico.

El TEWI ha sido concebido para determinar la contribución total del sistema de refrigeración utilizado al calentamiento atmosférico. Cuantifica el calentamiento atmosférico directo del refrigerante si se libera (fugas o no recuperación), y la contribución indirecta de la energía requerida para que el equipo trabaje durante su vida útil. Es válido únicamente para comparar sistemas alternativos u opciones de refrigerantes en una aplicación concreta y en un lugar dado.

INSTRUCCIONES DE MANEJO DE LA HOJA DE CÁLCULO DEL TEWI

Esta hoja de cálculo realizada en Excel básicamente tiene 2 pasos:

1. Introducción de datos.
2. Obtención del informe de resultado.

Así para iniciar el cálculo hacemos click sobre el icono:

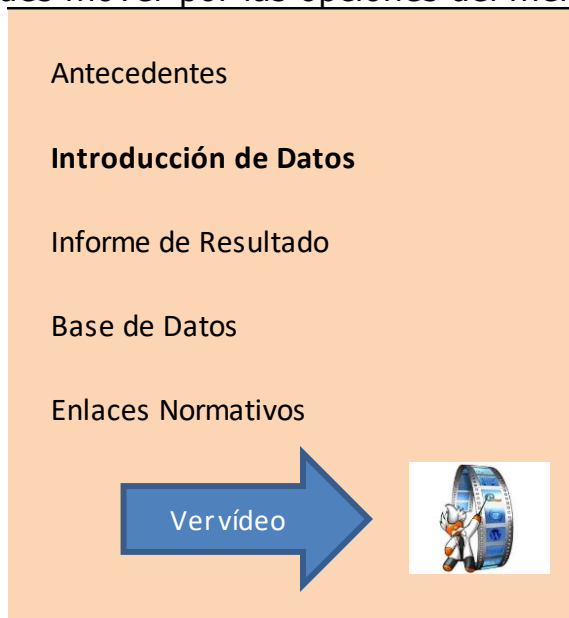


Recordando que en cada opción existe un vídeo demostrativo de carácter didáctico que explica el funcionamiento de cada opción.

Para ver el vídeo tutorial, precisas tener conexión a internet y hacer click sobre el siguiente icono:



Además te puedes mover por las opciones del menú lateral izquierdo:



O bien utilizando los botones de ir a la opción siguiente o anterior:



Existe una opción previa que es Antecedentes donde se expone la base normativa del cálculo del TEWI.



Opción de introducción de datos.

En esta opción iremos introduciendo los datos que iremos empleando en el cálculo de los impactos directos e indirectos. Pudiendo además, ir observando los resultados.

Para obtener el impacto directo debido a pérdidas por fugas vamos eligiendo de los desplegados las opciones disponibles:

Refrigerante
Selecciona un refrigerante del listado:

Nombre refrigerante: ▼
PCA: 675 kgCO2/kg R32

m
Carga de refrigerante: kg refrigerante

L
Índice de fugas
Selecciona un % de fugas/anual: ▼
19 %/año

L: kg fugas/anual

n
Tiempo de funcionamiento del sistema: ▼ [→→ Ir a Base de Datos](#)
n: 10 años

En la Base de Datos están introducidos el PCA de 20 refrigerantes, pero hay espacio para que usuario pueda introducir 10 refrigerantes más.

Para ir a la base de datos una opción es utilizar el hipervínculo:

[→→ Ir a Base de Datos](#)

En general, en toda la hoja podremos seleccionar datos de los desplegados, y en algunas casillas introducir datos directamente como la carga del refrigerante, donde tenemos que introducir los kilogramos de refrigerante total del sistema:

m
Carga de refrigerante: kg refrigerante

En el desplegable de índice de fugas, L, normalmente seleccionaremos Estimación por carga de refrigerante, y así la hoja lo calculará según la expresión indicada en el apéndice 2 de la IF-2 del RSIF.

Una vez introducidos o seleccionados los valores obtenemos el resultado de impacto ambiental por fugas:

Impacto debido a pérdidas por fugas = PCA directo	12.825	kg/CO2
--	---------------	---------------

Si faltara algún dato, el cálculo no se completaría, y normalmente saldría un mensaje de error.

El segundo término a sumar en la expresión de cálculo del TEWI es el impacto directo debido a la recuperación de refrigerante del sistema según su tipología. Para ello hay que introducir un factor de recuperación, $\alpha_{\text{recuperación}}$, teniendo la opción de introducir un valor en la base de datos.

$\alpha_{\text{recuperación}}$
Factor de recuperación

Selecciona un valor del desplegable: [→→ Ir a Base de Datos](#)

$\alpha_{\text{recuperación}}$: 0,6

En base a este valor introducido se obtiene el impacto de las pérdidas en la recuperación, que será otro PCA directo:

Impacto pérdidas en la recuperación = PCA directo	2.700	kg/CO2
--	--------------	---------------

Y normalmente, terminaremos el cálculo introduciendo el consumo anual de energía eléctrica del sistema, teniendo en cuenta todos los componentes necesarios que consuman electricidad.

Indudablemente el mayor consumo corresponderá al compresor, el cual puede ser valorado como la potencia media consumida por la horas de funcionamiento. Pero además deben tener en cuenta será el Consumo Energético, en kWh por año, que consiste en la energía eléctrica real requerida para el funcionamiento de toda la planta.

Incluyendo bombas, ventiladores, sistemas de control, sistemas periféricos y cualquier pérdida. Si no se conoce la energía para los periféricos, se puede establecer, por ejemplo, en un 17 % del consumo de energía de los compresores.

Para disponer de 1 kWh de electricidad final en las tomas de corriente hay que producir una mayor cantidad, produciéndose además unas emisiones de CO2 en para dicha generación o transformación de la electricidad, y transporte a los puntos de consumo.

Así tenemos un desplegable que nos selecciona uno de los factores de paso ofrecidos por el Documento Reconocido para la Aplicación del RITE: Factores de Emisión de CO2 y Coeficientes de Paso a Energía Primaria. Pudiéndose además, introducir algún otro valor "personal".

Así completamos los datos necesarios para obtener este "último" sumando de la expresión del TEWI:

E_{anual}
Energía anual consumida: kWh

β
Factor de emisión
Selecciona un valor del desplegable: [→→ Ir a Base de Datos](#)

β : kgCO₂/kWh

Obteniendo el "último" término de la expresión de cálculo del TEWI:

Impacto debido a la energía consumida = PCA indirecto kgCO₂

Si tuviéramos que calcular el impacto debido a otros componentes como el aislamiento rellenaríamos los datos necesarios para la obtención del cuarto término "adicional" del sumatorio del TEWI:

Aislamiento
Material del aislamiento:

m_i :
Carga de gas del sistema de aislamiento, en kilogramos: kg

PCA_i
Potencia de calentamiento atmosférico del aislamiento: kgCO₂

α_i
Índice de gas recuperado del aislamiento al final de la vida útil:

Y así obtener finalmente el cuarto sumando, en caso de ser necesario:

Impacto debidos a otros componentes = PCA directo kgCO₂

Esta primera hoja de introducción de datos, ya nos ofrece el resultado del TEWI:

TEWI: kgCO₂
 Ton-eqCO₂

[Ir a informe](#)

Pudiendo ya ir a la opción Ver Informe de Resultado, para tener una impresión adecuada del mismo.

Opción Informe de Resultado.

En base a los datos introducidos previamente tenemos el resultado final del cálculo del TEWI.

Así tenemos la fórmula empleada con los factores aplicados en su cálculo, y la referencia de cálculo basado en:

- ✓ Anexo B, de la UNE-EN 378-1, y especialmente,
- ✓ Apéndice 2, de la IF-2 del RSIF actual.

Una breve explicación de los términos de cálculo, incluidos los términos adicionales que se emplearían para obtener el impacto debido a otros componentes como el aislamiento.

Los valores tomados para el cálculo realizado, provenientes de la hoja anterior de Introducción de Datos.


El valor del TEWI obtenido, con una pequeña reseña al TEWI específico, útil en algunas normativas, pues está referenciado a la unidad de consumo de energía.

La composición final del TEWI para poder tomar decisiones de diseño, con el porcentaje que influye cada uno de los términos del cálculo.

El impacto directo correspondiente a la suma de los términos de Impacto Directo por Fugas y Reciclado del Equipo, y el Impacto indirecto correspondiente al término de energía anual consumida.

Y un gráfico para tener una visión global que permita apoyar el análisis de este impacto ambiental.

La opción IMPRIMIR INFORME genera y abre un informe en PDF, permitiendo posteriormente guardarlo.



TEWI

Impacto total equivalente sobre el calentamiento atmosférico

Calculo basado en:
Anexo B, UNE-EN 378-1: 2017.
Apéndice 2 de la IF-2 del RSIF.

Para obtener el TEWI se aplica la siguiente expresión:

$$TEWI = PCA \times L \times n + \frac{[PCA \times m \times (1 - \alpha_{recuperación})]}{n \times E_{anual} \times \beta}$$

Compuesto por tres sumandos son respectivamente el impacto por fugas, recuperación de las pérdidas, e impacto debido al consumo de energía.

Donde,

TEWI,	es el impacto total equivalente sobre el calentamiento atmosférico, en kg de CO ₂ .
PCA,	es el calentamiento atmosférico, relativo al CO ₂ .
L,	es la fuga, en kilogramos por año.
n,	es el tiempo de funcionamiento del sistema, en años.
m,	es la carga de refrigerante, en kilogramos.
$\alpha_{recuperación}$	es el factor de recuperación y reciclado, de 0 a 1.
E_{anual}	Es el consumo de energía, en kilovatios/hora al año
β	es el factor de paso de kgCO ₂ /kWh.

Cuando el aislamiento u otros componentes del sistema de refrigeración o calefacción puedan emitir gases de efecto invernadero, se añadirá el potencial de calentamiento atmosférico de estos gases.

Para ello se añade un cuarto sumando a la expresión de cálculo del TEWI:

$$PCA_i \times m_i \times (1 - \alpha_i)$$

Donde:

PCA _i ,	es el Potencial de Calentamiento Atmosférico, en relación con el CO ₂ .
m _i ,	es la carga de gas del sistema de aislamiento, en kg.
α_i ,	es el índice de gas recuperado del aislamiento al final de la vida útil, de 0 a 1.

Valores tomados:

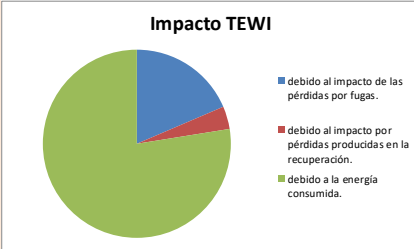
PCA:	675	kgCO ₂ /kg R32
L:	1,9	kg fugas/año
n:	10	años
m:	10	kg refrigerante
$\alpha_{recuperación}$:	0,6	
E_{anual} :	15000	kWh
β :	0,357	kgCO ₂ /kWh
PCA _i :	0	kgCO ₂ /kg
m _i :	0	kg
α_i :	0	

TEWI obtenido:	69	Ton-eqCO ₂
TEWI específico	4,60	kgCO ₂ /kWh

Cuya composición es:


18,6%	debido al impacto de las pérdidas por fugas.
3,9%	debido al impacto por pérdidas producidas en la recuperación.
77,6%	debido a la energía consumida.
0,0%	debido a otros componentes.

IMPRIMIR INFORME




Impacto TEWI

- debido al impacto de las pérdidas por fugas.
- debido al impacto por pérdidas producidas en la recuperación.
- debido a la energía consumida.



COLABORA CON



Versión 18 marzo 2022

Como es un programa de cálculo vivo se incluye la fecha de la versión.

Base de Datos

En la mayoría de opciones de la Base de Datos se pueden añadir valores personales para ser tenidas en cuenta en el cálculo.

La primer opción son los PCA utilizado en los cálculos de impacto directo por refrigerante (fugas y reciclado).

Se dejan libre y de color amarillo las filas de la 20 a la 30 para introducir o actualizar los valores del PCA.

PCA		
Potencial de Calentamiento Atmosférico		
R32	675	kgCO2/kg R32
R134a	1430	kgCO2/kg R134a
R290	3	kgCO2/kg R404A
R404A	3922	kgCO2/kg R404A
R407C	1774	kgCO2/kg R407c
R410A	2088	kgCO2/kg R410A
R448A	1387	kgCO2/kg R448A
R449A	1397	kgCO2/kg R449A
R450A	605	kgCO2/kg R450A
R452A	2140	kgCO2/kg R452A
R452B	698	kgCO2/kg R452B
R453A	1765	kgCO2/kg R453A
R454B	467	kgCO2/kg R454B
R454C	148	kgCO2/kg R454C
R455A	148	kgCO2/kg R455A
R507A	3985	kgCO2/kg R507A
R513A	631	kgCO2/kg R513A
R717	0	kgCO2/kg R717
R744	1	kgCO2/kg R744
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R
		kgCO2/kg R

Puedes ir actualizando esta tabla en base al Apéndice 1 – Tabla A de la IF 02 que esté en vigor en el RSIF, pues el Ministerio la va actualizando periódicamente, e introduciendo nuevos refrigerantes, etc.

Es importante recordar que el Reglamento Europeo (UE) 517/2014 va estableciendo fechas límite para comercializar diversos refrigerantes, limitando el PCA de los mismos paulatinamente.

Por ejemplo:

- A partir del 1 de enero de 2022 quedan prohibidas la comercialización de Centrales frigoríficas multicompresor compactas, para uso comercial, con una capacidad valorada igual o superior a 40 kW, que contengan gases fluorados de efecto invernadero, o cuyo funcionamiento dependa de ellos, con un PCA igual o superior a 150, excepto en los circuitos refrigerantes primarios de los sistemas en cascada, en que pueden emplearse gases fluorados de efecto invernadero con un PCA inferior a 1500.
- A partir del 1 de enero de 2025 queda prohibida la comercialización de Sistemas partidos simples de aire acondicionado que contengan menos de 3 kg de gases fluorados de efecto invernadero o cuyo funcionamiento dependa de ellos, con un PCA igual o superior a 750.
- Etc.

Para más información consultar el Anexo III del Reglamento Europeo (UE) 517/2014.

El siguiente desplegable que tenemos en la opción Introducción de Datos es la estimación de la tasa anual de fugas, L, donde tenemos un desplegable con las siguientes opciones, incluyendo las 2 últimas opciones que son parametrizables por el usuario:

Fugas		
Estimación de % de fugas		
Estimación por carga refrigerante	19	%/año
Compacto < 3kg (nuevo)	0,5	%/año
Compacto < 3kg (reconstruido/convertido)	2,5	%/año
Compacto > 3 kg (nuevo)	1	%/año
Compacto > 3 kg (reconstruido/convertido)	3,5	%/año
Sistema indirecto tub. corta,pocas conex. (nuevo)	2	%/año
Sistema indirecto tub. corta,pocas conex. (reconstruido/convertido)	7	%/año
Sistema indirecto tub. larga, muchas conex. (reconstruido/convertido)	5	%/año
Sistema indirecto tub. larga, muchas conex. (nuevo)	10	%/año
Sistema directo tub. corta,pocas conex. (nuevo)	5	%/año
Sistema directo tub. corta,pocas conex. (reconstruido/convertido)	10	%/año
Sistema directo tub. larga, muchas conex. (nuevo)	10	%/año
Sistema directo tub. larga, muchas conex. (reconstruido/convertido)	15	%/año

El Apéndice 2 del RSIF nos invita a calcular la tasa anual de fugas en base a la carga de refrigerante, especialmente en instalaciones nuevas. Así la tabla muestra un valor obtenido en base a la carga de refrigerante introducida previamente en opción Introducción de datos.

En este caso muestra el valor correspondiente a una carga, m, de 10 kg de refrigerante:

Estimación de % de fugas			m:	L=0,4 x m elev (2/3)
Estimación por carga refrigerant	19	%/año	Carga refrig: 10 kg	Fugas/año: 1,9 kg refrig

El resto de valores son estimaciones provenientes de fuentes Europeas de reconocida solvencia. Pero las 2 últimas de color amarillo pueden ser modificadas por el usuario.

Tiempo de funcionamiento del sistema en años.

En principio está parametrizado para elegir entre 10 años, sistemas de exterior, o 15 años, sistemas dispuestos en zonas interiores. Pero queda libre una tercera opción para que el usuario pueda introducir el valor deseado.

n		
Tiempo funcionamiento sistema en años		
10 años	10	años
15 años	15	años
Otro (introducir en BD)		años

Factor de recuperación, $q_{recuperacion}$, es el valor entre 0 y 1, que indica la proporción de refrigerante que se recuperará. El RSIF nos indica que podemos tomar o estimar un valor de 0,60 para la línea blanca como unidades tipo split, y para el resto de instalaciones frigoríficas un valor de 0,95. Adicionalmente ofrecemos algún valor más proveniente otras fuentes como los sistemas construidos in situ, y la opción de libre diseño para el usuario.

$q_{recuperación}$	
Factor de recuperación	
"Línea blanca" (split, etc)	0,6
Compacto	0,95
Construido in situ	0,9
Otro (introducir en BD)	

Del Documento Reconocido para la aplicación del RITE: Factores de Emisión de CO₂ y Factores de Paso a Energía primaria, extraemos los principales valores de emisión de CO₂, por kWh de energía final producida.

Este valor debe ser revisado periódicamente por si existieran valores más actuales. En el momento de la creación de la base de datos están vigentes los valores de 14 de enero de 2016.

En los enlaces adicionales normativos se puede acceder a la web del Ministerio y el documento completo origen de esta base de datos.

β	
Factor emisión	
Electricidad convencional Nacional	0,357
Electricidad convencional peninsular	0,331
Electricidad convencional extrapeninsular	0,833
Electricidad convencional Baleares	0,932
Electricidad convencional Canarias	0,776
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	0,776
Otro (introducir en BD)	

Como en el resto de tablas que conforman los despleables de la opción de introducción de datos se deja una opción personal para introducir un valor libre por el usuario.

Importante: En esta hoja de cálculo el separador entre la parte entera y la parte decimal será la coma “,”. Pudiendo no realizar el cálculo correcto la hoja de cálculo si se emplea un punto “.” como dicho separador.

Opción Enlaces Normativos

En esta opción existen hipervínculos para acceder a los documentos normativos y enlaces de interés.

Puedes ir directamente a:

Reglamento de Seguridad de Instalaciones Frigoríficas, RD 559/2019, de 27 de septiembre.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), RD 1027/2007. Actualizado

Reglamento (UE) nº 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, sobre los gases fluorados de efecto invernadero

Factores de Emisión de CO₂ y Coeficientes de Paso a Energía Primaria de Diferentes Fuentes de Energía Final Consumidas en el Sector de los Edificios de España.

En cuanto a Reglamentos dirige a la página del BOE donde se puede obtener la versión actualizada, así como el texto consolidado del correspondiente Reglamento.

También se disponen enlaces dirigidos a web vinculadas de interés como:

Web del Ministerio de Industria referente a Instalaciones Frigoríficas.

CNI - Instaladores, información refrigerantes e instalaciones frigoríficas.

Acceso a hojas de cálculo gratuitas de FORMATEC (requiere registro)

Recuerda que en CNI tenemos a vuestra disposición además de esta hoja de cálculo otras como:

- Cálculo de Instalaciones de Gas.
- Programa de Etiquetado Energético de Conjunto.
- Programa de Cálculo de Suelo Radiante según UNE-EN 1264.
- Justificación Aerotermia Renovable según HE4 – versión 2013.

En todas ellas se entrega la hoja de cálculo junto con instrucciones de funcionamiento. Para conseguir estas hojas de cálculo gratuitas distribuidas por CNI simplemente debes enviar un email a:

marketing@cni-instaladores.com

Importante:

Esta hoja estará sometida a actualizaciones, por ejemplo para actualizar datos de algún refrigerante. Por tanto, puedes solicitar la nueva hoja de cálculo cuando haya pasado cierto tiempo.

Verifica la versión indicada en la Opción Antecedentes, y en la Opción de Informe de Resultado.

Por ejemplo:



Espero que esta sencilla aplicación de cálculo sea de utilidad de los profesionales de las instalaciones frigoríficas o instalaciones térmicas que empleen circuitos frigoríficos.

Javier Ponce
Comité Técnico de CNI-Instaladores
Gerente y Formador en FORMATEC.