



Climatización VRF comercial simulada

Existen en el mercado diferentes herramientas para simular el consumo energético de los edificios. Hay, sin embargo, una de alcance gratuito, de código abierto y multiplataforma que puede ejecutarse casi en cualquier sistema operativo y que cuenta con una interfaz simple para hacer comparaciones de productos de diferentes fabricantes

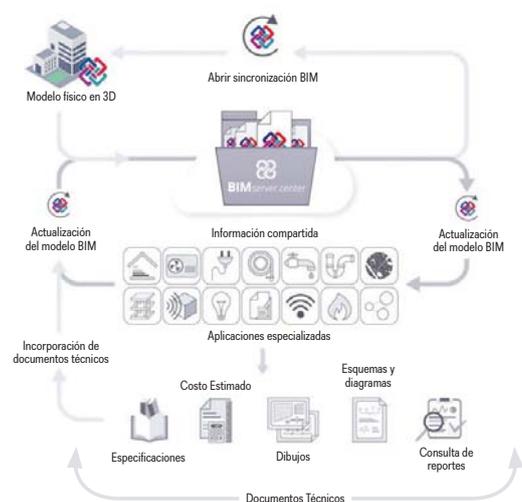
[Bárbara Torregosa]

La metodología Building Information Modeling (BIM) para proyectos de edificación es hoy un estándar en muchos países. El sistema de climatización y el cálculo de la eficiencia energética del edificio son una parte esencial en los proyectos inmobiliarios, por lo que es imprescindible integrarlas en el flujo de trabajo BIM.

Existe tecnología, como la OpenBIM, que permite definir el modelo digital del inmueble, a través de softwares específicos para cada una de las especialidades que convergen en un proyecto de edificación, en lugar de obligar al usuario a adaptarse a una única plataforma BIM genérica. Los programas que incorporan este desarrollo tecnológico son capaces de comunicar sus resultados entre sí, por medio de formatos estándar abiertos como IFC4. Esto permite a los profesionales trabajar de manera independiente, pero manteniendo sus propios datos y herramientas de manera coordinada. De esta forma, la obra se construye progresivamente mediante

la integración de los resultados del trabajo de los diferentes colaboradores.

Esta filosofía de trabajo abre las puertas para integrar programas que habitualmente se utilizan para el diseño. la simulación





y la verificación normativa de las instalaciones de climatización en el flujo BIM. Es más, esto significa, que podemos comunicar nuestras herramientas de trabajo no sólo con la geometría 3D del edificio, sino que también podemos comunicarnos entre sí. Así, la definición completa del edificio en el software de simulación energética, incluyendo el sistema de climatización, resulta automática.

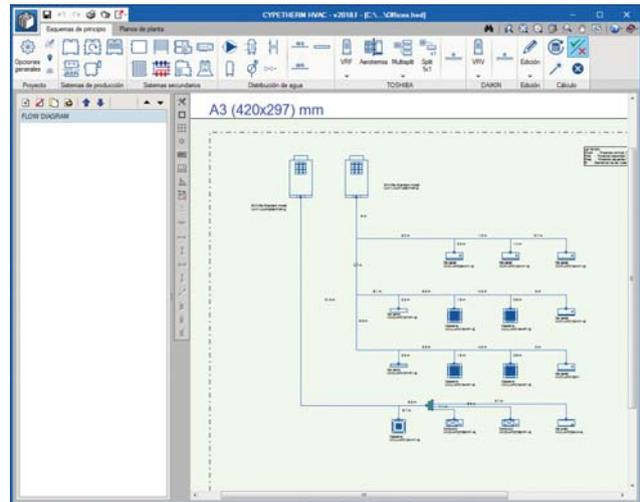
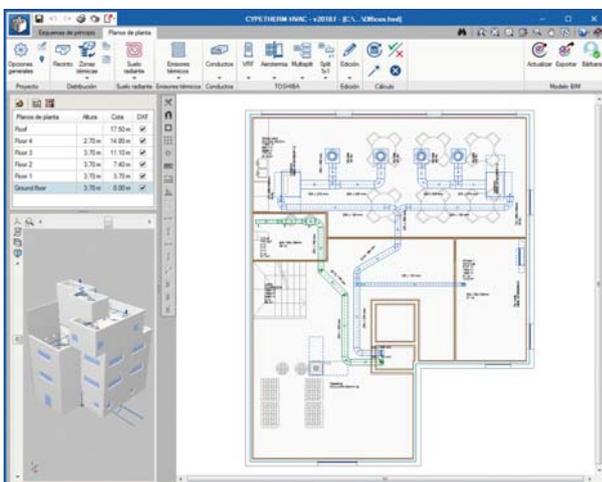
Esta capacidad cobra especial interés cuando se habla de la herramienta de simulación de energía que sirve para modelar el consumo (para calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y cargas de taponos y procesos) y el uso del agua en los inmuebles: EnergyPlus. Esta innovación fue diseñada por el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), y actualmente es la herramienta de cálculo energético de mayor prestigio a nivel mundial. Se utiliza ampliamente para las certificaciones más exigentes, como LEED o PassivHaus, así como para la verificación del cumplimiento de la normativa en materia de eficiencia en construcciones de un gran número de países.

La definición de las características del edificio y los sistemas de climatización es una tarea compleja, pues se necesita conocer y tratar un gran número de datos para reproducir de manera precisa el comportamiento de los sistemas. La tecnología Open-BIM permite automatizar este proceso, poniendo la simulación energética avanzada al alcance de la mano de un amplio abanico de usuarios.

SIMULACIÓN DE EQUIPOS COMERCIALES VRF

Cuando se diseña y dimensiona una instalación de climatización es muy frecuente utilizar las características de los equipos comerciales que se pretenden instalar en el edificio. La integración de estos sistemas en un software de simulación energética basado en EnergyPlus permite reproducir su comportamiento con gran exactitud y facilita la comparación entre los productos de diferentes fabricantes. Con la tecnología OpenBIM es posible exportar la instalación diseñada con equipos comerciales a un software de estas características, lo que simplifica enormemente la selección del sistema HVAC más adecuado para maximizar la eficiencia energética.

Para simular los procesos de climatización con esta herramienta es necesario conocer las curvas de comportamiento de los equipos. Éstas determinan sus prestaciones en condiciones de trabajo diferentes a las nominales que se utilizan para el diseño. Dicha información es clave para conocer el consumo anual de sistemas de bomba de calor de alta eficiencia energética, como los sistemas de caudal de refrigerante variable (VRF).



Los equipos VRF han demostrado producir un ahorro de energía considerable en comparación con los sistemas de climatización convencionales, para aplicaciones como edificios de oficinas u hoteles. Una de las razones es su capacidad para trabajar de forma continua y eficiente incluso a bajas cargas parciales, lo cual es una situación muy frecuente en dichas aplicaciones. En consecuencia, una elevada eficiencia de los sistemas VRF a cargas parciales puede ser una ventaja competitiva para los fabricantes.

La exactitud en la obtención de las curvas de comportamiento es crucial para simular de manera fiable el consumo de las instalaciones VRF a lo largo del año, y, por lo tanto, para comparar el desempeño de los productos de distintos fabricantes en un edificio concreto.

En la documentación que ofrecen los fabricantes, es posible encontrar tablas y gráficas acerca de las prestaciones de las unidades VRF en diferentes condiciones de trabajo que afectan su rendimiento, tanto para refrigeración como para calefacción: temperaturas de trabajo interior y exterior, grado de carga parcial del compresor, ratio de conexión entre las unidades interiores y exteriores, longitud de las tuberías de refrigerante, etcétera. EnergyPlus permite considerar la influencia de estos factores en la simulación. Para ello, es necesario calcular una curva de comportamiento para cada una de estas variables.

Sin embargo, al analizar los datos ofrecidos por los fabricantes, se observa que el EER (Energy Efficiency Ratio) y el COP (Coefficient Of Performance) de los equipos dependen de las temperaturas de trabajo, así como del grado de carga parcial al mismo tiempo. El EER (también llamado COP de refrigeración) es el cociente de la potencia frigorífica entre la potencia eléctrica consumida en refrigeración. Mientras que el COP representa el cociente de la potencia calorífica entre la potencia eléctrica consumida en calefacción. Ambos términos indican la eficiencia de las bombas de calor.



Por ejemplo, en las hojas de datos de unidades VRF observamos que el EER aumenta cuando el sistema trabaja al 50 por ciento de su capacidad respecto al EER a plena carga. Pero la mejora que se observa con una temperatura de trabajo exterior de 35 °C es superior a la que sucede con una temperatura exterior de 20 °C.

En la reciente “2017 ASHRAE Building Performance Analysis Conference” se presentó una metodología para obtener las curvas de comportamiento de los sistemas de VRF que considera en este efecto combinado. Así, en lugar de calcular una curva de comportamiento aislada para cada efecto, se ajustaron las ecuaciones utilizadas por el motor de cálculo directamente a los datos del fabricante.

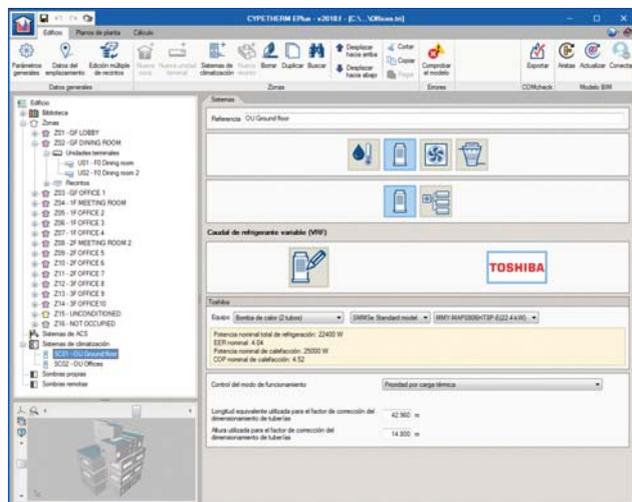
Con este método es posible reproducir los datos de catálogo con gran precisión. El margen de error máximo en la predicción del EER se reduce al 7.6 frente al 21.7 por ciento que se obtiene con el procedimiento de trabajo habitual. Esto supone una diferencia en la predicción del consumo de energía anual para refrigeración de hasta el 6.4 por ciento en un edificio de oficinas. En cuanto a la predicción del COP, el margen de error máximo disminuye del 12.2 al 6.8 por ciento, lo que mejora la simulación a cargas parciales con temperaturas exteriores altas.

VENTAJAS DE SIMULAR EQUIPOS VRF COMERCIALES

Las curvas por defecto que se comparan son las que ofrece EnergyPlus para la simulación de sistemas VRF. Ante la ausencia de información sobre un sistema concreto, o bien ante el desconocimiento de la metodología de cálculo de las curvas de comportamiento; con esta opción un usuario podría simular de manera relativamente simple este tipo de sistema.

Sin embargo, el potencial de ahorro energético de los equipos VRF se debe, en gran medida, a su elevada eficiencia en condiciones de funcionamiento distintas a las de diseño, que son las más frecuentes a lo largo del año. Esto hace que utilizar las curvas de comportamiento reales sea muy relevante para la calificación energética de edificaciones con equipos VRF.

Para comprobar la importancia de las curvas de comportamiento en el consumo de energía de los sistemas VRF, se ha simulado un inmueble de oficinas de 441.1 metros cuadrados en Atlanta, EEUU, con un sistema de climatización comercial de este tipo. Tras el cálculo de cargas térmicas y atendiendo a las limitaciones en la longitud de tuberías de refrigerante del fabricante, se seleccionó un equipo exterior de 22.4 kW de refrigeración conectada a 4 unidades interiores para atender la



Resultados de la simulación en EnergyPlus

	Consumo anual de energía eléctrica (kWh)	
	Refrigeración	Calefacción
Datos del fabricante	9161.02	674.87
Plantilla de EnergyPlus	12844.67	1048.05
% mejora	28.7%	35.6%

demanda de la planta baja, y otra unidad exterior de 28 kW conectada a 11 unidades interiores distribuidas en el resto de los pisos. Según el catálogo comercial, la unidad exterior que atiende a la planta baja presenta un EER de 4.04 y un COP de 4.52 en condiciones nominales, mientras que la que atiende al resto del edificio tiene un EER de 3.64 y un COP de 4.25.

El sistema descrito se simuló con EnergyPlus utilizando dos conjuntos de curvas de comportamiento distintos: por un lado, las curvas por defecto que ofrece la plataforma para sistemas VRF, y por otro, sus curvas de comportamiento reales, esto es, basadas en los datos del fabricante. En ambas simulaciones se utilizaron los mismos datos de EER y COP nominales.

Los resultados muestran que el consumo eléctrico calculado para refrigeración es un 28.7 por ciento menor cuando se utilizan las curvas reales de este sistema comercial, frente a utilizar las curvas por defecto de EnergyPlus. El consumo eléctrico para calefacción también disminuye en un 35.6 por ciento (Gráfica 1).

En conclusión, la simulación energética de sistemas de climatización VRF comerciales permite reproducir de forma fiable su comportamiento, siempre y cuando se utilicen en los cálculos los datos que certifica el fabricante. Con esto es posible comparar adecuadamente el consumo de esos sistemas y revelar todo su potencial de ahorro energético. Dado que es una tarea altamente especializada y específica, resulta de gran ayuda el uso de softwares de simulación energética con motor EnergyPlus que contengan los datos de los fabricantes. La integración de estos programas en el flujo de trabajo OpenBIM simplifica enormemente esta tarea, ya que facilita importar automáticamente los sistemas de climatización integrados en el modelo 3D del edificio, poniendo la simulación energética con EnergyPlus al alcance de todos los usuarios.

► Bárbara Torregrosa

Ingeniero de Desarrollo en CYPE Ingenieros, cuenta con un doctorado en Ingeniería Industrial y es especialista en el modelado de sistemas de climatización aplicados a la simulación energética de edificios. CYPE es una compañía con más de 30 años de experiencia en el desarrollo de software técnico para los profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.