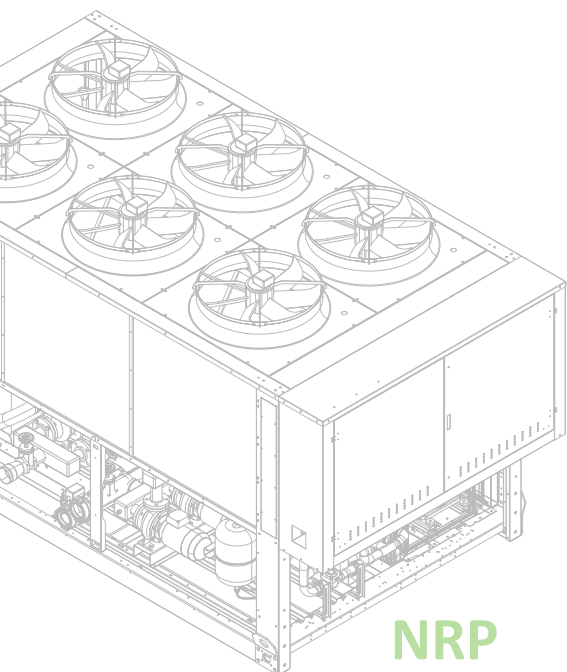


TECHNICAL **FOCUS**

EL AHORRO ESTÁ EN LA RECUPERACIÓN: POLIVALENTES NRP PARA INSTALACIONES DE 2 TUBOS



SOLUCIONES PARA EL BIENESTAR

Ahorro energético y recuperación de energía térmica: uso de máquinas polivalentes para instalaciones hidráulicas de climatización de 2 tubos y producción centralizada de agua caliente sanitaria.

Este documento ofrece un resumen de las ventajas económicas y ambientales que derivan del uso de máquinas polivalentes para instalaciones de 2 tubos.

El ahorro energético está relacionado principalmente con la recuperación de energía térmica y la producción de agua caliente sanitaria en el verano, así como también con la eficiencia en el funcionamiento como bomba de calor en el invierno.

Las prestaciones junto con la posibilidad de hacer más sencillas conexiones hidráulicas, convierten a estas máquinas en las ideales para edificios cuyo uso sea principalmente residencial (hoteles, instalaciones centralizadas para edificios de viviendas y comunidades).

ÍNDICE

Capítulo 1	
Introducción	4
Capítulo 2	
Polivalentes para instalaciones de 2 tubos: aplicaciones y requisitos de las instalaciones	5
Capítulo 3	
Ventajas energéticas y económicas derivadas del uso de polivalente NRP para instalaciones de 2 tubos.....	9
Capítulo 4	
Uso de máquinas polivalentes de 2 tubos en instalaciones híbridas con caldera en integración o sustitución.....	14
Capítulo 5	
Conclusiones	18



La serie “Technical Focus” se propone ofrecer un ejemplo de las posibles ventajas derivadas del uso de las soluciones innovadoras Aermec.

Visto que los datos y los resultados presentados en la publicación se refieren a edificios y situaciones específicas, pueden variar sustancialmente dependiendo de las aplicaciones y del uso. Por esta razón, los cálculos y las consideraciones efectuadas en este documento de ningún modo pueden sustituir la tarea de diseño del profesional termotécnico.

Aermec se reserva el derecho de realizar en cualquier momento todas las modificaciones que considere necesarias para mejorar el producto, pudiendo modificar los datos técnicos publicados.

PREMISA

En el Technical Focus nº 2 se han presentado las ventajas energéticas, económicas y ambientales del uso de máquinas polivalentes de 4 tubos.

Estas unidades aprovechan plenamente la existencia de cargas de signo opuesto para la climatización de edificios sometidos a una fuerte influencia de la radiación.

En la publicación anterior se ha examinado el caso de aplicación en un edificio destinado a oficinas.

En este Technical Focus nº 3 se analiza un tipo diferente de máquinas polivalentes (polivalentes en instalaciones de 2 tubos) con características de construcción y campos de aplicación distintos. Para estas máquinas el ahorro energético se relaciona con la capacidad de producir agua caliente sanitaria de forma gratuita (con recuperación de energía térmica) o en condiciones muy favorables durante muchos meses al año, y se emplean en sectores donde este consumo ocupa un lugar importante en la gestión de la instalación (hoteles y edificios de viviendas con producción de agua caliente, fría y A.C.S.).

SE HA examinado el uso de una polivalente de 2 tubos en el caso de un edificio para hotel.

TECHNICAL FOCUS

EL AHORRO ESTÁ EN LA RECUPERACIÓN: POLIVALENTES NRP PARA INSTALACIONES DE 2 TUBOS

Ahorro energético y recuperación de energía térmica:
las ventajas económicas y ambientales derivadas del uso de
máquinas polivalentes para instalaciones de 2 tubos.

¿POR QUÉ LAS POLIVALENTES TIENEN ÉXITO EN EL MERCADO DE LA CLIMATIZACIÓN?

Las razones de la presencia de estas máquinas en el mercado son las siguientes:

- Mayor atención al aspecto de la eficiencia energética y del ahorro en el diseño del sistema edificio-instalación → **valorización de la recuperación de energía térmica o frigorífica.**
- Evolución tecnológica del circuito de refrigeración en general a nivel de componentes, de diseño y de regulación → **ampliación de los campos operativos de las máquinas (temperaturas externas y temperaturas del agua producida).**
- Mayor conocimiento de los problemas que pueden afectar el funcionamiento de las máquinas polivalentes, adopción de medidas constructivas apropiadas y de regulación por parte de los fabricantes, mayor atención hacia los requisitos de instalación que deben recomendarse a los diseñadores → **obtención de niveles óptimos de fiabilidad.**
- Mayor oferta de este tipo de producto en el mercado → **mayor competitividad entre los fabricantes en términos de prestaciones y posicionamiento de precio.**

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

Presentes desde hace más de 20 años en el mercado de la climatización, las máquinas polivalentes se han difundido cada vez más especialmente en los últimos años, despertando un creciente interés entre los diseñadores termotécnicos y los instaladores.

Definimos como máquina polivalente a un grupo de refrigeración con bomba de calor, con recuperación total que, con una arquitectura especial del circuito de refrigeración y lógicas específicas de gestión, puede satisfacer simultáneamente y de forma independiente diferentes funciones de instalación.

Las máquinas polivalentes se distinguen en dos categorías, según el tipo de instalación utilizada, con características constructivas y lógicas de gestión diferentes en ambos casos:

- Polivalentes para instalaciones de 4 tubos, capaces de suministrar simultáneamente energía térmica y frigorífica en los dos circuitos de la instalación y con cualquier grado de parcialización que las mismas requieran.
- Polivalentes para instalaciones de 2 tubos, pueden suministrar potencia térmica o frigorífica a una instalación de dos tubos y, al mismo tiempo y cuando se necesite, energía térmica a un circuito hidráulico intermedio utilizado para la preparación de agua caliente sanitaria (del tipo con intercambiador intermedio y calentador línea abajo, o con acumulador de agua técnica e intercambiador instantáneo línea abajo).

Con este tipo de instalación se logran las siguientes ventajas:

- Gran flexibilidad de uso, con la posibilidad de adaptar rápidamente las condiciones ambientales de los distintos locales al perfil de ocupación, sujeto a cambios rápidos.
- Posición racional de las máquinas y de los componentes de la instalación que ocupan mucho espacio, con la consiguiente reducción de los locales técnicos.
- Aumento de la eficacia gracias a la elección de generadores de muy elevado contenido tecnológico, a menudo técnicamente no disponibles o económicamente insostenibles cuando se fracciona la potencia entre varias máquinas autónomas y de tamaño reducido.

Capítulo 2

POLIVALENTES PARA INSTALACIONES DE 2 TUBOS: APLICACIONES Y REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES

En los modernos edificios de uso residencial, especialmente aquellos destinados a hoteles o comunidades, el tipo más común de instalación prevé un sistema de fan coils de 2 tubos para la climatización estival e invernal, una o más UTA para el tratamiento del aire primario con sus canales y terminales de distribución, así como una sección para la producción centralizada de agua caliente sanitaria y acumuladores de calor, además de las advertencias sobre las modalidades de preparación y distribución de la misma.

Estas instalaciones pueden aumentar aún más su eficiencia energética y su facilidad de conducción por parte del operador mediante el uso de sistemas de regulación integrados conectados en interfaz con sistemas BMS para controlar las funciones principales (regulación de los fan coils, interfaz con las enfriadoras y las bombas de calor, control de las bombas de zona, gestión de la producción de agua caliente sanitaria, de los recuperadores de calor, etc.).

El circuito de refrigeración de una máquina polivalente para instalaciones de 2 tubos y su lógica de regulación poseen una arquitectura que permite satisfacer la carga térmica o la carga de refrigeración en el circuito hidrónico de climatización con cualquier factor de carga.

También gestionan el suministro de potencia térmica (desde un intercambiador) hacia un circuito hidrónico intermedio que prepara agua caliente sanitaria en función de la demanda. Esta demanda detectada por sondas de temperatura colocadas en el mismo circuito o en el acumulador de calor.

En invierno el agua caliente sanitaria se produce mediante el funcionamiento normal de la bomba de calor en el circuito hidrónico intermedio del agua caliente sanitaria (con set point específico, normalmente 55 ° C como mínimo, y prioridad en la instalación).

En cambio, durante el verano el calor se suministra en el equipo sanitario cuando se demanda y en la medida de lo posible, en recuperación térmica y con carga de refrigeración en la instalación; cuando no hay demanda de energía de refrigeración o es reducida, la máquina puede conmutar uno o ambos circuitos de refrigeración a bomba de calor durante los tiempos necesarios y, de este modo, proveer ambos equipos según la proporción de carga que se presenta.

INTERFAZ DE USUARIO pGD¹ para máquinas polivalentes serie NRP.



Es precisamente el modo de preparación A.C.S. de verano que explica los elevados valores de eficacia energética que caracterizan las instalaciones de 2 tubos con máquinas polivalentes, ya la preparación de A.C.S. se efectúa de forma gratuita (recuperación) o de modo muy conveniente (en el modo de funcionamiento en bomba de calor con temperaturas externas elevadas típicas del verano, o suaves en las estaciones intermedias).

En general, las máquinas polivalentes de 2 tubos poseen varios circuitos de refrigeración, cada uno de los cuales puede trabajar independientemente del otro, en uno de estos modos:

- Refrigeración, al servicio de la instalación de climatización en verano
- Calentamiento en bomba de calor al servicio de la instalación de climatización en invierno, generalmente con producción de agua a baja temperatura y gestión de los ciclos de descongelación necesarios.
- Calentamiento en bomba de calor al servicio del circuito de preparación de A.C.S., tanto en verano como en invierno, con producción de agua a una temperatura más alta mediante intercambiador específico y gestión de los ciclos de descongelación necesarios en invierno.
- Recuperación térmica con transferencia de calor desde el circuito de climatización al circuito hidrónico de preparación de A.C.S. en verano

La regulación para gestionar las máquinas responde a las demandas de los equipos en las proporciones correctas, haciendo trabajar los circuitos de refrigeración en tiempos diferentes. La lógica de gestión establece el modo de funcionamiento solicitado en los circuitos de refrigeración según la estación, la temperatura de set point del circuito hidrónico de la climatización, la temperatura de set point del acumulador de calor reservado para el agua caliente sanitaria, y la temperatura detectada por las sondas de agua colocadas en estos dos sectores de equipo.

En particular, en caso de cargas de signo opuesto (climatización de verano y demanda de agua caliente sanitaria) establece cuál de las dos es mayor en porcentaje y, en consecuencia, determina el número de compresores activos o el grado de parcialización de eventuales compresores modulantes; según la carga en el otro equipo, se gestiona el estado de funcionamiento de los circuitos de refrigeración y el tiempo entre las conmutaciones de estado de los mismos.

Con el fin de limitar la frecuencia de conmutación de estado y evitar esfuerzos excesivos de la máquina, se recomienda equipar las dos instalaciones hidrónicas con una inercia térmica adecuada, es decir con un contenido de agua suficiente; de esta manera se protege la máquina y se limitan las oscilaciones de la temperatura

del agua caliente y fría producida.

Esta medida, necesaria también en las aplicaciones de polivalentes para instalaciones de 4 tubos (tal como se ha indicado en el Technical Focus n° 2), es fundamental para poder conjugar fiabilidad y confort.

Respecto a enfriadoras simples o de bombas de calor, el contenido de agua mínimo recomendado en ambos circuitos hidráulicos de una máquina polivalente es generalmente más alto; además, el fraccionamiento de la potencia entre un mayor número de compresores scroll o el uso de compresores modulantes no ayuda a reducir el volumen de agua demandado.

Aproximadamente la cantidad mínima de agua demandada es de unos $7 \div 10$ litros / kW de potencia de refrigeración nominal de la máquina, la cual debe ser verificada en cada caso de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante; cantidades más elevadas de agua, si hubiera, podrían ayudar a reducir aún más las oscilaciones de la temperatura de los circuitos.

Considerando el circuito hidráulico de la instalación de climatización de 2 tubos, es fundamental que en el cálculo de la cantidad de agua que constituye el acumulador de calor, se considere solo el agua en circulación continua en la máquina, es decir, la que se encuentra en el circuito primario y en las derivaciones del secundario donde siempre hay circulación de agua desde y hacia la máquina.

Esto implica que muchas veces se recurra a un acumulador inercial de tamaño adecuado en el circuito primario (dicho acumulador podría ser colocado dentro de la misma máquina, como sucede por ejemplo en algunas configuraciones disponibles para las polivalentes NRP).

En la sección de la instalación para el agua caliente sanitaria, gran parte de la cantidad necesaria se encuentra generalmente en el acumulador de calor, que garantiza la autonomía en las horas de mayor consumo.

Sin duda dichos acumuladores de calor entran en el cálculo de la inercia cuando se opta por prever un puffer (que contenga agua técnica no destinada directamente al consumo) después del cual se coloca un circuito con intercambiador instantáneo que prepare el A.C.S. según el caudal demandado (esta solución se ilustra en los esquemas de la instalación, figuras 1 y 2).

Se incluyen en el cálculo incluso si se opta por prever un circuito intermedio que se cierre en un intercambiador (de dimensiones adecuadas de acuerdo a la potencia térmica de la máquina) después del cual se coloca en un circuito secundario un calentador para el almacenamiento del A.C.S. ya preparada y lista para el consumo.

En este último caso, aunque esté físicamente separada del circuito hidráulico que depende directamente de la máquina, el A.C.S. suministra la inercia al sistema siempre que las dos bombas de los circuitos primario (polivalente - intercambiador intermedio) y secundario (intercambiador intermedio - calentador) siempre

estén activas al mismo tiempo; para satisfacer esta última condición sin mantener constantemente en funcionamiento las dos bombas, es aconsejable colocar la sonda de agua del circuito A.C.S. de la máquina directamente en el calentador a una altura adecuada y habilitar el funcionamiento de las bombas simultáneamente con el suministro de calor; naturalmente, este modo ha sido previsto entre las configuraciones de las máquinas polivalentes del PRN.

Si se desea preparar el A.C.S. con intercambiador intermedio y calentador línea abajo, es necesario prever un sistema de tratamiento periódico antilegionela incluso en el acumulador; normalmente esto prevé la intervención (en horas y días establecidos, en general por la noche) de fuentes integrativas que llevan la temperatura del agua a valores superiores a los 65°C, que generalmente no se alcanzan solo con la polivalente.

Aunque a menudo los tratamientos se realicen con la ayuda de sistemas de integración no eficaces desde el punto de vista energético, tales como resistencias eléctricas, afortunadamente no tienen un gran peso en la economía de la gestión del sistema dado que la fracción de energía que producen periódicamente es una fracción muy baja de la energía total producida.

Figura 1:

esquema funcional de la instalación hidráulica para climatización de verano e invierno de 2 tubos y producción centralizada de A.C.S. con enfriadora y caldera.

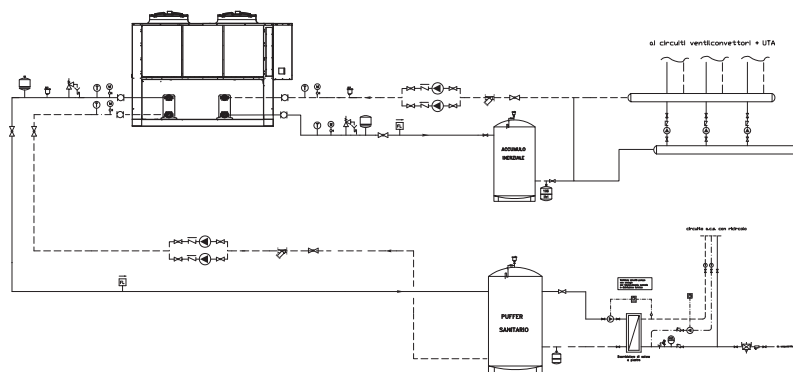
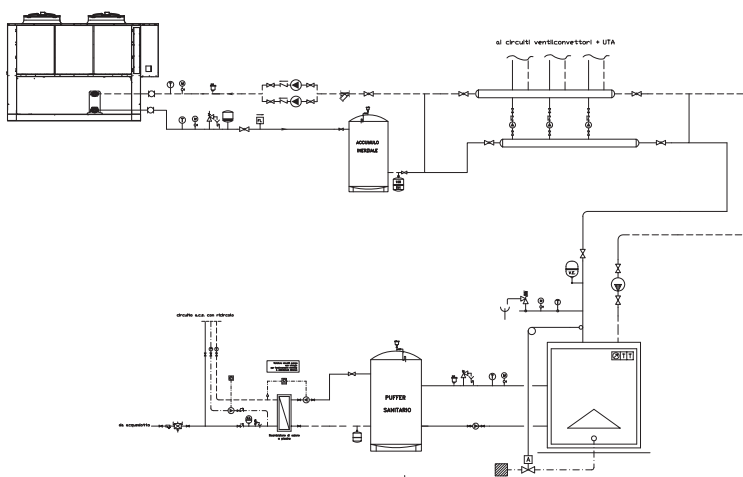


Figura 2:

esquema funcional de la instalación hidráulica para climatización de verano e invierno de 2 tubos y producción centralizada de A.C.S. con polivalente NRP para instalaciones de 2 tubos.



Capítulo 3

Ventajas energéticas y económicas derivadas del uso de polivalente NRP para instalaciones de 2 tubos.

El caso considerado en este análisis se refiere a una instalación para un hotel de tamaño medio (volumen de los ambientes climatizados: 6.000 metros cúbicos aproximadamente; superficie transitable: 1.800 metros cuadrados; 55 habitaciones; de construcción bastante reciente) hipotéticamente posicionado, a igualdad de estructuras y posición, en tres lugares tomados como referencias del clima de las tres áreas principales de la península italiana (Milán que representa el Norte, Roma que representa el Centro, y Palermo que representa el Sur).

La instalación para el hotel es del tipo de 2 tubos de fan coils con UTA para el tratamiento del aire primario (con temperatura de set point estival de 7°C e invernal de 45°C), y con una sección para la preparación del A.C.S. centralizada con acumulador térmico (puffer) después del cual se ha dimensionado un intercambiador rápido para la preparación del A.C.S., y del cual depende la instalación de recirculación del A.C.S.; la temperatura de funcionamiento prevista en el circuito primario generador – puffer sanitario es de 55°C.

A paridad de equipo, se han comparado dos posibles opciones de generadores de energía termo - frigorífica:

- enfriadora para la instalación de climatización en la estación estival y central térmica con caldera de condensación empleada para la climatización invernal y para la preparación del A.C.S. en todas las estaciones.
 - polivalente para instalación de 2 tubos, al servicio de la instalación en todas las estaciones, con total autonomía
- Considerando también en la solución chiller + caldera el uso de máquinas actuales y de gran eficiencia, esta comparación pretende demostrar la conveniencia, por ejemplo, en los casos de sustitución de máquinas en instalaciones existentes y en el caso de reestructuraciones, de la solución NRP con mayor contenido tecnológico.

Además se ha considerado en un anexo del análisis desarrollado, la posibilidad de usar bombas de calor con soluciones híbridas caldera - polivalente en los climas más rígidos y más desfavorables, evaluando en el caso de Milán, las consecuencias económicas.

En las tres localidades de muestra, las máquinas se han dimensionado según cargas pico estimadas, tal como se indica a continuación.

Generadores energía termo-frigorífica

ciudad	P frigo kW	P térmica kW	Solución tradicional	Solución de alta eficiencia
Milán	210	238	NRL 0900 A + caldera	NRP 1250 A2
Roma	225	190	NRL 0900 A + caldera	NRP 1000 A2
Palermo	245	165	NRL 1000 A + caldera	NRP 1000 A2

La necesidad de energía térmica para la producción de A.C.S. se ha calculado en 0,594 MWh térmicos/día, debido al consumo promedio de 130 litros de A.C.S. a 40°C al día por persona, con una permanencia promedio de 140 personas.

La carga térmica y frigorífica se ha considerado variable hora por hora según la temperatura exterior y se aplicó el bin method para determinar la frecuencia de las condiciones de temperatura externa durante el año; esta hipótesis no es rigurosamente exacta, especialmente en la estación estival, pero medianamente aceptable considerando todo el año de funcionamiento.

El cálculo se refiere a una instalación que funciona las 24 horas y los 365 días de año, como es lógico según el destino de uso del edificio.

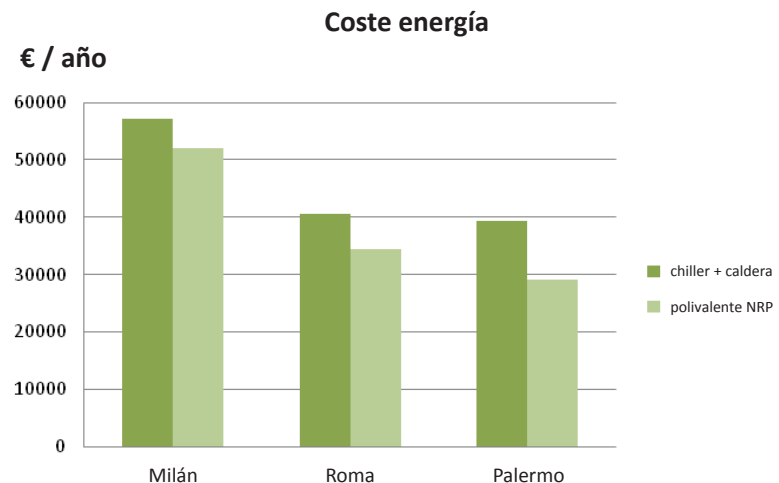
Otras hipótesis de cálculo son:

coste unitario energía eléctrica 0,185 Euro/kWh

coste unitario gas natural 0,62 Euro/Nmc

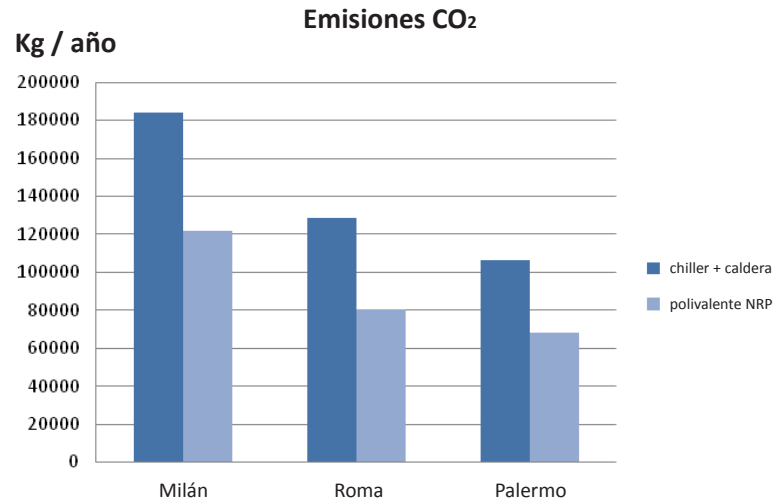
Se supone que el hotel goza de la reducción del impuesto sobre los consumos de combustible, como lo dispone el D.Leg. 504/1995

A continuación se presentan los costes anuales referidos al suministro de energía destinada a los servicios objeto del análisis (climatización y preparación de A.C.S.) en los dos casos:



Del análisis se desprende la conveniencia del uso de la solución con polivalente NRP especialmente en el Centro-Sur, por la mayor conveniencia del empleo de una bomba de calor (como lo es la polivalente en invierno) en los climas más suaves y templados, logrando hasta el 21% de ahorro en el caso de Palermo; Pero además, los elevados valores de eficiencia de la NRP y la posibilidad de producir A.C.S. prevalementemente con recuperación de calor y con enormes ventajas energéticas durante toda la estación de frío, convierten a esta solución en la más conveniente respecto a la tradicional chiller + caldera incluso en el Norte (en el caso de Milán el ahorro en el coste de energía es de aprox. 8,8%).

Esta eficiencia se refleja también en la reducción de la contaminación ambiental, tal como muestran las siguientes estimaciones sobre las emisiones de CO₂ y sobre la considerable reducción que deriva de una elección con mayor contenido energético.



Para complementar lo descrito anteriormente, y con el objetivo de considerar cuál de las dos soluciones examinadas sea aquella más conveniente económicamente, se ha efectuado un análisis LCC en las tres ciudades de referencia.

Para efectuar este análisis, además del coste de energía, hemos considerado los costes de compra, de instalación y los costes previstos de mantenimiento de las máquinas y de los componentes que diferencian las dos soluciones; no consideraremos el coste de compra, instalación y mantenimiento de los componentes y partes de la instalación que son comunes a los dos casos (y que por tanto no inciden sobre la conveniencia de una solución o la otra).

Por consiguiente, en el cálculo de los costes iniciales y de mantenimiento se considera que la instalación línea abajo de la central termo-frigorífica (representada en las figuras 1 y 2) no cambia en ninguno de los dos casos; los costes iniciales se refieren sólo a la central termo-frigorífica, así como también los costes estimados de mantenimiento.

Los otros valores que se utilizaron en el cálculo (como se describe también en la EN 13779) son los siguientes:

Tasa de interés del mercado $r = 5\%$

Tasa real de inflación $i = 3,3\%$

Tasa real de interés $r_i = (r-i)/(1+i) = 1,64\%$

Duración del ciclo operativo de la instalación $n = 15$ años

Factor de actualización de los costes anuales $f_{pv} = (1-(1+r_i)^{-n})/r_i = 13,2$

$LCC = \text{Life Cycle Cost} = I + f_{pv} (Co+Cm)$

$I =$ coste inicial

$Co =$ coste anual energía

$Cm =$ coste anual mantenimiento

Zona climática E



A continuación se presentan los valores según el cálculo y las conclusiones sobre el Life Cycle Cost en las tres ciudades analizadas:

MILÁN

Solución 1: ENFRIADORA + CALDERA

Enfriadora NRL 0900 A, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	41688 €
Grupo térmico de condensación P térmica útil 269 kW que incluye f.p.o. , con dispositivo de evacuación de humos, aducción de gas y dispositivos de seguridad para central térmica conforme a la norma INAIL (según compendio R – 2009)	22770 €
Coste de mantenimiento anual estimado	2062 €

Solución 2: POLIVALENTE PARA INSTALACIÓN DE 2 TUBOS + A.C.S.

Enfriadora NRP 1250 A, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	81025 €
Coste de mantenimiento anual estimado	2025 €

	Chiller NRL 0900 A + caldera	Polivalente NRP 1250 A2
I €	64458	81025
Co € / anual	57140	52063
Cm € / anual	2062	2025
LCC €	845924	794987

Nota:

No se ha considerado el coste de instalación de la polivalente en el grupo de refrigeración ya que varía considerablemente entre un caso y otro. La diferencia en el coste de instalación de una enfriadora con respecto a una polivalente, en las mismas condiciones, es muy reducida y no varía significativamente los resultados de la comparación.

ROMA

Solución 1: ENFRIADORA + CALDERA

Enfriadora NRL 0900 A, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	41688 €
Grupo térmico de condensación P térmica útil 204 kW que incluye f.p.o. , con dispositivo de evacuación de humos, aducción de gas y dispositivos de seguridad para central térmica conforme a la norma INAIL (según compendio R – 2009)	18677 €
Coste de mantenimiento anual estimado	1931 €

Solución 2: POLIVALENTE PARA INSTALACIÓN DE 2 TUBOS + A.C.S.

Enfriadora NRP 1000 A, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	
Polivalente NRP 1000 A2 + f.p.o. (aprox. 10%)	69266 €
Coste de mantenimiento anual estimado	1730 €

	Chiller NRL 0900 A + caldera	Polivalente NRP 1000 A2
I €	60635	69266
Co € / anual	42838	34393
Cm € / anual	1930	1730
LCC €	651573	546090

Nota:

No se ha considerado el coste de instalación de la polivalente en el grupo de refrigeración ya que varía considerablemente entre un caso y otro. La diferencia en el coste de instalación de una enfriadora con respecto a una polivalente, en las mismas condiciones, es muy reducida y no varía significativamente los resultados de la comparación.

PALERMO

Solución 1: ENFRIADORA + CALDERA

Enfriadora NRL 1000 A, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	44040 €
Grupo térmico de condensación P térmica útil 163 kW que incluye f.p.o. , con dispositivo de evacuación de humos, aducción de gas y dispositivos de seguridad para central térmica conforme a la norma INAIL (según compendio R – 2009)	14150 €
Coste de mantenimiento anual estimado	1862 €

Solución 2: POLIVALENTE PARA INSTALACIÓN DE 2 TUBOS + A.C.S.

Polivalente NRP 1000 A2, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	
Polivalente NRP 1000 A2 + f.p.o. (aprox. 10%)	69266 €
Coste de mantenimiento anual estimado	1730 €

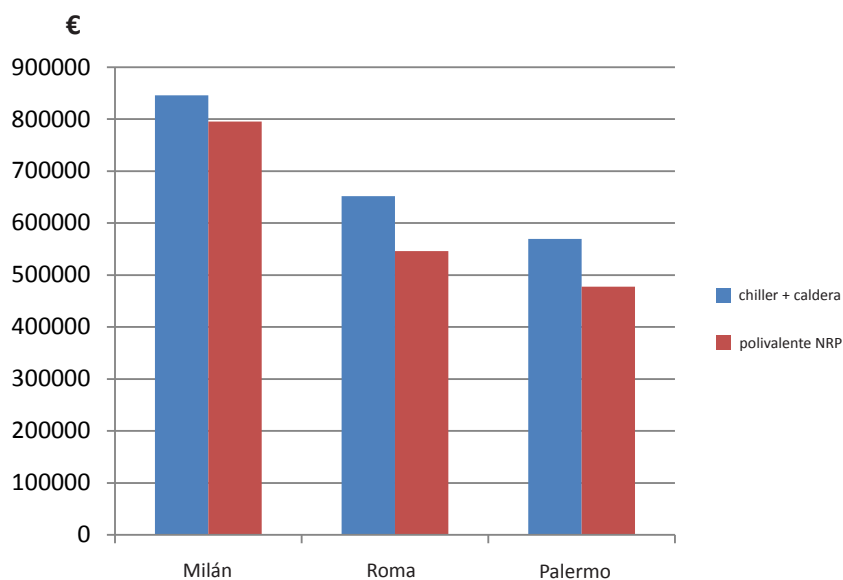
	Chiller NRL 1000 A + caldera	Polivalente NRP 1000 A2
I €	58194	69266
Co €/anual	36871	29206
Cm €/anual	1862	1730
LCC €	569470	477621

Nota:

No se ha considerado el coste de instalación de la polivalente en el grupo de refrigeración ya que varía considerablemente entre un caso y otro. La diferencia en el coste de instalación de una enfriadora con respecto a una polivalente, en las mismas condiciones, es muy reducida y no varía significativamente los resultados de la comparación.

En el siguiente gráfico se presentan las conclusiones del análisis LCC, de las cuales se desprende la evidente conveniencia económica de la solución polivalente en todas las zonas climáticas.

LCC (Life Cycle Cost)



Capítulo 4

Uso de máquinas polivalentes de 2 tubos en instalaciones híbridas con caldera en integración o sustitución.

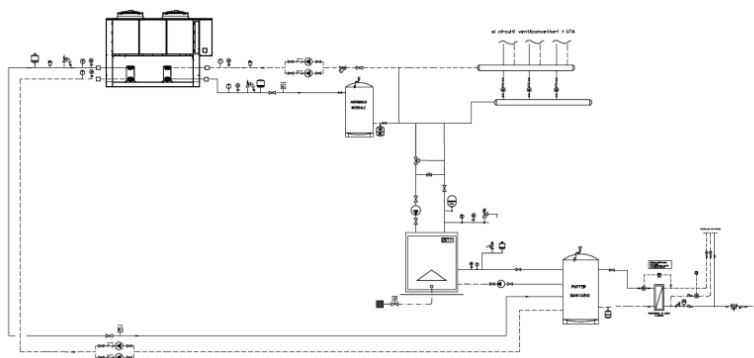
La tecnología de las bombas de calor ha evolucionado enormemente en los últimos años especialmente en sus componentes, la regulación y los detalles constructivos del circuito de refrigeración. Esto se ha reflejado en un mayor rendimiento no solo en términos de eficiencia, sino también en lo referido a los límites operativos, y ha permitido el empleo de estas máquinas como generadores de calor incluso en climas no muy favorables. Sin embargo, con temperaturas particularmente exigentes de diseño o para aplicaciones especiales que requieren una doble seguridad, algunos diseñadores evalúan la posibilidad de prever un generador tradicional que pueda intervenir integrando o sustituyendo la bomba de calor si las condiciones externas son particularmente rígidas, aunque poco frecuente.

Esta solución, además de reforzar el sistema en el caso de condiciones externas límite, permite utilizar el generador tradicional en el caso de temperaturas externas en la cuales es económicamente más ventajoso, y si esta temperatura se calcula de antemano de una manera racional, permite reducir el tamaño de la bomba de calor, que se dimensionará para ser auto-suficiente hasta una temperatura exterior (temperatura bivalente) mayor que la temperatura mínima de diseño, compensando en parte el aumento inicial de los costes debido a la presencia de la doble generador.

Una instalación híbrida de este tipo también se puede hacer combinando la caldera con una máquina polivalente (tanto para instalaciones de 4 tubos en el circuito hidrónico caliente como en instalaciones de 2 tubos, en el equipo de climatización en el período invernal y en el circuito de preparación de A.C.S.).

Figura 3:

esquema funcional de la instalación hidrónica de climatización invernal y estival de 2 tubos con una producción centralizada de A.C.S. y sistema híbrido de generación de calor (polivalente NRP + caldera)



En la figura 3 se muestra un esquema funcional aplicable a una instalación de este tipo, en el que el circuito de la caldera se configura con derivación a la alimentación del circuito secundario, con una regulación que determina su grado de extracción según la temperatura del flujo de alimentación hacia los equipos; esta configuración de instalación puede funcionar no sólo para la integración, tal como está diseñada, sino también para sustitución (será suficiente ajustarla adecuadamente para deshabilitar el funcionamiento de la polivalente por debajo de una temperatura del aire exterior conveniente) .

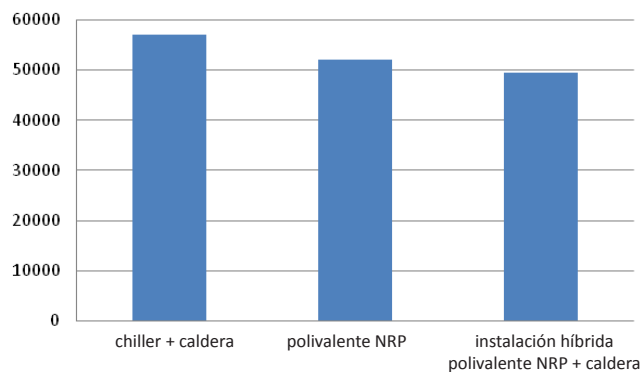
La integración (o , eventualmente la sustitución, al apagarse la máquina polivalente cuando la temperatura exterior es inferior a la establecida) interviene también en el funcionamiento de la sección de preparación de A.C.S., siempre que se configuren los set de temperatura del agua que sale de la central térmica con valores compatibles con el funcionamiento de la polivalente.

Entonces, es natural preguntarse si la elección de una instalación híbrida para climas invernales bastante rígidos, pueda permitir, con una elección inteligente de la temperatura externa de conmutación polivalente - caldera, además de una mayor robustez y fiabilidad de funcionamiento de la instalación, también un ahorro de energía que la transforme en una solución económicamente atractiva.

Con este propósito, en el edificio para hotel del análisis anterior, en el caso de Milán, junto a las soluciones anteriores también se ha considerado esta opción, con la hipótesis de una intervención de la caldera en ambos equipos durante el funcionamiento invernal en sustitución de la polivalente cuando la temperatura exterior es inferior a 3 °C.

Manteniendo los otros supuestos sobre el coste de los suministros de electricidad y gas, y en el caso de la instalación híbrida, considerando la central térmica con la misma potencia útil y capacidad térmica que en el caso en que estaba combinada con la enfriadora, y de una polivalente auto-suficiente hasta la temperatura bivalente establecida, se detallan a continuación los costes anuales de energía, y como era de esperar, recompensan la solución híbrida.

**Instalación híbrida NRP + caldera,
comparación coste de energía en Milán**



Se debe evaluar ya que no se evidencia, si el ahorro de energía y el menor tamaño de la polivalente hacen que la instalación híbrida polivalente - caldera sea efectivamente conveniente, a pesar del coste total de la central termo-frigorífica.

Con este propósito, el análisis LCC en el caso Milán se efectuó también para esta última solución, con los valores de cálculo que se presentan a continuación y comparados con los casos ya analizados.

Solución 1: ENFRIADORA + CALDERA

Enfriadora NRL 0900 A, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	41688 €
Grupo térmico de condensación P térmica útil 269 kW que incluye f.p.o. , con dispositivos de evacuación de humos, aducción de gas y dispositivos de seguridad para central térmica conforme a la norma INAIL (según compendio R – 2009)	22770 €
Coste de mantenimiento anual estimado	2062 €

Solución 2: POLIVALENTE PARA INSTALACIÓN DE 2 TUBOS + A.C.S.

Enfriadora NRP 1250 A, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	81025 €
Coste de mantenimiento anual estimado	2025 €

Solución 3: POLIVALENTE PARA INSTALACIONES DE A 2 TUBOS + A.C.S.

Y CALDERA EN INTEGRACIÓN

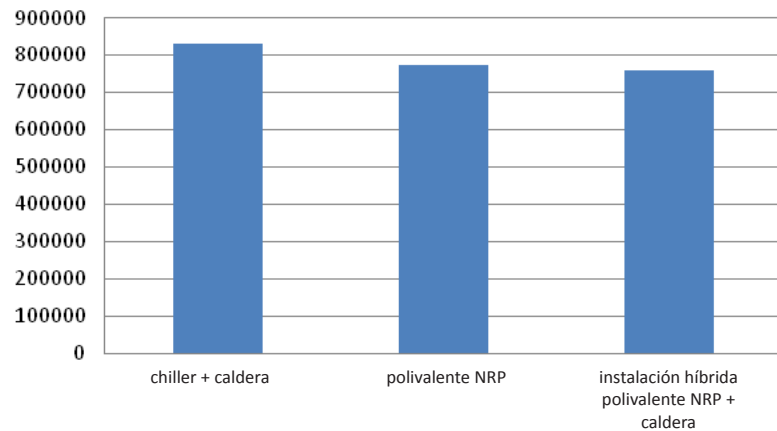
Enfriadora NRP 1000 A, suministro que incluye los costes de los accesorios y recargo promedio del instalador.	69266 €
Grupo térmico de condensación P térmica útil 269 kW que incluye f.p.o. , con dispositivos de evacuación de humos, aducción de gas y dispositivos de seguridad para central térmica conforme a la norma INAIL (según compendio R – 2009)	22772 €
Coste de mantenimiento anual estimado	2945 €

	Chiller NRL 0900 A + caldera	Polivalente NRP 1250 A2	Polivalente NRP 1000A2 + caldera
I €	64458	81025	92038
Co €/ anual	57140	52063	49487
Cm €/ anual	2062	2025	2945
LCC €	845924	794987	784140

Nota:

No se ha considerado el coste de instalación de la polivalente en el grupo de refrigeración ya que varía considerablemente entre un caso y otro. La diferencia en el coste de instalación de una enfriadora con respecto a una polivalente, en las mismas condiciones, es muy reducida y no varía significativamente los resultados de la comparación.

Instalación híbrida NRP + caldera, comparación LCC con las soluciones anteriores



Efectivamente se observa que la solución híbrida tiene un coste en su ciclo de vida inferior incluso a la solución de la polivalente, por lo que resulta económicamente más ventajosa, tal como se indica a continuación.

Naturalmente no habríamos obtenido el mismo resultado sobre la conveniencia general de la instalación híbrida en climas más cálidos, donde la reducida cantidad de horas anuales que se usaría la caldera, tendría un impacto insignificante en el ahorro de energía y, por tanto, es inútil detenerse en evaluaciones numéricas.

La posibilidad de tener una solución ventajosa desde el punto de vista económico, pero también adecuada para los climas más fríos y conforme con las directivas europeas y las leyes italianas sobre las energías renovables (Directiva 2002/91/CE y D. Leg. 28/11) hace predecir una difusión cada vez mayor de estas instalaciones, incluso en zonas de Italia con climas no muy templados y en gran parte de Europa continental. Además es factible por la extrema flexibilidad de las instalaciones hidrónicas, que se adaptan mucho mejor con respecto a las instalaciones de expansión directa para integrar las bombas de calor con fuentes integrativas de cualquier tipo.

Capítulo 5 Conclusiones

El uso de las polivalentes, es decir de máquinas de muy elevada eficiencia que optimizan la recuperación térmica, presenta notables ventajas energéticas y económicas si hay cargas de signo opuesto.

Esto se puede verificar no sólo en el caso de las polivalentes para las instalaciones de 4 tubos en sus aplicaciones, como ya se ha mostrado en Technical Focus nº2, sino también en aplicaciones para instalaciones de 2 tubos con preparación centralizada de A.C.S.

La posibilidad de maximizar la recuperación térmica en el equipo de A.C.S., aún con un generador completamente auto-suficiente que cubra la demanda, la convierte en la solución polivalente económicamente ventajosa en la mayoría de las zonas climáticas de la península itálica.

La construcción de edificios con más y mejor aislamiento dará lugar sin dudas a una reducción del peso energético de la demanda de calentamiento de los ambientes con respecto a la necesidad total de energía anual, por lo que en el balance es cada vez más importante el ahorro que se obtiene en la producción de A.C.S.

Esta tendencia es muy evidente para los equipos usados en hoteles, tal como se muestra en los párrafos anteriores, pero incluye también casos de edificios destinados a uso habitacional (edificios de viviendas) de reciente construcción, con instalación de calentamiento centralizada, enfriamiento y preparación de A.C.S. y distribución en las cajas de contabilización al inicio de cada unidad residencial.

La posibilidad de realizar también instalaciones híbridas (en caso de conveniencia económica además de la energética) en zonas con condiciones climáticas más rigurosas, permite ampliar aún más el campo de aplicación y las ventajas del uso de las polivalentes, aprovechando a pleno la flexibilidad de las instalaciones hidráulicas.

Aermec S.p.A. Via Roma, 996 - 37040 Bevilacqua (VR) Italy
T. +39 0442 633111 F. +39 0442 93577
sales@aermec.com
www.aermec.com