



TÍTULO

**EL POTENCIAL DE LA REFRIGERACIÓN EVAPORATIVA
COMO ESTRATEGIA BIOCLIMÁTICA PASIVA**

AUTORA

Mercedes Penichet Castillejo

Director
Curso

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2011

Jaime López de Asián

Maestría en Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible.

© Mercedes Penichet Castillejo

© Para esta edición, la Universidad Internacional de Andalucía



Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadore (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
 - **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
 - **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
-
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
 - *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
 - *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

**TESIS DE LA IX MAESTRIA EN ENERGIAS
RENOVABLES:
ARQUITECTURA Y URBANISMO
LA CIUDAD SOSTENIBLE**

1. TESISISTA	4
2. DIRECTOR DE TESIS	4
3. TÍTULO DE TESIS	4
4. PROPUESTA DE TESIS	4
5. INTRODUCCIÓN. PROPUESTA PERSONAL	5
6. HIPÓTESIS	7
7. OBJETIVOS	7
8. ESTADO DEL ARTE	8
9. METODOLOGÍA	8
1. Análisis del clima de las regiones subtropicales mediterráneas y el confort térmico.....	9
2. Métodos de refrigeración pasiva: convectivo, evaporativo, radiante y conductivo. Conceptos generales.....	13
3. Refrigeración evaporativa:.....	25
• Experiencias de la tradición islámica como antecedente: arquitectura bioclimática en la Alhambra.....	27
• Experiencias y análisis de los tratamientos o métodos utilizados en la Expo '92 en Sevilla.....	30
• Sistemas de refrigeración por agua que existen en la actualidad y que se usan en los campos: industrial, comercial, residencial. Refrigeración evaporativa.....	55
4. Refrigeración radiante:.....	99
• Sistemas de refrigeración por agua que existen en la actualidad. Refrigeración radiante.	
5. La vegetación como sistema de refrigeración.....	120
10. CONCLUSIÓN	124
11. BIBLIOGRAFÍA	125

1. TESISISTA

Mercedes Penichet Castillejo

2. DIRECTOR DE TESIS

Dr. D. Jaime López de Asiain

3. TÍTULO DE TESIS

El potencial de la refrigeración evaporativa como estrategia bioclimática pasiva.

4. PROPUESTA DE TESIS

Estudiar dentro de los sistemas pasivos la refrigeración y, dentro de las distintas posibilidades de conseguirla, usar el agua como medio. Se estudiará tanto en espacios abiertos (parques, jardines) como espacios cerrados (patios); así como la refrigeración pasiva y sostenible de las viviendas unifamiliares y plurifamiliares.

5. INTRODUCCIÓN. POSTURA PERSONAL.

El agua. El agua es un bien escaso, pero vital para el ciclo humano. Es muy importante y por esto deber serpreciado, cuidado, aprovechado. Y esto es posible siempre y cuando la conciencia social tenga claro esta necesidad del cuidado del agua. Como base a su cuidado y aprovechamiento, el agua debe ser usada, cuanto más uso le das a algo, más interés provoca, más estudios, más conciencia en definitiva, que es la finalidad.

Actualmente está muy en boga el cuidado del medio ambiente, las energías renovables. Ya era hora del cambio. Esto era necesario. El agua es parte de este cambio. El agua se agota, es un bien que debe ser comunitario, por esto se merece el cuidado de todos. El agua es escasa, lo demuestran los estudios: el 97% del agua del planeta es salada, el 2% aproximadamente es agua helada y se encuentra en los polos, y sólo el 1% aproximadamente es agua dulce, encontrándose en los ríos, lagos y mantos subterráneos. Al hablar antes del ciclo humano, me refería principalmente a tres aspectos fundamentales: la producción de alimentos, la salud y la estabilidad política y social, dando por supuesto que el aspecto ecológico está innato cuando se habla del agua.

La intención es sacarle el mayor potencial posible al agua usándolo como base para nuestra refrigeración en los climas cálidos. Está claro que uno de los aspectos innatos del agua es su capacidad de enfriamiento, y esto se puede conseguir sin gastar más agua, apoyados en la electricidad o no, de la que ya se consume en la vivienda. Históricamente ya se usaba este bien para esta finalidad, pero actualmente movidos por el cuidado ambiental, el aprovechamiento y eficiencia energética y el ahorro económico, se están desarrollando y mejorando otros métodos.

El utilizar el agua como método de refrigeración es porque considero el agua cómo energía renovable, basándome para considerarla una fuente renovable es que está en la naturaleza y la obtenemos sin esfuerzo, aunque en su estado natural no es saludable para el hombre. Necesita procesos y gastos energéticos, económicos y medio ambientales. El agua como energía renovable depende directamente de nosotros, del cuidado y trato que le demos, no es infinita, se agota. Y por este hecho de que el agua siempre está ahí (deseable y vital que "siempre" esté disponible) es por lo que considero el aspecto que el agua como energía renovable nos puede aportar.

6. HIPÓTESIS

Este sistema de refrigeración pasiva usando el agua es adecuado para climas subtropicales, con baja humedad como el área del Mediterráneo.

7. OBJETIVOS

Usar sistemas pasivos añade el parámetro natural, mejorando la calidad de confort y la salubridad.

Dentro de los sistemas pasivos de refrigeración, utilizar el agua como medio para conseguir ese confort térmico, pudiendo ser mediante láminas de agua, fuentes en patios, evapotranspiración de las plantas, difusores, bioclimatizadores... Obtener una gama de experiencias y posibilidades de la refrigeración pasiva por agua. Conseguir un ahorro energético y económico del actual gasto en aires acondicionados.

8. ESTADO DEL ARTE

Como experiencia más cercana en espacios abiertos, está la Exposición Universal de Sevilla, Expo´92, en donde se usaron varios métodos con el agua para intentar conseguir el confort térmico óptimo. Más antiguamente está la construcción de la Alhambra en Granada, en dónde el agua está presente en toda su construcción.

Como base en los espacios cerrados o acotados tenemos los patios, tipología milenaria de la tradición musulmana, que en la actualidad se siguen usando.

Para la refrigeración de las viviendas unifamiliares o plurifamiliares, tenemos en la historia el uso de las torres de refrigeración pasiva, que actualmente está derivando este concepto a los bioclimatizadores.

9. METODOLOGÍA E ÍNDICE

Estudio de las experiencias y teorías previas en la Expo´92, de los patios en las viviendas, de las torres de refrigeración.

Estudio de la gama actual para la refrigeración pasiva por agua para viviendas unifamiliares y plurifamiliares en particular, y en general para todos los ámbitos en dónde trabaja y vive el hombre.

1. ANÁLISIS DEL CLIMA DE LAS REGIONES SUBTROPICALES MEDITERRÁNEAS Y EL CONFORT TÉRMICO

1.1 ANÁLISIS CLIMÁTICO DE LAS REGIONES SUBTROPICALES MEDITERRÁNEAS

El análisis de este clima se expondrá según la localización geográfica y vegetación, variaciones estacionales, temperatura del aire, humedad, precipitaciones, estado del cielo y radiación solar y el viento:

Localización geográfica y vegetación; En el extremo occidental de los continentes, en latitudes de 35° N y S. Bastante variabilidad. Se pueden dividir en tres subtipos: marítimos, continentales y montañosos. Vegetación: árboles forestales, casi siempre diseminados en zonas amplias. Arbustos bajos y matorral, en zonas de caliza. En Europa la existencia de olivos se corresponde con los límites de esta región.

Variaciones estacionales; Clima de grandes variaciones, desde los veranos muy cálidos, de mucho sol y poca lluvia, a inviernos templados con lluvias moderadas.

Temperaturas del aire; Las temperaturas en verano varían según la localización, siendo frecuentes valores medios mensuales de 20-25°C (30°C o más en las regiones continentales, inferiores a las marítimas). La variación diaria en regiones continentales es grande (15-18°C); poca en zonas marítimas (5-10°C). Las medias invernales suelen estar entre 7-13°C, las temperaturas nocturnas pueden bajar hasta casi 0°C, y a veces menos.

Humedad; La humedad relativa es muy variable, 40-90%, presiones de vapor en verano, alta en zonas marítimas entre 2.000-2.200 N/m² y moderadamente bajas en zonas continentales, 1.500 N/m².

Precipitaciones; La cantidad de lluvia también varía mucho entre las regiones marítimas, más húmedas (unos 500mm al año) y las regiones resguardadas del interior, con medias de precipitaciones más pequeñas (unos 300mm, pudiendo llegar a los 700mm según zonas).

Estado del cielo y radiación solar; Cielos despejados con períodos de nubes. Radiación solar directa bastante alta, radiación difusa moderada, proveniente de las nubes y radiación moderada o alta reflejada en el terreno.

Viento; Principalmente de dirección oeste; tiende a ser relativamente fuerte, comenzando a última hora de la mañana, llegando en la tarde al máximo. Noches casi en calma.

1.2. EL CONFORT TÉRMICO

El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730, el confort térmico "es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico".

El confort térmico depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad del mismo y la humedad relativa, y otros específicos internos como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo.

Para llegar a la sensación de confort, el balance global de pérdidas y ganancias de calor debe ser nulo, conservando de esta forma nuestra temperatura normal, es decir, se alcanza el equilibrio térmico.

A continuación se exponen algunos intervalos de valor de los parámetros de confort externos que interactúan entre sí para la consecución del confort térmico, y que se encuentran representados en las Cartas bioclimáticas:

- Temperatura del aire ambiente: entre 18° y 26°C.
- Temperatura radiante media superficies del local: entre 18° y 26°C
- Velocidad del aire: entre 0 y 2 m/s
- Humedad relativa: entre el 40 y el 65%

Las Cartas bioclimáticas o diagramas bioclimáticos son sistemas de representación gráfica de las relaciones entre las diferentes variables térmicas que influyen en la sensación del confort térmico. Básicamente se trata de diagramas psicométricos, es decir, relacionan temperatura y humedad, sobre los que se establecen las condiciones de confort en función de los índices térmicos.

2. MÉTODOS DE REFRIGERACIÓN PASIVA: CONVECTIVA, EVAPORATIVA, RADIANTE Y CONDUCTIVA.

CONCEPTOS GENERALES.

2.1. REFRIGERACIÓN CONVECTIVA

Se entiende por convección a un proceso de transferencia de calor entre un sólido y un fluido, o entre dos partes de un mismo fluido. Dicho en otras palabras, es la transferencia que se produce como consecuencia del movimiento del aire sobre las superficies de la edificación y de los sujetos, y por mezcla de masas de aire con diferencia de temperatura. Es por esto que el aire es el fluido de referencia. Las partículas de aire se mueven hacia las zonas de menor temperatura, mezclándose y transfiriendo parte de su energía a otras partículas.

La convección puede ser libre o forzada:

- Convección libre: cuando el movimiento del fluido al mezclarse es el resultado únicamente de diferencias de densidades causado por los gradientes de temperatura.
- Convección forzada: cuando el movimiento del fluido es causado por algún elemento externo, como un ventilador o el viento.

Como ejemplos de uso de esta refrigeración pasiva convectiva se pueden destacar en la arquitectura islámica:

- Chimeneas orientadas hacia los vientos predominantes para capturar el aire exterior. Malqaf.
- Captadores de viento en Afganistán.
- Torres de ventilación en Irán.

Las regiones o zonas climáticas en dónde es aplicable este método es en climas cálidos. Obteniéndose el máximo potencial en aquellas en dónde la amplitud de la temperatura es elevada (12-15°C ó más) y en dónde la temperatura mínima nocturna es inferior a 20°C, siendo este un factor importante para la refrigeración convectiva nocturna.

La aplicación de este método exige especiales criterios de diseño desde el inicio del proyecto, ya que la buena efectividad de la refrigeración convectiva nocturna requiere una disposición de masa térmica aislada, con una apropiada superficie efectiva de paredes, protección solar y una velocidad del aire óptima.

2.2. REFRIGERACIÓN EVAPORATIVA

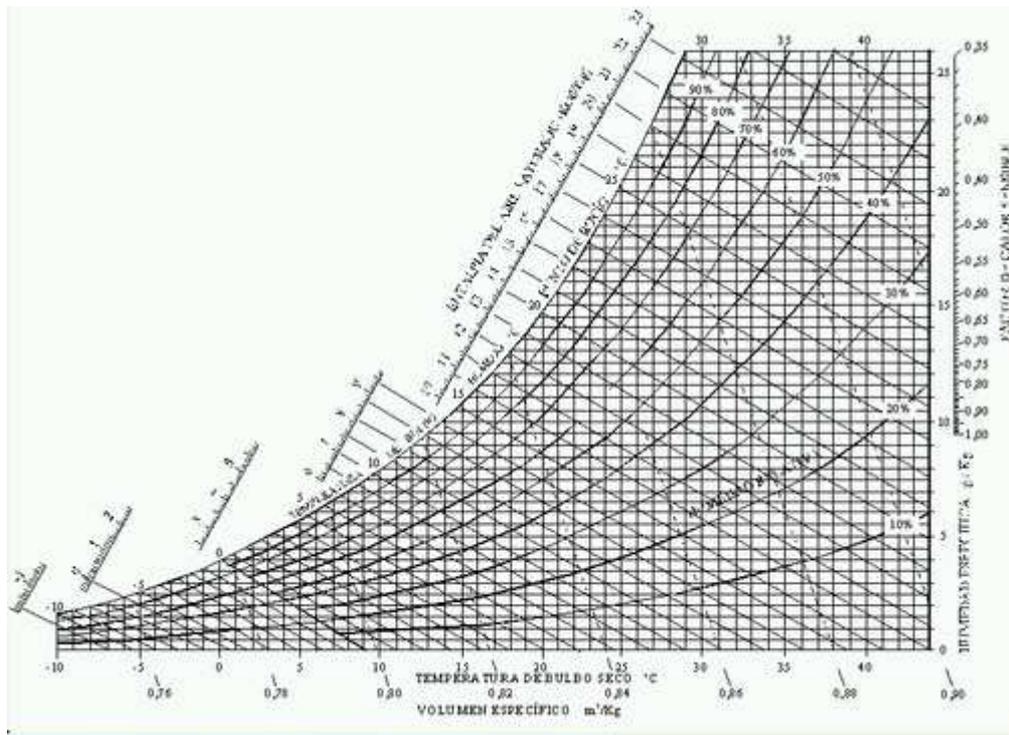
Es un proceso que utiliza el efecto de la evaporación del agua como pozo térmico. El agua, para evaporarse (pasar del estado líquido al vapor), requiere de suministro de calor (calor latente de vaporización). La evaporación del agua provoca un enfriamiento del aire y del agua.

Se pueden destacar como ejemplos, aunque más adelante se hablará más extensamente de la refrigeración evaporativa, de la arquitectura islámica, los jardines de la Alhambra de Granada, las torres evaporativas y torres de viento, humedad del suelo y fuentes en Irán.

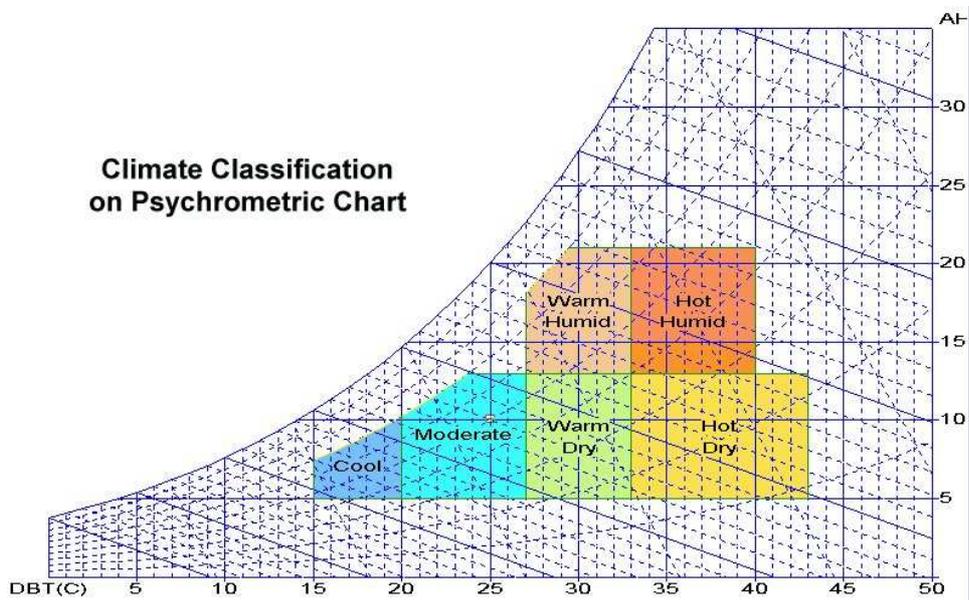
Destacando algunos de los aspectos físicos de la refrigeración evaporativa, podemos decir que el proceso físico de la evaporación – la transición del estado líquido a vapor- representa un mecanismo de adición de humedad al aire. Cuando el agua se evapora por contacto con un flujo de aire, sin suministro externo de energía, se produce una disminución de la temperatura y un incremento de la humedad del aire. Esto se denomina “enfriamiento adiabático”, pues el contenido energético de la mezcla (calor latente + calor sensible) permanece constante. A modo de ejemplo, y haciendo un cálculo rápido, si en una fuente de evapora 1 litro de agua cada hora, esto representaría una potencia de enfriamiento de 0,666 kW,

suponiendo el calor latente de vaporización del agua a temperatura ambiente de 2.400 kJ/kg.

Para que la evaporación del agua se produzca, el aire debe tener cierta capacidad para permitir dicha evaporación, el contenido de humedad en el aire (presión de vapor) debe ser menor al nivel de saturación. En el proceso de enfriamiento evaporativo directo, el aire sufre cambios en su temperatura, contenido de humedad y en la humedad relativa. Gráficamente, estos cambios se expresan a través del llamado Diagrama Psicométrico, construido a partir de la Temperatura de Bulbo Seco (eje x) y la humedad específica o Presión de vapor de agua (eje y). Hay que tener en cuenta en el proceso la saturación. Es el estado de equilibrio que se alcanza en la mezcla aire-vapor y que corresponde a una relación entre la presión de vapor y la temperatura del aire. La línea de saturación en el gráfico, correspondería al 100% de humedad relativa.



Ábaco Psicométrico



Ábaco Psicométrico clasificando estados de confort

Un sistema pasivo de refrigeración evaporativa es aquel capaz de provocar la evaporación de agua y distribuir al ambiente habitable –directa o indirectamente- el efecto refrescante de tal evaporación sin suministro de energía convencional. Como ejemplo en la naturaleza, los árboles y la vegetación en general son poderosos enfriadores y humidificadores del ambiente. Los sistemas pasivos de refrigeración evaporativa pueden ser de dos tipos: directos e indirectos.

- Directos: son los sistemas que enfrían y humidifican el aire suministrado al espacio habitable. A destacar:

Enfriadores evaporativos mecánicos

Torres de enfriamiento evaporativo

Paredes y pisos evaporativos

Estanques y fuentes con aspersores

Micronizadores

- Indirectos: sistemas que, apoyados en este fenómeno físico, enfrían algún componente de la construcción, que a su vez enfría el espacio interior sin aumentar la humedad.

Enfriadores evaporativos mecánicos

Techos con estanques de agua: estanques de agua ventilados y cubierta aislante; estanque de agua con aislamiento flotante.

Pareces con recubrimiento de agua.

Como sistema pasivo de refrigeración que utiliza el agua como medio de enfriamiento, el método evaporativo, se verá con más profundidad a efectos prácticos en un capítulo aparte.

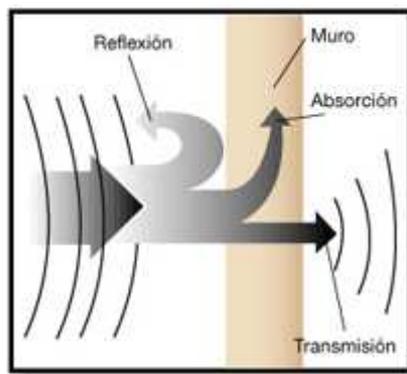
2.3. REFRIGERACIÓN RADIANTE

Se trata de un fenómeno mediante el cual un cuerpo pierde calor debido a un balance de radiación negativo. Todos los cuerpos, a temperatura superior a 0K, emiten radiación electromagnética con espectros de diferentes longitudes de onda en función de su temperatura. Todos los cuerpos expuestos a la bóveda celeste pierden calor por emisión de radiación de onda larga.

Como antecedentes tenemos la producción de hielo en pueblos del oriente medio (Irán) y la costumbre de dormir en terrazas al aire libre en las noches frescas estivales, sobre todo en ciertos pueblos de zonas desérticas.

Hay que tener en cuenta para entender este sistema las propiedades de la radiación. Sabiendo que los cuerpos emiten radiación en virtud de su

temperatura y su emisividad, la radiación recibida es parcialmente absorbida, reflejada y transmitida en virtud de sus propiedades ópticas: la absorptividad, la reflectividad y la transmisividad. Por esto, la radiación incidente es igual a la suma de las fracciones absorbidas, reflejada y transmitida.



Comportamiento de la radiación:
Reflexión, Absorción y Transmisión

Los lugares con mayor potencial de enfriamiento corresponden a sitios de cielo claro, baja humedad específica y poco viento. Los lugares húmedos y nublados, y aquellos expuestos a fuertes vientos, disponen de menores potenciales de enfriamiento radiante. En resumen, el potencial radiante disminuye cuando; aumenta la temperatura del aire, aumenta la nubosidad, aumenta la humedad específica o aumenta la velocidad del aire.

Un sistema pasivo de refrigeración radiante es aquel capaz de captar, almacenar y distribuir el frío sin suministro de energía convencional. La capacidad de "captar frío" debe entenderse como la capacidad de emitir

fácilmente radiación de onda larga. El sistema deberá contemplar la utilización de una parte de la edificación y de un tipo de material, que garantice una alta pérdida de calor por radiación durante las horas nocturnas. Por esto, el componente arquitectónico más recomendado para utilizar como superficie radiadora es el techo. La técnica de enfriamiento radiante más eficiente es la de pintar el techo y las paredes de color blanco.

2.4. REFRIGERACIÓN CONDUCTIVA

Es el proceso mediante el cual se transfiere calor entre partes de un sólido, o sólidos en contacto, que presentan un gradiente de temperatura. La masa de la Tierra, a menor temperatura que el piso o pared de una edificación, representa un pozo térmico de disipación de energía. El aprovechamiento de la refrigeración con la tierra, puede ser:

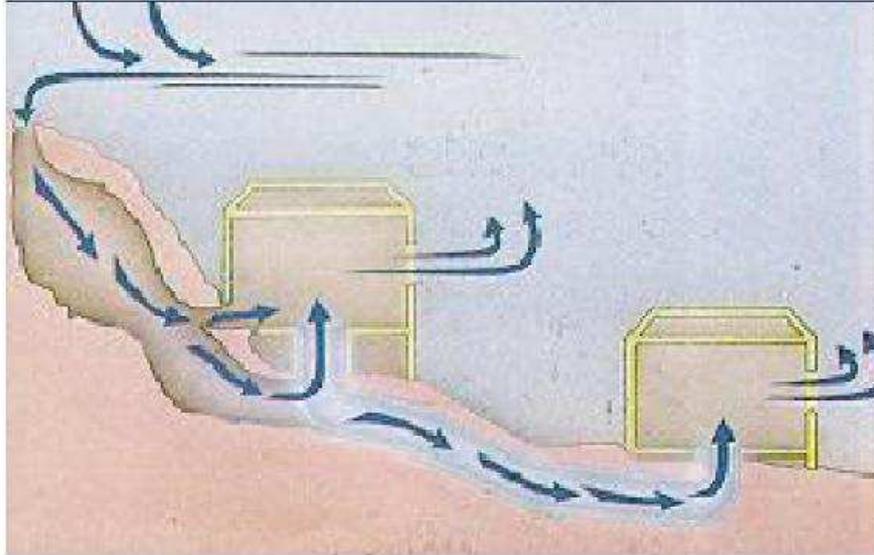
- Enfriamiento por contacto directo: cuando una buena parte de la envolvente del edificio se pone en contacto directo con la tierra, sea por enterramiento o por encubrimiento.

- Enfriamiento indirecto: las propiedades del suelo pueden ser utilizadas para enfriar la edificación indirectamente por medio de intercambiadores de calor.

Como premisas a tener en cuenta con este sistema de refrigeración, son:

- Enfriamiento del espacio interior, se trata de reducir la temperatura de las paredes, suelos y techos.
- Aumento de la masa térmica del edificio, con el objetivo de reducir la amplitud de la temperatura interna.
- Aumento del aislamiento térmico del edificio, logrado al aumentar la capacidad térmica, para reducir el flujo de calor entre exterior e interior.
- Protección solar sobre componentes constructivos.

Como antecedentes de este sistema, nos encontramos con ejemplos de "arquitectura troglodita": viviendas semienterradas en Santorini, Grecia; viviendas en Almería, España; Cañón de Chelly, Arizona. Dentro de la arquitectura del renacimiento, Villas de Costozza, Vicenza, Italia, en donde aprovechaban el aire frío de las cavernas subterráneas.



Enfriamiento con la tierra

El aprovechamiento del potencial de enfriamiento que ofrece el suelo, pasa por conocer la temperatura del suelo y su variación en el periodo de necesidad de enfriamiento. Conocer la temperatura del suelo a diferentes profundidades de manera precisa no es fácil, ya que se requiere el saber las propiedades térmicas de la tierra, y éstas varían con el contenido de humedad, principalmente. Existen diferentes modelos para determinar la temperatura en función del tiempo y de la profundidad.

Los tres mecanismos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación) pueden estar presentes en la tierra, dependiendo de su nivel de humedad, sin embargo, la conducción es el fenómeno más importante. Los parámetros que afectan el comportamiento térmico de la tierra son la conductividad térmica y la capacidad de almacenamiento de calor.

Un sistema pasivo de enfriamiento con la tierra es aquel capaz de captar, almacenar y distribuir el frío sin suministro de energía convencional. El sistema deberá contemplar la utilización de materiales cuyas características termofísicas faciliten el intercambio conductivo y el almacenamiento térmico de baja temperatura. Los techos, paredes, suelos o dispositivos especiales, pueden ser utilizados como componentes de la construcción en el enfriamiento con la tierra. Un sistema que funciona muy bien son los recubrimientos de tierra con vegetación para viviendas o cualquier edificación. Como por ejemplo de edificio semi-enterrado está el edificio Llavaneres en Barcelona.

3. REFRIGERACIÓN EVAPORATIVA

Muchas veces la cultura tradicional o simplemente los procesos naturales del entorno que nos rodea, pueden aportar las ideas que tradicionalmente se han utilizado para resolver alguno de los problemas que se plantean en la actualidad, esto ocurre cuando se analiza el proceso de enfriamiento evaporativo.

Existen muchos ejemplos en nuestro entorno, el hombre refrigera su cuerpo aprovechando el calor necesario para la evaporación de su sudor, algunos animales impregnan de barro húmedo su cuerpo, que entre otros efectos, permite mientras se seca refrigerar evaporativamente la piel del animal, o el típico enfriamiento en la tradicional vasija que proporciona agua más fría que la temperatura del ambiente como consecuencia de la evaporación del agua, que atravesando la estructura porosa de la cerámica, se produce desde la superficie exterior de la vasija al aire.

El enfriamiento evaporativo era el método más utilizado, antes de conocer los principios de la refrigeración. Se conoce que este efecto ya se utilizaba 2500 años antes de Cristo, difundiéndose principalmente en la India, Irán, Egipto y Persia, donde se conocía como uno de los procedimientos más efectivos, debido a la gran cantidad de calor latente que involucra la evaporación de agua.

Se pueden encontrar diferentes grabados y documentos que muestran cómo las clases dirigentes del antiguo Egipto y Mesopotamia incorporaron fuentes a sus palacios con fines no sólo estéticos, o sistemas que, provocando la circulación de aire alrededor de vasijas con agua, proporcionaban aire más fresco y húmedo en el interior de los locales.

En la Edad Media el Islam difundió estas técnicas por Occidente y son adaptados sistemas de enfriamiento evaporativo, principalmente en las zonas mediterráneas con baja humedad relativa. Por ejemplo se colocaba un estanque con una fuente en los jardines o en el exterior, con canales radiales representativos de los ríos del paraíso. Las fuentes de la Alhambra de Granada en España, como la del Patio de los Leones, o en los jardines de Irán, utilizan éstos principios evaporativos y son claros ejemplos de esta tradición.

El primer análisis riguroso de los sistemas evaporativos, enumerando sus ventajas y desventajas, fijando sus aplicaciones y estableciendo consideraciones sobre el diseño lo realizó el Dr. John R. Watt en 1963 en su texto "Evaporative Air Conditioning Handbook". A partir de sus trabajos, el enfriamiento evaporativo queda establecido como un campo de investigación. Watt construyó y evaluó diferentes prototipos de enfriadores de placas, así como una torre de enfriamiento con serpentín.

En los años 90 en España aparecieron aplicaciones de sistemas

evaporativos utilizando el enfriamiento por pulverización de agua en el interior de torres que provocaban la circulación natural del aire en su interior. Como ejemplo de esto tenemos la Expo´92, de la que hablaremos más profundamente analizando los sistemas utilizados.

Muchos de estos sistemas se encuentran combinados con otras tecnologías, como tubos de calor como sistemas de intercambio de energía, o combinando con procesos de adsorción o absorción para reducir la humedad y posteriormente enfriar el aire evaporativamente. En todos los casos las aplicaciones desarrolladas pretenden reducir o eliminar, la dependencia de los sistemas de enfriamiento por compresión mecánica.

3.1. EXPERIENCIAS DE LA TRADICIÓN ISLÁMICA COMO ANTECEDENTE: ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN LA ALHAMBRA

En la tipología islámica, la casa árabe, fue siempre una casa patio, entendiendo como tal, cualquier agujero en el techo por el que entra la luz, el aire y hacia el que se vuelca toda la vida y actividad de la misma. Incluso en las situaciones más urbanas el patio tiene la función de ordenar la vida doméstica y la de buscar y regular el clima en el interior de la casa, que ha de ser bastante ajeno al ambiente exterior. Por ello, buscar el emplazamiento,

estudiar la orientación y el aprovechamiento o resguardo de los vientos dominantes, construir su recinto, decidir el lugar de la puerta y la disposición de las primeras edificaciones en el patio, es fundamental para el árabe. Es la base de sus construcciones.

Se trataba de una "arquitectura ligada al suelo" en el más amplio sentido de la palabra. Lo que actualmente estamos designando como arquitectura bioclimática. Los árabes estaban acostumbrados a estudiar minuciosamente el emplazamiento antes de instalar sus tiendas. Olían y oteaban el lugar detectando los vientos dominantes, con sombras de ventiscas, las vistas despejadas y, siempre que fuese posible, la proximidad de un río o un manantial. Toda la construcción musulmana es una "arquitectura cercana al medio", no sólo en el emplazamiento y en la climatología sino en sus materiales. Quizás lo más valioso de la construcción musulmana sea, el uso sensible de los materiales y la comprensión perfecta de sus posibilidades para la construcción y la decoración. Materiales muy deleznablees fueron utilizados con acierto en la adaptación de sus elementos constructivos e incluso en la aceptación de los sistemas constructivos, los cuales fueron siempre sumisos con el entorno y receptivos con la tradición edificatoria.

Otro dispositivo usado por los islámicos (a mayor escala) es la llamada *torre eólica*, que se utiliza para activar la convección natural captando los

vientos del verano tomados por sobre la altura del techo. De esta forma se consigue aire con menos carga de polvo y humedad, lo cual permite cargarlos voluntariamente con agua para bajarles la temperatura por evaporación.

Una vez conseguido esto se lo hace circular por el interior de la vivienda. Los islámicos observaron que cuando el aire que desciende por la torre hasta el sótano encuentra los muros del mismo húmedos, el aire sufre un enfriamiento sensible y evaporativo a la vez. El agua que está en los muros absorbe el calor suficiente como para evaporarse, calor que toma del aire, el cual resulta en consecuencia enfriado.

Noche sin viento: Torre caliente.

Se calienta el aire y sube.

Ingresa aire fresco por las ventanas inferiores.

Noche con viento: Ingresa aire fresco por la torre y baja.

El aire se calienta.

Sirve para nivelar las temperaturas.

Día sin viento: Torre fría.

El aire se enfría y baja.

Egresa aire cálido por ventanas inferiores.

Día con viento: Ingresa aire cálido por la torre y baja.

El aire se enfría y se distribuye.

3.2. EXPERIENCIAS Y ANÁLISIS DE LOS TRATAMIENTOS O MÉTODOS UTILIZADOS EN LA EXPO '92 EN SEVILLA

La Expo '92, Exposición Universal en el año 1.992 en la ciudad de Sevilla, ocupó 215 has en los meses más calurosos de esta ciudad (Abril-Octubre). Gran parte de los espacios destinados para este evento se consideran "espacios abiertos", bien sean zonas de paso, de estancias cortas, plazas, etc. Es en estos "espacios abiertos" en donde se hizo un gran esfuerzo y un profundo estudio para alcanzar el máximo grado de confort.

A continuación se van a detallar los distintos métodos y sistemas que se tuvieron en cuenta para el estudio, que no significa que se usaran todos, ya que tras este estudio de posibilidades estuvo el proceso de pruebas, y fue aquí en dónde se decidió qué sistemas usar. Tras el resumen de estos sistemas, se hablará concretamente de las actuaciones en el Palenque y en las Avenidas.

Antes de tratar con más profundidad el enfriamiento de las superficies y el enfriamiento del aire, hay que destacar un elemento básico, necesario y lógico si se quiere acondicionar un espacio abierto: las coberturas.

Las coberturas: el primer paso es impedir que la radiación solar alcance a los ocupantes. La radiación solar constituye la ganancia de calor más importante, por lo que hay que evitarla. Se entiende por cobertura al elemento que se coloca entre la radiación solar y la zona ocupada. Para su diseño intervienen tres factores:

- Cantidad de sombra producida. Denominada control solar, depende de la forma, dimensiones y distancia de la cobertura a la superficie ocupada.
- Calidad de sombra producida. Intensidad de la obstrucción, esto es, la radiación que la cobertura deja pasar del total que le llega. Depende del tipo de cobertura y de los materiales.
- Nivel térmico que alcanza, esto es, la cantidad de radiación solar que absorbe la cobertura y la cantidad que es capaz de disipar. Depende del tipo de cobertura, de la forma y del color.

3.2.1. Enfriamiento de superficies

Mediante el enfriamiento de las superficies, se persiguen tres objetivos:

- a- Mejorar las condiciones de confort de los ocupantes reduciendo, anulando o invirtiendo los intercambios radiantes desfavorables de larga longitud de onda.

- b- Contribuir al enfriamiento directo de la temperatura del aire: se basa en una reducción a gran escala de la temperatura superficial del suelo que conllevaría una reducción de la temperatura del aire que está en contacto con el suelo.

- c- Contribuir al enfriamiento indirecto de la temperatura del aire: se basa en el volumen de agua contenido en un estanque usándolo como "foco frío".

CESPED

La vegetación absorbe un porcentaje importante de la radiación solar sin llegar a calentarse debido a que la energía absorbida se libera por el fenómeno de evapotranspiración.

Por otra parte retiene el agua procedente del riego, con lo que se produce una reducción adicional de la temperatura provocada por la evaporación de dicha agua a nivel del suelo.

Combinando estos aspectos, la baja reflectividad y el nulo sobrecalentamiento, hacen del césped un elemento a tener muy en cuenta para el enfriamiento de superficies.

PAVIMENTOS FRÍOS

Se entiende por pavimentos fríos a cierto tipo de pavimento por el que circula agua a escasos centímetros de la superficie con el objetivo de reducir la temperatura superficial. Hay dos tipos básicos:

a- Pavimentos porosos, en los que el agua asciende de forma continua hasta la superficie por capilaridad. La temperatura superficial se controla principalmente debido a la evaporación del agua en la superficie y a la conducción de calor desde la superficie hasta el agua que circula por el interior.

b- Pavimentos no porosos, en los que el agua no llega a la superficie. La reducción de la temperatura de debe a la conducción desde la superficie al interior.

Según los estudios y pruebas realizados, en superficies expuestas al sol, los pavimentos fríos porosos son mejores, dando una temperatura superficial del orden de -6°C , sólo en las horas centrales del día, no habiendo diferencia entre pavimentos en la tarde. Para las superficies sombreadas, el

comportamiento de los pavimentos porosos y no porosos es bastante similar, teniendo la desventaja los porosos de permitir el desarrollo de algas en la superficie.

COBERTURAS

Se trata de refrigerar las coberturas utilizando agua, pudiendo llegar así a reducir significativamente la temperatura superficial en relación con la temperatura del aire exterior, con lo que se puede llegar a anular e incluso invertir el intercambio radiante. Por sentido común, las coberturas han de ser impermeables, y el agua se puede utilizar en forma de una película continua o por un riego discontinuo.

Utilizando el agua en forma de una película continua, hay que tener en cuenta las variables de la velocidad de la lámina de agua, el espesor de la lámina de agua, la temperatura inicial del agua, la distancia que recorre el agua y la absortividad (color) de la cobertura.

Teniendo en cuenta estas variables, se ha demostrado que el uso de las láminas de agua puede conseguir reducciones de unos 12°C para coberturas de color claro y de unos 20°C en las de color medio, comparándolas con las mismas coberturas sin agua. Como contrapartida, el caudal de agua a utilizar es excesivo para resultar un sistema económico. Sin embargo, si el enfriamiento de la cobertura es mediante el riego discontinuo (el enfriamiento

se produce por la evaporación del agua sobre la superficie), se pueden conseguir entre 4°C y 7°C por debajo de la temperatura ambiente. Este método es mucho más económico reduciendo el consumo con respecto al anterior de 95%.

ESTANQUES

Los estanques son considerados masas de agua de profundidad de 50cm o superior que pueden llevar incorporados sistemas de chorros y/o pulverizadores.

El uso de estanques para acondicionar los espacios abiertos se debe a un doble motivo: la capacidad de mantener temperaturas del agua inferiores a la del aire ambiente y la baja reflectividad del agua. Aunque la radiación solar absorbida en un estanque puede ser muy alta, esta absorción no origina una elevación de la temperatura del agua, debido a la evaporación que tiene lugar y a la inercia térmica de la masa de agua. Hay que tener en cuenta que la evaporación es proporcional a la superficie de contacto entre el agua y el aire, y que ésta puede incrementarse de manera efectiva instalando surtidores o pulverizadores (entre un surtidor y un pulverizador, el área de transferencia se multiplica por 100 para un mismo caudal).

La temperatura del agua depende de:

- La existencia o no de surtidores y/o pulverizadores y, en su caso, el número y tipo de elementos.
- Esquema de funcionamiento de los surtidores y/o pulverizadores.
- Profundidad del estanque.
- Existencia de cobertura sobre el estanque.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores, el potencial para el acondicionamiento de los estanques es múltiple:

- En forma de láminas horizontales situadas en zonas expuestas al sol adyacentes a zonas de paso o estancia. Aquí se aplican la baja temperatura superficial y la baja reflectividad.
- En forma de cascada (el agua se desliza por una superficie) y paredes de agua (formadas por baterías verticales de chorro) interiores o próximas a las zonas ocupadas. Las superficies verticales frías son mucho más interesantes que las horizontales desde el punto de vista del intercambio radiante.
- Como elemento de producción y almacenamiento de agua fría que se pretende utilizar para enfriar aire sin que exista contacto

directo entre ambos fluidos (mediante un intercambiador), con lo que reduce su temperatura sin aumentar la humedad absoluta.

El agua puede enfriarse al mismo tiempo que se utiliza, como es el caso de los estanques que alimentan las Unidades de Tratamiento de Aire (UTA) (se hablará de ellos en las Avenidas). O también puede enfriarse durante la noche y utilizarse durante el día (se detallará al hablar del Palenque). Los pulverizadores funcionan básicamente de noche y es la elevada inercia del estanque la que permite que el agua se mantenga fría hasta el momento de uso.

3.2.2. Enfriamiento de aire

Uno de los problemas que presenta enfriar el aire en espacios abiertos es la gran cantidad de aire tratado necesario para mantener la zona en unas condiciones diferentes del ambiente. Este puede ser minimizado con la estrategia de independizar del ambiente exterior la zona a tratar, sin perder el carácter de espacio abierto, por ejemplo, usar barreras naturales (setos, árboles, cascadas...) o la depresión de la zona respecto de sus alrededores para crear un volumen de aire frío independiente y estable. A pesar de esto, los intercambios de aire siguen ocurriendo, por lo que ello obliga a utilizar sistemas de enfriamiento de aire sobredimensionados comparándolo con los

espacios cerrados. Debido a este sobredimensionamiento y lo que este conlleva, han de usarse técnicas naturales para el enfriamiento de aire.

ENFRIAMIENTO SENSIBLE

Se trata de reducir la temperatura del aire sin adicción de humedad. Las técnicas de baja energía consideradas para producir enfriamiento sensible del aire son:

- Conductos enterrados
- UTA 's alimentadas por agua enfriada

Conductos enterrados

A partir de una cierta profundidad, que dependerá de las características del terreno, la temperatura de éste permanece prácticamente invariable. Esto es debido a que el calentamiento y enfriamiento del suelo provocado por las condiciones ambientales variables son amortiguadas por el terreno, no viéndose afectado por las variaciones diurnas de temperatura.

Tras los estudios para la Expo, se comprobó que el tubo pierde rendimiento debido a la saturación térmica que experimenta el terreno alrededor del mismo. La saturación térmica consiste en un aumento de la temperatura del medio debido a que la velocidad de acumulación de calor es

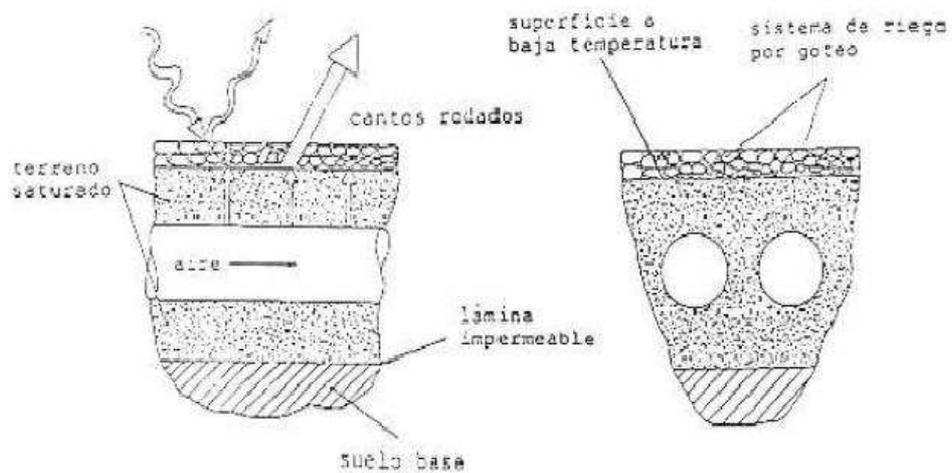
mayor que la velocidad de evacuación del mismo. Esta pérdida de rendimiento se puede ver contrarrestada mediante dos factores controlables:

-Incrementar la conductividad térmica del terreno que rodea al tubo, esto es, la conductividad del terreno se puede aumentar mediante irrigación con agua, para mantener el suelo lo más húmedo posible.

- Conseguir cerca del tubo un sumidero de calor, esto se consigue si el tubo se entierra cerca de la superficie y ésta se mantiene a una temperatura baja.

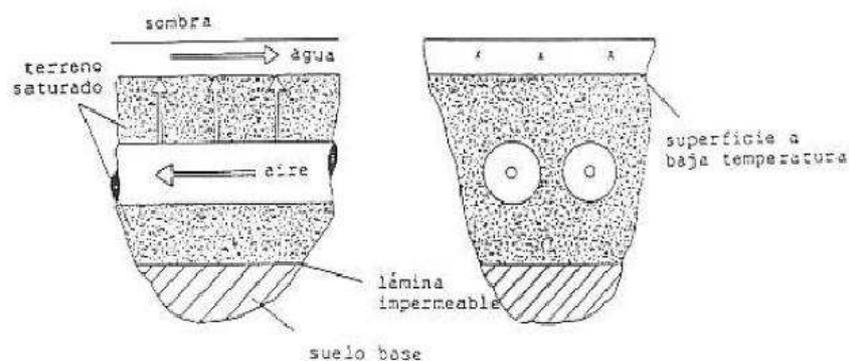
Con estas dos actuaciones se pueden conseguir unas prestaciones aceptables sin que se produzcan disminuciones de rendimiento. A cambio, la superficie próxima a los tubos debe ser tratada para conseguir el sumidero de calor deseado. En la práctica hay dos maneras para ese tratamiento:

- Como muestra la figura a continuación, la superficie está recubierta por cantos rodados y se mantiene húmeda mediante riego intermitente. Los cantos rodados son de un tamaño tal que evita el paso de la radiación solar y a la vez permita la evaporación del agua en la superficie debido a los intersticios entre las piedras. Manteniendo húmeda la superficie bajo las piedras, se puede garantizar en la misma una temperatura baja.



Tratamiento del suelo con cantos rodados e irrigación

- La figura siguiente muestra la segunda opción. Una corriente de agua fría extrae el calor evacuado por el suelo. La temperatura de la superficie es prácticamente igual a la temperatura de suministro del agua. Se debe proteger de la radiación para evitar un calentamiento innecesario del agua en su recorrido.



Tratamiento del suelo con corriente de agua

Algunas de las conclusiones obtenidas tras el estudio de estos sistemas son:

- La principal ventaja es que no aportan humedad al aire, favoreciendo al control de la humedad de un recinto.

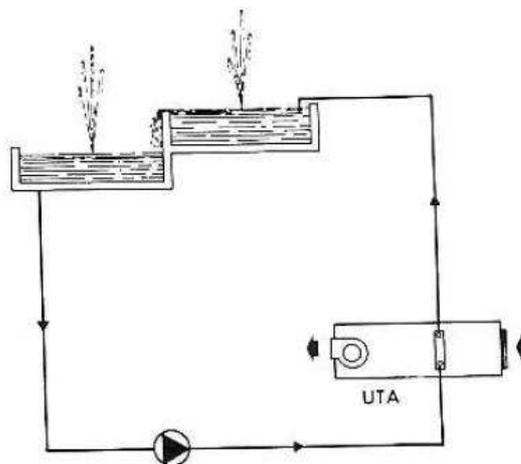
- Los sistemas que mejor funcionan para el enfriamiento de aire exterior para los espacios abiertos son los conductos enterrados próximos a la superficie exterior, teniendo que ser esta superficie tratada para obtener una temperatura baja.

- El terreno en contacto con los tubos deber ser lo más conductivo posible para maximizar la efectividad de la evacuación de calor del aire.

- Diámetros mayores disminuyen la transferencia de calor y por lo tanto el enfriamiento. Por el contrario, el uso de los diámetros pequeños necesita mayor número de tubos. La velocidad ha de ser baja para favorecer la transferencia de calor. La longitud de los tubos puede ser un parámetro de ajuste, siempre que haya espacio para alargarlos.

UTA´s alimentadas por agua enfriada con técnicas naturales

Para el funcionamiento adecuado de una UTA (Unidad de Tratamiento de Aire), se requiere una sala de máquinas donde ser ubicada, un sistema de distribución de aire adecuado hacia las zonas a tratar así como el sistema hidráulico que alimenta la batería enfriadora. A su vez, este sistema hidráulico debe conectar con el lugar donde se produce el enfriamiento pasivo del agua.



Esquema de principio de una UTA

Estos condicionantes restringen el uso de las UTA´s a lugares muy específicos, en los cuales la distribución de aire sea fácilmente integrable (gradas, terrazas...) y además se encuentren próximos a masas de agua importantes (estanques, canales...) de las que se alimenten.

La diferencia más importante con respecto a las UTA's tradicionales es la procedencia del agua fría. Aquí el agua es refrigerada por medios naturales, mediante el uso de pulverizadores de agua que recirculan y enfrían el agua del estanque de suministro.

ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

También conocido por humidificación adiabática. Consiste en poner en contacto aire y agua, enfriándose el aire mediante la absorción de calor que provoca la evaporación del agua. El aire resultante es más frío pero más húmedo.

Este proceso tiene un límite teórico: cuando el aire alcanza la saturación, no pudiendo absorber más vapor de agua. En la práctica, este límite depende del área de contacto entre el aire y el agua.

El incremento de humedad que experimenta el aire no suele ser crítico para el confort, salvo que haya unos altos niveles de temperatura.

Para garantizar el contacto necesario entre el aire y el agua, hay varias soluciones:

- Mantener mojada con agua una superficie sólida con gran área de contacto mojable.

- Conseguir que el agua forme el área de contacto dividiendo ésta en múltiples gotas finas (micronización).

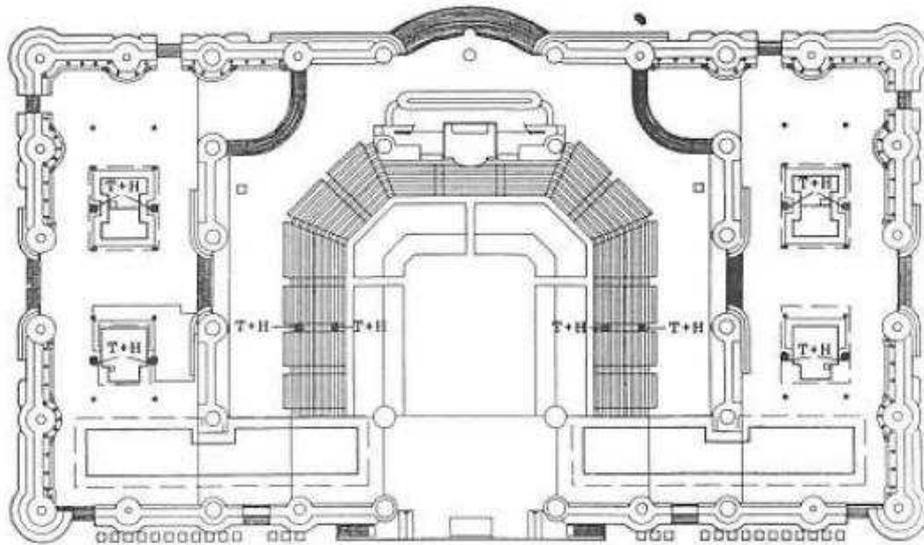
3.2.3. El Palenque y las Avenidas.

EL PALENQUE

Es un edificio singular concebido como una plaza cubierta, destinado fundamentalmente a la celebración de espectáculos. Debido al grado de confort que se alcanzó, obtuvo un uso intensivo de lugar de descanso de los visitantes.

El palenque está conformado en dos plazas cubiertas. La plaza exterior, de unos 3.600 m², se eleva un metro aproximadamente de los paseos y de la plaza interior, la cual rodea en tres lados. Esta plaza exterior se configuró como zona de transición entre el espacio público exterior y la zona de espectáculos. Se instalaron bares y quioscos para el refrigerio. La plaza interior, de unos 5.000 m², está conformado por el escenario y las gradas con

capacidad para 1.500 personas sentadas. El escenario está separado de la zona de gradas mediante un estanque dotado de surtidores.



Planta general del Palenque

La delimitación del Palenque, aún siendo un espacio abierto, se realiza mediante una barrera de árboles, agua pulverizada y fuentes que cumplen no sólo la función arquitectónica de límite, sino que lleva a cabo un preacondicionamiento del aire exterior. Además, por supuesto, de la cobertura que evita la radiación solar en todo el espacio del Palenque.

El acondicionamiento climático se diseñó partiendo de las gráficas de isoconfort de la zona de la grada y de las zonas perimetrales. Se tuvo en cuenta el tipo de actividad, el número de ocupantes y el tiempo de

permanencia. En estas gráficas se representaron las posibles combinaciones de la temperatura, humedad, velocidad del aire,... Tras los estudios preliminares, se actuó principalmente sobre la cobertura del edificio, el confinamiento en relación con el exterior y el enfriamiento de aire. Queda más claro en el cuadro siguiente:

Criterios	Actuaciones genéricas	Técnica específica
Reducción de la radiación solar	<ul style="list-style-type: none"> - Obstrucción radiación directa y difusa - Obstrucción radiación reflejada 	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura - Confinamiento
Reducción o inversión intercambio radiante larga longitud de onda	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción temperatura superficies circundantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Riego de cobertura
Reducción o inversión intercambio convectivo	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción temperatura aire 	<ul style="list-style-type: none"> - Confinamiento - Conductos enterrados - Enfriamiento sensible - Enfriamiento latente

Estrategias de acondicionamiento en el Palenque

La cobertura

El control de la radiación solar se aseguró por la completa cobertura del Palenque, de su gran superficie y de la presencia de árboles en casi toda la periferia.

La cobertura fue de PVC blanco, con las características de transmisividad del 13%, absorptividad del 10 % (limpia, con la suciedad puede alcanzar el 32%) y reflectividad del 77%. Teniendo esto en cuenta, se observó un sobrecalentamiento entre 2°C con la cobertura limpia, y de 10°C cuando está sucia. Debido al diseño de la cobertura, se producía un embolsamiento de aire caliente en cada uno de los conos que la forman. Para eliminar ese aire caliente acumulado, se dispusieron unos respiraderos en la parte superior de cada uno de los conos. A pesar de estas aberturas, la cobertura alcanzaba una temperatura del orden de 45°C.

Para intentar bajar esta temperatura de la cubierta, y teniendo en cuenta que enfriar el aire es más difícil y costoso, se optó por el enfriamiento de la cobertura mediante riego. Una ventaja adicional del riego es el efecto de la limpieza, favoreciendo así el control de la absorptividad frente a la radiación solar.

La forma del riego por la que se optó fue el riego discontinuo, asegurando así que la cubierta está siempre húmeda. La temperatura media que se consiguió en la cobertura fue de 30°C, siendo de 28°C en la zona de

gradas y de 32°C en las zonas perimetrales. Este sistema requirió la incorporación de grupos de presión para asegurar el reparto uniforme del agua. Había incorporados unos sensores que activaban el mecanismo para que siempre hubiera 7°C menos que la temperatura del aire exterior.

Sistemas en Escenario y Zona de Gradass

Como se comentó anteriormente, el escenario está separado de la zona de gradass mediante un estanque perimetral dotado de surtidores con diferentes diámetros de salida. En estos casos, además de las condiciones exteriores de proyecto, hubo que tener en cuenta las cargas internas, bien por la ocupación de 1.500 personas como por la carga extra de iluminación necesaria para los espectáculos.

Por esto, para el enfriamiento de estas zonas, se fue al acondicionamiento mediante el enfriamiento de aire, mediante una UTA (Unidad de Tratamiento de Aire), situada en la sala de máquinas. Tal y como se puede ver en el esquema anterior de enfriamiento de aire, una UTA consta de:

- Sección de entrada
- Sección de filtros
- Sección de batería de preenfriamiento
- Sección de humectación
- Sección de batería de frío

- 48 -

- Sección del ventilador

El aire de impulsión es todo aire exterior. La batería de preenfriamiento se alimenta del agua del estanque que rodea el escenario, enfriada a su vez mediante el juego de surtidores. A la salida de la batería de preenfriamiento, el aire pasa a través de la sección de humectación, cuyo funcionamiento está controlado por la temperatura de bulbo húmedo del aire a la entrada de la sección. Por último, el aire circula a través de la batería de frío, alimentada por agua fría procedente de una planta enfriadora condensada por agua situada en sala de máquinas. La distribución del aire tratado se realiza mediante difusores, de baja velocidad, incorporados en los asientos.

Sistemas en Zonas de Estancia Perimetrales

Estas zonas rodean a la zona de gradas y constituyen una transición entre el ambiente exterior y la zona de espectáculos. Como se apuntó anteriormente, existen unas barreras de árboles que confinan en cierta forma el recinto. Aunque ésto no evitará que se deba tratar el aire mediante enfriamiento del mismo.

Para estas zonas se han establecido dos partes, una norte y otra sur. Cada una de ellas se tratará con una UTA diferente. El funcionamiento es

similar al de la zona de gradas y espectáculos, con la diferencia de que aquí el aire es enviado a cada división a través de toberas integradas en las cubiertas de los quioscos instalados en el interior del Palenque.

AVENIDAS

Las avenidas propiamente dichas son nexos entre los pabellones. En la Expo, estas avenidas fueron consideradas más que pasos para ir de un lado a otro. Se consideraron y diseñaron como espacios públicos, como lugares de encuentro y de ocio, con plazas y zonas de estancia donde se sitúan cafeterías, restaurantes, quioscos para espectáculos... Por esto, el acondicionamiento climático de las avenidas partió de unos criterios generales teniendo como base el modelo de confort. Se pueden destacar los siguientes criterios:

- Garantizar zonas alternativas no tratadas que pueden utilizarse en épocas intermedias y en horas no extremas durante el verano. Por ejemplo, un tratamiento intensivo de sombra en una avenida impediría disfrutar del sol durante las primeras horas del día.

- Realizar en cada zona un tratamiento acorde al uso de la misma. La intensidad del acondicionamiento climático será mayor en una zona de espectáculos que en una zona de descanso.

- Tener en cuenta el aspecto psicológico asociado a la sensación de confort. Dependiendo de las condiciones en que estuviera un ocupante antes de entrar en una zona tratada, puede encontrarse confortable o no.

En total hay 5 avenidas que se trataron climáticamente. A continuación se va a comentar los sistemas tratados, pudiendo haberse usado en una avenida o en varias. Estos fueron:

- Coberturas: la protección frente a la radiación directa fue mediante pérgola vegetal. Los árboles ayudan al control solar tanto de la radiación directa como de la reflejada.
- Láminas de agua: su uso tiene varios efectos positivos. En primer lugar representa una superficie fría favorable al intercambio radiante y, en segundo lugar, al presentar una baja reflectividad, se ejerce un control sobre la radiación reflejada.
- Cortinas de agua
- Riego de cubierta
- Enfriamiento de aire mediante micronizadores: instalados en la superficie inferior de la pérgola vegetal, inclinados hacia debajo de

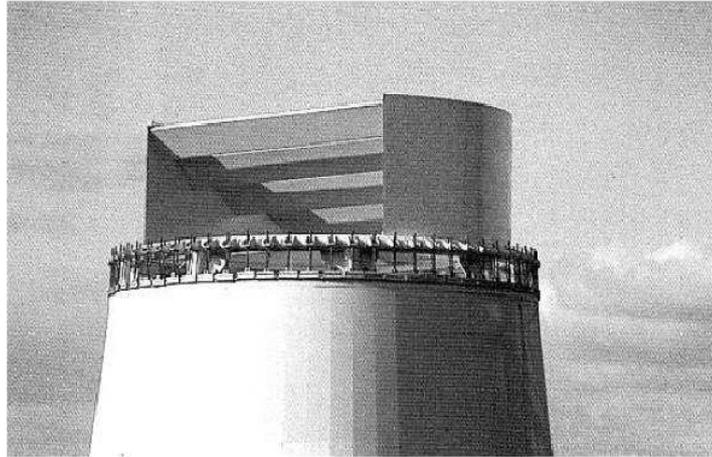
forma que los conos de agua micronizada no interfieran entre sí y las gotas se evaporen antes de entrar en el plano de ocupación.



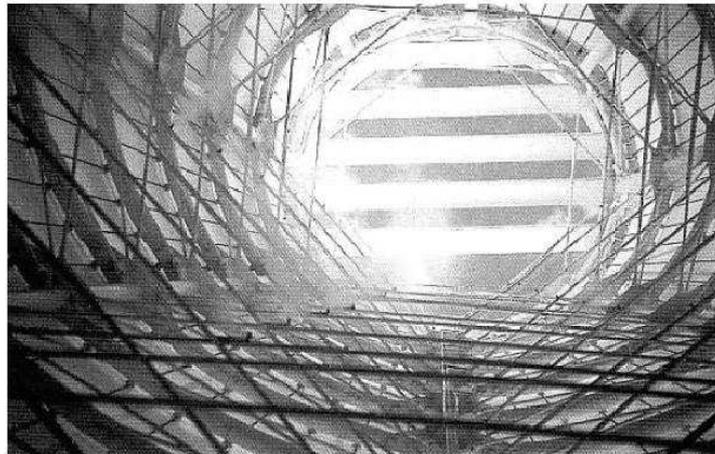
Pérgola vegetal con micronizadores

- Enfriamiento de aire mediante micronizadores (torres frías): el aire del exterior entra por la parte superior de la torre, a través del dispositivo de captación de brisas. En el interior, el aire se enfría evaporativamente al entrar en funcionamiento el sistema de micronizadores, aumentando su densidad y cayendo por gravedad a través de la torre. El aire "frío" abandona la torre por la sección inferior con una velocidad de salida baja, entrando en la zona a tratar. Este sistema permite un tratamiento de aire a gran escala, consiguiendo que la temperatura del aire a la salida de la torre sea de 26°C. Estas torres tienen un sistema de control que se ajustan a las fluctuaciones de temperatura exterior, humedad,

velocidad y dirección del viento. Paralelamente, una sonda de humedad relativa situada en la zona a tratar ajusta el número de circuitos en funcionamiento.



Captación de brisas en la torre fría



Interior de la torre fría: micronizadores

- Árboles: favorecen a la protección frente a la radiación solar. Se incorporó un sistema de enfriamiento de aire mediante

micronizadores situados en los árboles, con una mayor densidad en el lado oeste y sur con objeto de preenfriar el aire que entra en la zona.

- Enfriamiento de aire mediante UTA: para las zonas de alta densidad de ocupación. La impulsión se realizó mediante toberas orientables de largo alcance. El movimiento de aire provocado mejora la sensación de confort. La sección de preenfriamiento sensible se alimenta con agua procedente de un estanque, devolviéndose el agua al mismo estanque.

3.3. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR AGUA QUE EXISTEN EN LA ACTUALIDAD Y QUE SE USAN EN LOS CAMPOS: INDUSTRIAL, COMERCIAL, RESIDENCIAL. REFRIGERACIÓN EVAPORATIVA.

Como introducción vamos a definir los llamados bioclimatizadores. La bioclimatización es un sistema en el que se genera aire fresco a partir de la evaporación del agua. Se aprovecha el fenómeno natural de los sistemas pasivos, de que en el cambio de fase del agua de estado líquido a gas, la reacción absorbe calor del ambiente, es decir, reduce la temperatura del aire. Estos sistemas funcionan con las ventanas abiertas, no resecan el ambiente, y tienen un gasto energético un 80 % inferior al de los aparatos convencionales de aire acondicionado, ya que se prescinde de un compresor para obtener el aire fresco.

Se han realizando sobretodo instalaciones en viviendas aisladas, pero en obras nuevas también es posible incorporar el sistema, sobretodo si se considera desde el inicio del proyecto. La instalación en si no difiere demasiado de una de aire acondicionado. Las unidades exteriores, eso sí, requieren un suministro de agua de la red, para conseguir el efecto evaporativo. En la unidad exterior se hace pasar el aire por una capa o cortina de agua que empapa unos filtros de celulosa, de manera que se obtiene aire más fresco y ligeramente más húmedo que el de entrada. Este aire fresco se distribuye a las habitaciones mediante conductos.

Muchos de los sistemas que a continuación se detallan, tienen su campo de actuación en el área industrial o en grandes espacios. Se enumeran las empresas que actualmente tienen su oferta en los sistemas de refrigeración por agua, destacando la gama de productos de cada una de ellas. Estas son: Cobertia, Biocool, Prime Tech y Devap.

COBERTIA:

Empresa dedicada a realizar instalaciones de refrigeración mediante el método de atomización, que se basa en la bajada de temperatura que produce la evaporización de agua.

Este sistema de enfriamiento evaporativo permite bajar la temperatura hasta 12º en lugares abiertos o cerrados, mejorando la calidad del aire sin mojar.

Su principal utilidad suele ser para la refrigeración de zonas críticas o grandes espacios a nivel global.

Entre las principales ventajas de este sistema tenemos:

- El pequeño impacto que producen éste tipo de instalaciones en los diferentes lugares.
- La limpieza del aire que produce las pequeñas partículas en suspensión.
- Su utilidad en lugares totalmente abiertos.
- El bajo consumo energético.
- Gran sensación de bienestar, manteniendo un grado de humedad correcto.
- Absorción de olores, tanto en lugares abiertos como cerrados.

En la mayoría de los casos, el problema existente en la mayoría de las empresas, el combatir el exceso de temperatura, lo resuelven con sistemas de aire acondicionado, el problema es que ésta solución plantea distintos inconvenientes:

- Elevado precio de la instalación.
- Alto consumo energético para su funcionamiento.
- Mantenimiento y reparaciones de elevado coste.
- Obligación para las zonas a refrigerar de mantenerlas cerradas, no es viable tener grandes puertas o ventanas abiertas.
- Sequedad excesiva que se produce en el ambiente.
- Gran Impacto a nivel de instalaciones en los lugares a climatizar.

Cobertia, mediante su sistema, aprovecha la reacción de absorción de calor que produce la evaporación instantánea de agua, proporcionando los siguientes beneficios:

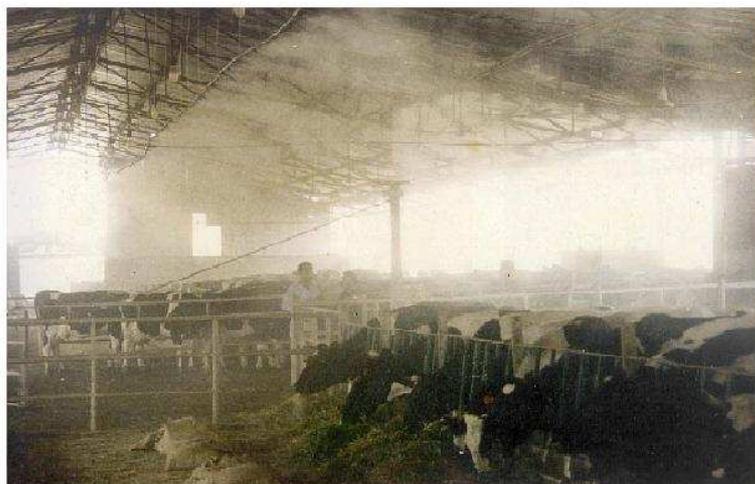
- Precio de instalación muy inferior al de un sistema de aire acondicionado convencional.
- Mínimo consumo energético.
- Mantenimiento económico.
- Funciona en lugares cerrados y abiertos al exterior.
- Produce gran confort en la zona a tratar.

- Absorción de malos olores
- Capacidad de disminuir la temperatura hasta 12 ° C.
- Mínimo impacto de éste tipo de instalaciones en las zonas a tratar.

Podemos decir que existen fundamentalmente dos campos de actuación, en éste tipo de productos:

- a) La industria,** dónde el principal objetivo se basa en mejorar las condiciones de confort tanto de los trabajadores de la misma, como en los procesos.

Nos centramos en empresas que tienen problemas de temperatura ambiente, siendo éste un obstáculo para el correcto desarrollo de las funciones de los trabajadores, con una notable mejora de la productividad.



Uso en granjas de animales

El sistema de enfriamiento evaporativo permite bajar la temperatura hasta 12 ° C en lugares cerrados o abiertos, mejorando la calidad del aire sin mojar, entre los campos de aplicación nos encontramos industrias tan diversas como:

- Cerámicas.
- Vidrio.
- Fundiciones.
- Plantas de transferencia.
- Extrusión de plástico.
- Textil.
- Plantas de áridos.
- Almacenes logísticos.
- Invernaderos.
- Supermercados.

b) Confort, dónde nos encontramos con una división centrada en crear espacios agradables para el disfrute de las personas.

Mejora el confort de las personas con el consiguiente incremento de asistencia, esto genera una serie de beneficios, como son:

- Eliminación del polvo en suspensión.

- Supresión de la electricidad estática.
- Tratamiento de olores.
- Reducción drástica del gasto energético.
- Mantenimiento de alimentos.
-

Los campos de aplicación son bastantes diversos y nos encontramos con:

- Eventos comerciales.
- Restaurantes.
- Catering y banquetes.
- Hoteles.
- Parques lúdicos-temáticos.
- Ferias de muestras.



Terrazas de restaurantes y bares

En definitiva, se trata de un sistema en el que nos encontramos con términos como sostenibilidad y ahorro de emisiones de CO₂ a la atmosfera, ya que como sabemos, el calor latente de vaporización del agua es de 540 cal/gramo, por lo que podemos decir que cada gramo de agua que conseguimos evaporar absorbe 540 calorías en forma de calor del ambiente, que es lo mismo que por cada litro evaporado, producimos 540 frigorías.

Con este dato podemos establecer una comparación de consumos entre un compresor de aire acondicionado convencional de alto rendimiento y nuestro sistema de enfriamiento evaporativo.

El procedimiento de la atomización de agua tiene otras utilidades, como es la precipitación de partículas en suspensión que como resultado da el limpiar la atmosfera de impurezas como es el polvo y de otras que pueden producir el mal olor, en el primer caso la principal aplicación es en plantas de áridos y en el segundo plantas de residuos.

BIOCOOL:

La bioclimatización o climatización ecológica de Biocool es la alternativa perfecta para disfrutar del aire acondicionado respetando el medio ambiente.

Biocool climatización es una empresa creada para ofrecer tanto al mercado residencial como al comercial soluciones de climatización natural, usando como proceso de climatización por evaporación de agua, el proceso que se da en la naturaleza de forma habitual, es decir, si pensamos en la sensación de fresco que se produce cuando se sale de la piscina en un día caluroso, dicha sensación es producida por éste proceso de bioclimatización, al igual que la sensación de frescor producida por la brisa marina, ya que se trata de un claro ejemplo de proceso natural de bioclimatización, ya que la corriente de aire, en contacto con el agua, produce una evaporación que reduce la temperatura del aire, aportándole al mismo humedad, en definitiva, esto es a grandes rasgos, la explicación del fenómeno de bioclimatización.

El funcionamiento de un bioclimatizador se explica de la siguiente manera; una bomba hace circular el agua desde un tanque hasta unos filtros que quedan empapados. Un ventilador absorbe aire del exterior y lo canaliza a través de estos filtros, de forma que se produce una evaporación del agua que reduce la temperatura del aire en circulación. Este aire es introducido en la

vivienda, desplazando el aire caliente que hay en su interior, consiguiendo el doble de enfriamiento y ventilación.



Bioclimatizador BREEZAIR

Se denomina bioclimático porque es completamente natural, y no utiliza gases refrigerantes que son perjudiciales para el medio ambiente, además su reducido consumo eléctrico nos permite ahorrar energía, tenemos que tener en cuenta que se trata de técnica beneficiosa para la salud, ya que limpia el aire, debido a que utiliza aire 100 % nuevo y fresco, no reseca el ambiente, manteniendo un adecuado nivel de humedad muy sana para el organismo. No crea electricidad estática en moquetas o alfombras.

Es un sistema especialmente recomendado para personas que sufren asma o alergias a polvo y ácaros.

Se trata de un sistema que en comparación con otros sistemas de climatización, utiliza una décima parte de electricidad, lo que nos permite ahorrar energía y dinero desde el primer día de funcionamiento.

Biocool, produce unos bioclimatizadores que consiguen un ambiente de máximo confort porque el proceso natural de vaporización hace que varíen ciertos parámetros necesarios para que el aire tenga "calidad":

- Actúa sobre la temperatura del aire, reduciéndola.
- Actúa sobre la humedad relativa del aire, aumentándola hasta un nivel óptimo para la salud y el confort de la personas.
- Actúa sobre la renovación del aire, ya que no se recircula, se cambia por aire nuevo, filtrado y fresco.
- Actúa creando una pequeña sobrepresión, lo que impide que entren en la vivienda o local partículas de polvo, olores, etc. del exterior.
- Actúa creando iones negativos (que son los buenos), y eliminando la electricidad estática.

Debido a las condiciones climáticas que tenemos en España, el rendimiento de los equipos de **Breezair**, producen unas reducciones de temperaturas excelentes, como se refleja en el siguiente cuadro:

PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA							
TEMPERATURA AMBIENTE	10	20	30	40	50	60	70
20 ° C	11,0	12,0	13,0	14,5	15,5	16,5	17,5
25 ° C	14,5	16,0	17,0	18,5	20,0	21,0	22,0
30 ° C	17,5	19,5	21,5	22,5	24,0	25,0	26,5
35 ° C	20,0	23,0	25,0	26,5	28,5	30,0	31,5
40 ° C	23,0	26,5	29,0	31,0	32,5	34,5	--

Tabla de temperatura aproximada de suministro de aire basada en una saturación de almohadilla mínima de un 80 %.

Dentro de las distintas ventajas que plantea éste método nos encontramos con:

a) Método ecológico: Desde un punto de vista podemos resaltar que al ser un proceso completamente natural, sólo necesitamos la aportación de agua, que además se devuelve a la atmósfera en forma de vapor. De esta forma los bioclimatizadores no utilizan gases refrigerantes CFC's ni similares, que tan perjudiciales resultan para el medio ambiente.

b) Es sano: Los equipos bioclimáticos renuevan constantemente el aire local, eliminando además del exceso de temperatura, la polución, humos, olores, etc., reemplazando éste aire viciado por aire tratado, nuevo, fresco y

con el grado de humedad apropiado para garantizar la salud de los seres vivos.

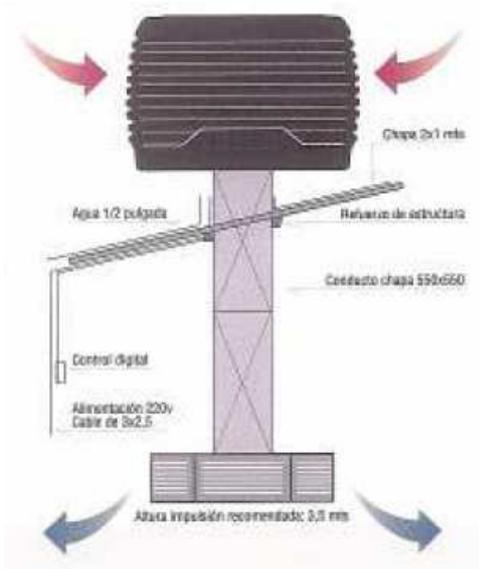
c) Es económico: Se trata del acondicionador más eficiente del mercado, dado que su coste de funcionamiento es un 80 % inferior al de los aparatos convencionales de aire acondicionado. A la reducción del coste de funcionamiento se une el hecho de que para la climatización de una vivienda de unos 180 m² sería de suficiente con la instalación de una sola máquina.

Modelo	Potencia Motor	Dimensiones (mm)			Peso	Caudal m ³ /h	Superficie Climatizada
		Largo	Ancho	Alto			
EXH 130	500 W	1160	1160	660	62	5627	110 m ²
EXH 150	550 W	1160	1160	860	68	6995	140 m ²
EXH 210	1500 W	1160	1160	860	69	10030	200 m ²

Características técnicas del BREEZAIR serie ICON

Si establecemos una comparación entre un sistema convencional de refrigeración y el sistema **Breezair**, resaltamos los siguientes puntos:

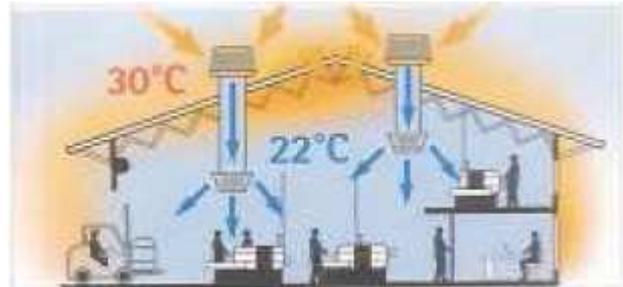
BREEZAIR	REFRIGERADO
Introduce aire 100 % del exterior	Recircula siempre el mismo aire
Las ventanas y puertas pueden dejarse abiertas	Las ventanas y puertas deben de permanecer cerradas
Mantiene un nivel adecuado de humedad	El aire seco puede ser perjudicial para la salud
Elimina olores, humos y aire viciado	Recircula el aire viciado, los olores, humos, etc.
Mejora su rendimiento cuanto más calor hace en el exterior	Reduce la capacidad de enfriar cuanto más calor hace en el exterior.
Coste de funcionamiento reducido	Coste de funcionamiento elevado
Climatiza como la naturaleza	Utiliza gas para refrigerar.



Esquema de instalación en cubierta

Bioclimatizadores industriales

Breezair serie TBA

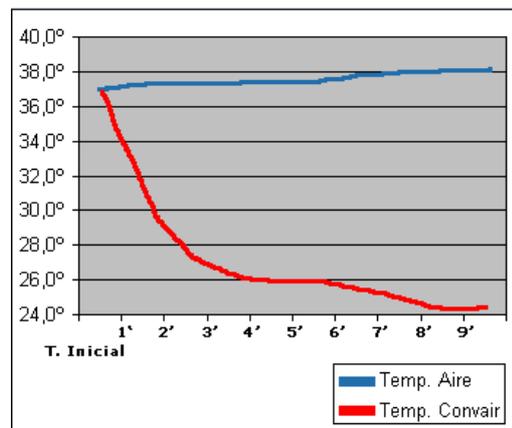


Reducción de la temperatura interior

Los productos de climatización Biocool, se encuentran dirigidos tanto a bioclimatización residencial con la gama de productos Breezair serie Icon y la bioclimatización portátil Convaire como a la Bioclimatización Industrial, con la gama de productos Breezair serie TBA.



Gama de productos portátiles CONVAIRE



Reducción de la temperatura según un estudio en un día de Junio, a las 13h, con HR 22%

PRIME TECH:

Empresa especializada en sistemas evaporativos para soluciones de refrigeración, humidificación y control de ambientes.

Sabemos que la refrigeración evaporativa, conocida desde la Antigüedad, ha sido utilizada por las principales civilizaciones, pero digamos que ha sido reinventada a finales del siglo pasado y es sin lugar a dudas una solución innovadora para el siglo XXI.

Los sistemas evaporativos se basan en evaporar pequeñas cantidades de agua en el ambiente, extrayendo energía del aire para producir la evaporación. Este proceso natural puede refrigerar grandes volúmenes de aire con muy bajo coste energético y educido consumo de agua.

Principalmente se han usado los sistemas evaporativos para refrigeración de ambientes abiertos o cerrados, o aumentar la humedad relativa a bajo coste, pero también ayuda a ahorrar energía en sistemas de pre-enfriamiento de equipos industriales o control de ambientes: polvo, olores y carga estática.

Los nuevos problemas medioambientales creados por la actividad humana, exigen nuevas soluciones respetuosas con el medio ambiente, con reducido gasto energético y sin producir contaminación.

A nivel Industrial Prime Tech destaca en:

- *Refrigeración:* Las naves industriales y talleres no siempre cumplen con la normativa en cuanto a condiciones ambientales de temperatura, debido al gran volumen de aire que hay que tratar, al elevado coste de la inversión de equipos y el alto consumo energético que supone. Donde las soluciones convencionales no son factibles, la refrigeración evaporativa es una buena elección. La evaporación directa en los ambientes tiene un rendimiento superior a los paneles evaporativos que se colocan en las cubiertas o paredes ya que podemos evaporar mucha mayor cantidad de agua en contacto con el aire, resulta también que el número de renovaciones y volumen de aire es inferior, con menos consumo energético e inversión en equipos e instalaciones.



Refrigeración de talleres

Hay que tener en cuenta que hay ocasiones en las que no es recomendable climatizar toda la nave o el taller donde se realicen los trabajos.

Los puestos de trabajo están localizados en puntos muy concretos, talleres, maquinaria, etc., pero en estos lugares ocupan poco volumen, comparado con el total de la nave, por lo que surge la idea de crear microclimas alrededor de los puestos de trabajo. Aunque estos estén muy distantes entre sí, un solo equipo centralizado puede alimentar distintos puestos de trabajo- hasta 100 metros o más, sin tener que duplicar equipos, con lo que se consigue reducir la inversión, instalación y operación.

Es muy común instalar ventiladores con aro de pulverización para refrigerar estos puestos. Los ventiladores pueden ser fijos u oscilantes, con distintos caudales y número de pulverizaciones.

Un solo ventilador puede evaporar hasta 80 litros a la hora, con capacidad para refrigerar hasta 80 – 100 metros cuadrados.

Por ejemplo en las actividades de las siderurgias tienen unas condiciones de trabajo extremas en las que las soluciones convencionales (ventilación y aire acondicionado) no son factibles ni suficientes. Los sistemas evaporativos en ventiladores o turbinas de gran capacidad, pueden evaporar considerables cantidades de agua, con descenso de la temperatura de hasta

15 ° C. También son de aplicación en refrigeración de slabs, almacenes y control de polvo en escombreras; se suelen utilizar también para refrigeración de puestos de trabajo en acerías, talleres de mantenimiento, equipos móviles para trabajos especiales en cuchara, refractarios, etc.

En industrias, son muy utilizados los equipos móviles, ya que incorporan todo lo necesario para producir la refrigeración sin necesidad de instalaciones fijas.

Tienen la versatilidad de poder climatizar varias áreas con un solo equipo, reduciendo la inversión sin renunciar al confort, hay instalaciones que tienen un enchufe rápido que permite conectar unidades extras de líneas de pulverización o ventiladores auxiliares.

En grandes Industrias, la refrigeración de sus talleres se suele realizar por evaporación directa mediante el ambiente de agua pulverizada, ya que es muy sencilla de instalar (no hay que modificar tejados ni muros) y permite trabajar con menos renovaciones a la hora que otros sistemas evaporativos, ya que se puede controlar el ambiente de agua que se evapora en el ambiente, permite trabajar con los portones y ventanas abiertos sin disminuir el rendimiento, ya que el aire se renueva y se enfría constantemente (Por menos de 4 W/m² se puede refrigerar una nave con descenso de temperatura entre 8 y 10 ° C).

- *Control de Humedad:* Muchos procesos industriales necesitan mantener la humedad relativa mínima o constante. Puede ser para evitar la rotura de fibras, mantener las características del producto, almacenamiento, seguridad laboral, eliminar cargas estáticas, etc., mediante los sistemas "MIST modulares" se permite establecer unidades centrales de bombeo, tratamiento de agua y control con varias áreas con distintos valores de humedad, o un área con varias zonas o sondas. El uso de sondas, electroválvulas, drenajes y control de autómatas, variadores de velocidad y programación PID permiten obtener resultados muy precisos con costes de inversión, operación y mantenimientos reducidos.



Aumento de humedad en bodegas

En cuanto a la electricidad estática, tenemos que tener en cuenta que ésta se genera en nuestro entorno continuamente por el movimiento de unos materiales de gran resistencia eléctrica contra otros. Cuando las condiciones ambientales permiten su acumulación, la electricidad estática se

convierte en un problema: los usuarios reciben descargas eléctricas desagradables y la maquinaria de proceso genera descargas (chispas); esto puede llegar a ser muy grave en ambientes con gases volátiles inflamables o explosivos.

Asimismo, estos fenómenos son muy importantes en salas de ordenadores y centros de procesos de datos.

El aire con una humedad relativa inferior al 45 % permite la acumulación de cargas electrostáticas.

El aumento adecuado de la humedad relativa no evita la formación de cargas, pero sí su acumulación. Esto se consigue mediante una lámina invisible de humedad sobre las superficies de los materiales que permite que las cargas se desplacen a tierra antes de que alcancen niveles de potencial elevados. Para reducir o prevenir la acumulación de cargas electrostáticas se recomienda una humedad relativa del 45 % o superior. Con los sistemas de nebulización directa en el ambiente se puede conseguir sin problemas estos valores, tanto en espacios cerrados como abiertos o parcialmente abiertos.

En las bodegas, los bodegueros de todo el mundo han notado pérdidas de vino causadas por la baja humedad relativa de las cavas.

Un nivel de humedad relativa del aire tiene una presión de vapor de agua baja, por lo que el agua contenida en la barrica de vino se evapora atravesando la superficie porosa de la madera de la barrica.

Con un nivel de humedad relativa del aire elevado, la velocidad de evaporación del vino es muy lenta, reduciéndose considerablemente las mermas de vino hasta valores en torno al 2 - 3%, frente al 5 -15% que se pueden producir con baja humedad relativa.

Además de la pérdida económica, la calidad del vino empeora porque aumenta su graduación.

Con un sencillo sistema de humidificación con líneas o ventiladores gobernados por sonda, se pueden conseguir valores hasta el 90% sin riesgo de condensación.



Humectación de cámaras frigoríficas

En cuanto a las cámaras frigoríficas, los productos frescos, carne, pescado, verduras y frutas, contienen grandes cantidades de agua y cualquier pérdida de la misma afectará el aspecto, y la calidad del producto.

Es importante vigilar todos los procesos de enfriamiento y transporte por los que deben atravesar el producto hasta el punto de venta.

Si el ambiente donde se procesa el producto tiene una humedad relativa baja, el producto cederá parte de su humedad libre al medio, por lo que perderá peso y presentará un aspecto deteriorado, incluso antes de la venta.

En las cámaras de enfriamiento, aunque el aire frío entre con elevado nivel de humedad, cuando entra producto nuevo que está más caliente o hay movimiento de mercancías con apertura de puertas, el nivel de humedad puede descender por debajo del 80%.

Si no se restituye esta humedad, será el propio producto el que ceda humedad al ambiente.

- *Control de polvo y olores:* Hay algunas empresas, como son las llamadas empresas de R.S.U. (residuos sólidos urbanos) en las que la

descarga y clasificación de residuos produce ambientes cargados de polvo y malos olores. En verano con altas temperaturas, se incrementa el proceso de descomposición y el problema crece. En ambos casos hay que distribuir uniformemente un aerosol con producto encapsulante que atrape las partículas y favorezca su encapsulado y precipitación. Para que el proceso tenga éxito, las gotas deben ser lo más finas posibles, de tamaño similar al de las partículas en suspensión.

En las empresas cuya principal fuente de trabajo es el mármol, el control del polvo termina siendo un gran problema, por lo que los sistemas de nebulización de alta presión crean microgotas desde 1 micra que precipitan las partículas de sílice y otros elementos dañinos que se encuentran en el ambiente.



Nebulización para eliminar polvo en las

Marmolerías

Mucho más económicos y ecológicos de operación que los sistemas de aire comprimido ya que son muy silenciosos, consumen hasta 15 veces menos energía y no hay riesgo de aceite en el ambiente.

El control de polvo en el campo industrial pasa por tres fases, contención de las zonas donde se genera el polvo, humectación de los focos de creación de polvo, cintas transportadoras, descarga de tolvas, etc., y por último precipitación del polvo.

Es muy importante conocer el tamaño de gota necesario, tipo de atomizador necesario, alcance del dardo de atomización y el caudal de humedad que se debe aportar al producto.

La combinación adecuada de todos los componentes, creará la solución al problema.

Del mismo modo, en las grandes depuradoras, nos encontramos con la problemática de los olores, Para controlar los olores de las depuradoras hay que aplicar el producto encapsulador en forma de aerosol.



Controles de olores en depuradoras

Hasta ahora los métodos tradicionales han tenido escaso éxito debido al excesivo gasto de producto y la mala distribución del aerosol.

Con sistemas evaporativos en línea, se pueden crear pantallas densas de aerosol que actúan como barrera de los olores.

Para aplicaciones más complejas, se pueden producir aerosoles de hasta 25 m de alcance con movimiento de 320° con los exclusivos ventiladores Giant.

• *Precooling:* En condiciones de calor extremas, muchos acondicionadores de aire convencionales, fallarán o se bloquearán debido al exceso de carga ambiental en el serpentín. Se ha intentado resolver este problema pulverizando el serpentín con agua averiguando que ello causa el deterioro y calcificación del serpentín.



Precooling

La calcificación reduce la transferencia de calor, al aislar el tubo y aumenta el coste de operación.

La solución es pre-enfriar el aire de entrada a la unidad. Como resultado, el equipo trabaja de forma más eficaz, bajando la presión en cabeza y alargando la duración del equipo.

Industrias agropecuarias: Nos encontramos con distintas industrias en las que nos encontramos estos sistemas, como pueden ser las yeguas: La temperatura elevada y la elevada presencia de insectos estresan al animal que a veces se lesiona al tratar de evitar éstos.

Los sistemas evaporativos refrescan el ambiente y crean barreras

de niebla alrededor o delante del box. Estas barreras pueden llevar un insecticida que se dosifique a intervalos, según prescripción del veterinario y fabricante.

El estrés causado por el calor en los animales produce que éstos ingieran menos alimentos y reduzcan su producción.



Confort animal

Las altas temperaturas y la proliferación de insectos pueden transmitir además enfermedades y epidemias con resultados catastróficos.

Los sistemas evaporativos por pulverización directa no solo disminuyen la temperatura sino que pueden utilizarse como aerosoles para control de plagas e insectos.

Otras de las industrias importantes son las relacionadas con las estructuras de los invernaderos, aquí, el exceso de humedad producido por la

transpiración de las plantas unido a las altas temperaturas, crean un ambiente sofocante para la actividad del invernadero.



Invernaderos

Los sistemas de ventilación no bastan para solucionar el problema ya que pueden secar en exceso el ambiente y no enfrían suficientemente.

Un buen sistema de refrigeración de invernaderos debe combinar, evaporación con renovación de aire. El diseño de la instalación y de los equipos e tratamiento de agua, aseguran el funcionamiento seguro de los sistemas.

A nivel Comercial Prime Tech destaca en:

- *Puntos de Venta:* El control de humedad en puntos de venta de frutas y verduras y en pescaderías es muy importante para mantener el producto más fresco, con mejor presencia y reduciendo considerablemente las

pérdidas de peso. Los sistemas de humidificación, incrementan localmente la humedad relativa, el tamaño de gota se ajusta para producir una ligera cobertura o evaporarse completamente sin tocar el producto.



Puestos de fruta y verdura

Con nuestro sistema exclusivo de tratamiento e higienización del agua, podemos certificar y demostrar con análisis independientes que el agua pulverizada está libre de bacterias, aunque la fuente de entrada de agua esté contaminada. Destacan los comercios como los puestos de fruta y verdura, las pescaderías y las zonas de humectación de Cavas y Puros.

- *Hostelería:* Cada vez más instalaciones de hostelería instalan sistemas de refrigeración para exteriores. Refrescar una terraza entre 8 y 10° C con una agradable sensación de frescor es cada vez más demandado por los clientes, que en algunos casos huyen del aire acondicionado. Prime-tech es especialistas y pioneros en soluciones adaptadas a las características de cada

instalación, ofrecen variedad de acabados tipos de pulverizadores que evaporan más o menos agua, que se puedan instalar en sombrillas o toldos, veladores e incluso interiores. Todo esto con garantía de que el sistema no moje ni gotee.



Soluciones especiales para hostelería

- *Zonas Deportivas:* En verano, el exceso de temperatura limita las actividades deportivas en espacios abiertos o cerrados.

El exceso de calor, produce excesiva evaporación y puede dar lugar a conmociones. Estos efectos se pueden reducir y aumentar las horas de actividad reduciendo la temperatura y aumentando la humedad, tanto en canchas como al aire libre.

- *Efectos visuales de niebla:* Se pueden crear efectos visuales en jardines o fuentes, con un agradable y refrescante efecto cascada.



Fuentes: efecto de niebla

Se consigue niebla extremadamente densa con pulverizadores especiales de impacto con menos volumen de agua pulverizada ya que produce gotitas extremadamente pequeñas.

A nivel Grandes Espacios Prime Tech destaca en:

- *Refrigeración de centros de Transporte:* En las estaciones de autobús o metro no es siempre posible climatizar con métodos convencionales las dársenas y andenes, menos aún cuando es al aire libre. Los sistemas evaporativos son fiables y de rendimiento demostrado, descendiendo varios grados la temperatura y eliminando partículas en suspensión. El intercambiador de Avenida de América de Madrid fue pionero con un proyecto de climatización de dársenas con descenso medio de temperatura de 8º C.

- *Refrigeración de Grandes Centros Comerciales Abiertos:* Los centros comerciales abiertos de ocio o tiendas pueden incrementar la afluencia de público durante las horas del día de más calor.

Se pueden estudiar y diseñar soluciones a medida, adaptándose a la estética y gustos de cada centro, con una agradable bajada de temperaturas, siendo un reclamo comercial para público y turistas.

- *Festivales y Exposiciones:* Las dos últimas exposiciones celebradas en España - Expo Sevilla y Expo Zaragoza fueron diseñadas con sistemas evaporativos de refrigeración de espacios.

Prime-tech fue la adjudicataria del concurso de Expo Zaragoza 2008 para refrigeración de las puestas de entrada y pérgola central con una superficie a refrigerar de 15.000 metros cuadrados.

Independientemente de los metros cuadrados, hay una solución evaporativa para Exposiciones y Festivales: sistemas Mist de líneas de pulverización, ventiladores de gran alcance con cobertura unitaria hasta 1700 metros cuadrados o combinación de varios sistemas.

A nivel Particular Prime Tech destaca en:

- 87 -

- *Terrazas y veladores:* Hay muchas soluciones a la climatización de terrazas y veladores. Sabemos que la estética es importante, por tanto se ha añadido al catálogo muchos materiales para poder ofrecerles distintos tipos de tubería: cobre, acero inoxidable, nylon de varios colores, canaletas pintadas, racores cromados, en latón, latón envejecido, etc.

Los grupos de presión pueden instalarse fuera de la terraza o velador y pueden accionarse por mando a distancia.



Terrazas y veladores



Equipos móviles

- *Kits de refrigeración:* Los kits suministran todo el material necesario para una instalación de climatización.

Ideal para particulares y pequeñas instalaciones, se instalan fácilmente por el propio usuario o por algún fontanero local.

En definitiva, ya sea a nivel Industrial, Grandes Espacios, Comercial o particular, los principales productos que ofrece Prime- Tech son los siguientes:

- a) Ventiladores: Ventiladores oscilantes 90° hasta 8000 m³/h con aros de pulverización de 4, 6 y 8 pulverizadores que producen potentes corrientes de aire. Extractores de aire de gran capacidad hasta 42000 m³/h y bajo nivel sonoro. Circuladores de aire para romper la estratificación del aire creando mezclas de humedad homogénea. Ejemplos de esto serían: Ventilador Fog Industrial, Ventilador Industrial Primetech, Ventilador Radial y el Ventilador Mist.



Ventilador Radial



Ventilador Fog Industrial

- b) Sistema Mist: Sistemas de líneas de pulverización con tuberías de Nylon de 1/8" - 1/4" - 3/8" y 1/2" de diámetro exterior para adaptarse a cualquier estructura. Tuberías metálicas en acero inoxidable y cobre de 1/4" - 3/8" diámetro exterior y 12 y 14 mm., diámetro exterior.



Sistema Mist

- c)** Sistema Gigant: Ventiladores oscilantes de gran caudal y giro hasta 320°, con alcance de chorro hasta 26 m con uno o varios anillos de pulverización a alta o baja presión. También sistemas hidráulicos telescópicos para grandes espacios y eventos. Un ejemplo de éste sistema sería la Turbina Elefant.



Sistema Gigant

- d)** Equipos Portátiles: Carros de nebulización con ventiladores oscilantes y aro de pulverización, grupo de presión, cuadro eléctrico para funcionamiento continuo o en ciclos, filtración, estructura carenada y ruedas de transporte.



Equipo portátil

- e) Grupos de Presión: Grupos de presión CE y fabricación europea. Potentes y robustos para trabajo de confianza en cualquier aplicación. Todos los equipos tienen servicio técnico en España y repuestos de todos los componentes. Desde 0.5 a 100 l/min.
- f) Cuadros de Control: Cuadros de control digitales con tarjetas electrónicas para aplicaciones comerciales, sencillas y económicas. Cuadros eléctricos industriales conforme a RBT, ejecuciones especiales con autómatas, variadores y control PID o alternancia de bombas. Aquí tendríamos los temporizadores cíclicos y humidostatos, y los cuadros de control a medida.
- g) Pulverizadores: Pulverizadores Mist desde 0.15 a 0.6 mm con caudal unitario entre 2.5 y 17 l/h.

Pulverizadores especiales de 0.08 y 0.1 mm con corto espectro de pulverización y tamaño de giro inferior a 10 micras. Pulverizadores de impacto para aplicaciones de alta creación de niebla, con tamaño de gota 10 micras. Válvulas antigoteo para todos los modelos con opción de microfiltro de 25 micras reemplazable.

- h) Otros sistemas: Los sistemas evaporativos de pulverización directa en ambiente tiene muy buenos resultados en numerosas aplicaciones, en ciertas ocasiones se puede optar como alternativa otros sistemas: Humectadores adiabáticos de panel, Atomizadores de aire comprimido, Atomizadores de Rotor de alta velocidad.

Otros sistemas



DEVap:

Un equipo de ingenieros norteamericanos ha conseguido desarrollar un sistema de refrigeración llamado DEVap que gasta hasta un 90% menos de energía eléctrica que los aparatos de aire acondicionado actuales y que, además, no contamina.

El DEVap consigue su eficiencia eléctrica gracias a que combina diversos elementos presentes ya en los dispositivos de aire acondicionado, de una novedosa manera. Se espera que pueda comercializarse en cinco años.

Científicos del Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos (NREL) han creado un novedoso sistema de aire acondicionado que podría suponer un ahorro energético de entre el 50 y el 90%, con respecto a los aparatos de aire acondicionado actuales.

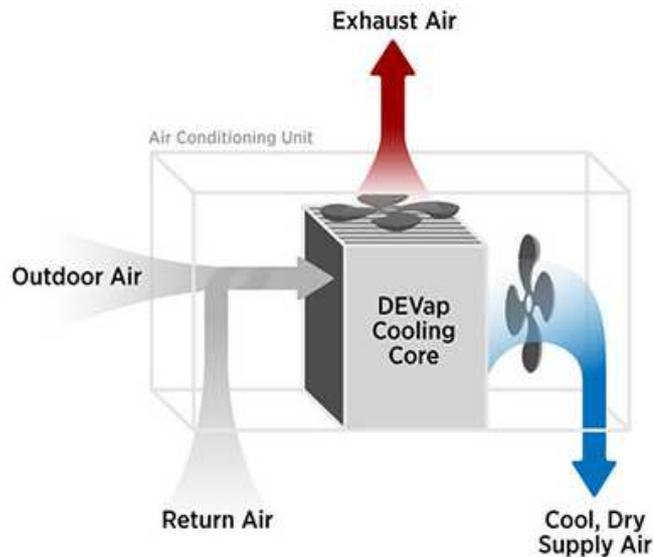
Según publica el NREL en un comunicado, el sistema, bautizado como DEVap (Desiccant-Enhanced eVaporative air conditioner), combinaría elementos propios de los dispositivos de aire acondicionado (como las membranas, la refrigeración evaporativa o los desecantes líquidos) de una forma diferente, hasta ahora no aplicada, otorgando capacidades únicas a las nuevas máquinas de enfriamiento.

Eric Kozubel, co-inventor del dispositivo, afirma que con el DEVap podrían eliminarse gran cantidad de los gases que contribuyen al calentamiento global y que generan los aparatos de aire acondicionado cada año.

Kozubal y sus colaboradores idearon un acondicionador de aire que combina la refrigeración evaporativa con un material que absorbe a su vez el agua, con el fin de proporcionar aire fresco y seco. Este acondicionador de aire por evaporación ha sido mejorado con desecantes líquidos.

El sistema elimina el problema de la humidificación del ambiente que provocan ciertos aparatos de aire acondicionado.

Según se explica en la revista *Technology Review*, esto se ha conseguido gracias a que el aire generado por el aparato se divide en dos corrientes separadas por una membrana de polímero, recubierta con una sustancia parecida al Teflon, cuyo objetivo es repeler el agua líquida. El agua pasa a través de una de estas corrientes de aire, que se vuelve, gracias a ella, fría y húmeda.



DEvap Cooling

A su vez, el aire fresco de esta corriente enfría la membrana de polímero que separa a las dos corrientes de aire. Esta membrana, por último, enfría la segunda corriente de aire, sin añadir agua a ésta: el aire sale así del aparato fresco y sin humedad.

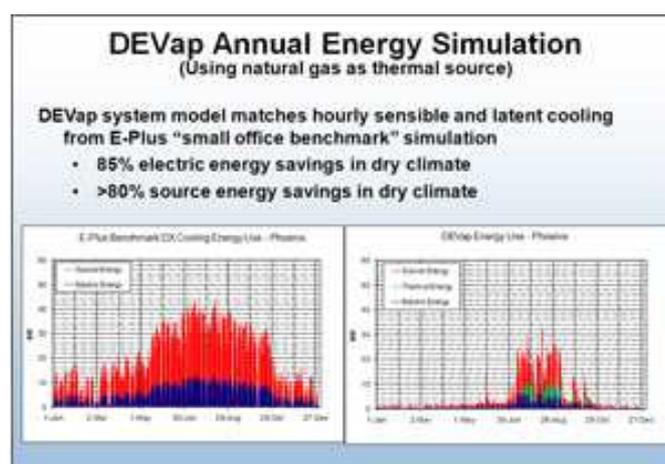
Kozubal afirma que lo novedoso del sistema es que logra combinar la refrigeración evaporativa y el secado desecante en una sola unidad.

Durante décadas se ha demostrado el valor de los desecantes (sustancias que se usan para eliminar humedad del aire) en los sistemas de aire acondicionado.

Los desecantes utilizados por los ingenieros del NREL están compuestos por soluciones salinas acuosas altamente concentradas de cloruro de litio o de cloruro de calcio. Estas soluciones hacen que los aparatos generen un aire muy seco.

Por otra parte, las membranas utilizadas en el sistema DEVap son hidrofóbicas, una propiedad que permite que dichas membranas "controlen" los flujos de líquido en el interior del dispositivo de enfriamiento.

Con el sistema creado, el aire es enfriado y secado a partir de su condición húmeda inicial en un solo paso, que dura tan sólo una fracción de segundo. De esta forma, el aparato regula sobre la marcha tanto los niveles térmicos como los de humedad.



Gráficos que muestran el ahorro usando DEVap en un clima seco y cálido.

Usando gas natural como fuente de energía.

El DEVap podría ayudar a cuidar el medio ambiente por varias razones. En primer lugar, la que mencionamos inicialmente: este sistema requiere de un gasto energético entre un 50 y un 90% menor que los actuales aparatos de aire acondicionado, que emplean gran cantidad de electricidad para hacer que funcione el ciclo de refrigeración.

El dispositivo creado por los ingenieros del NERL sustituye dicho ciclo de refrigeración por un ciclo de absorción que se activa térmicamente y que puede ser alimentado por gas natural e incluso por energía solar, por lo que requiere muy poca cantidad de electricidad.

Por otro lado, dado que el DEVap utiliza soluciones salinas y no refrigerantes en su procesamiento del aire, se eliminarían de estos sistemas los **(CFCs)** (derivados de los hidrocarburos saturados) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) que llevan los sistemas de refrigeración corrientes.

Teniendo en cuenta que medio kilo de CFCs contribuye tanto al calentamiento global como casi una tonelada de dióxido de carbono, y que un aparato de aire acondicionado corriente puede llevar unos seis kilos de CFCs, se comprende hasta qué punto el sistema DEVap conviene, desde un punto de vista ecológico.

El NREL ya ha patentado el concepto DEVap, y Kozubal espera que en los próximos años estén ya desarrollados dispositivos más pequeños y sencillos que lo incluyan.

Tal vez en un lustro, el sistema esté listo para su comercialización. La idea es que, a partir de entonces, comience a reemplazar los sistemas existentes sin necesidad de muchos cambios, con una aplicación progresiva a medida que las personas renuevan sus aparatos de aire acondicionado antiguos.

4. REFRIGERACIÓN RADIANTE

4.1. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN POR AGUA QUE EXISTEN EN LA ACTUALIDAD. REFRIGERACIÓN RADIANTE.

Se enumeran las empresas que actualmente tienen su oferta en los sistemas de refrigeración radiante por agua, destacando la gama de productos de cada una de ellas. Estas son: Cliber y Conferer.

CLIBER

Es una empresa cuyo objetivo es el de alcanzar el liderazgo tecnológico en el marco de la distribución de sistemas de Calefacción, Climatización, Agua Caliente Sanitaria, Regulación y Energías Renovables, con presencia en toda la geografía española.

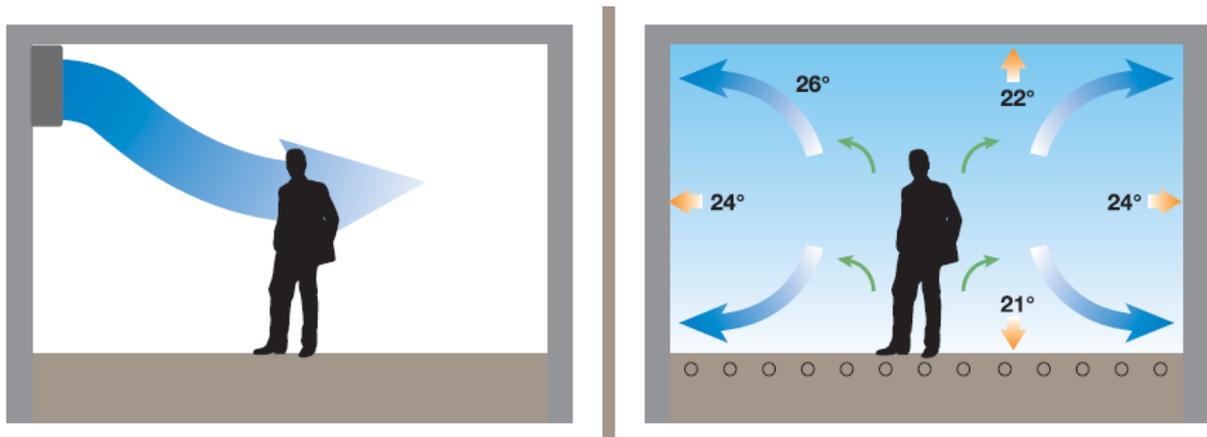
Podemos dividir los sistemas de refrigeración en dos puntos principalmente:

a) Refrigeración por suelo radiante: Los modernos sistemas de calefacción por suelo radiante a baja temperatura CLIBER-RDZ, emplea el agua que circula por una red de tuberías de polietileno reticulado de alta calidad, situadas por debajo del pavimento.

La difusión del calor en el ambiente se produce principalmente por radiación, solución que permite aumentar la sensación de confort y reducir el consumo de energía.

Gracias a los sistemas de termorregulación CLIBER-RDZ, es posible ajustar en todo momento, el rendimiento del sistema de acuerdo con las necesidades reales y con los cambios climáticos, siendo el resultado un control total de los parámetros de confort y un bajo coste de funcionamiento.

El sistema de suelo radiante CLIBER-RDZ, además de ser considerado como el mejor sistema de calefacción para el invierno se utiliza desde hace años con excelentes resultados para el verano en modo de refrigeración, haciendo pasar agua fría por la red de tuberías y obteniendo un sensación de confort inigualable.



Obtención de temperaturas uniformes en comparación con los sistemas de climatización por aire.

En la calefacción por suelo radiante la difusión del calor se produce a través de la superficie del suelo, siendo la diferencia de temperatura entre el suelo y el ambiente muy pequeña, con lo que evitamos los molestos movimientos convectivos en el aire.

El agua que sale de la caldera a una baja temperatura, entra en el serpentín de tubos situados por debajo del pavimento y cede el calor por conducción a este. A su vez el pavimento cede calor al ambiente y a las personas por radiación

Una radiación adecuada y controlada, una distribución uniforme de la temperatura y la baja velocidad del aire, hacen que el calor se transmita ambiente donde las personas viven y trabajan.

Modernos sistemas de termorregulación le permiten ajustar el rendimiento de acuerdo con las necesidades reales y a los cambios climáticos, lo que permite los más altos niveles de confort combinado con menores costes de explotación

Para finalizar, son los modernos sistemas de termorregulación, los que se encargan de ajustar en todo momento el rendimiento del sistema de acuerdo con las necesidades reales y con los cambios climáticos, siendo el resultado un control total de los parámetros de confort y un bajo coste de funcionamiento.

Las principales ventajas del suelo radiante las podemos enumerar en:

- *El sistema más confortable:*

La calefacción por Suelo Radiante a baja temperatura, es el que más se aproxima al sistema IDEAL de calefacción que percibe el cuerpo humano.

Conseguimos una temperatura uniforme en toda la superficie de la vivienda, desapareciendo las zonas frías y calientes, manteniendo el grado de humedad relativa del ambiente.

- *Economía y Ahorro de Energía:*

Contrariamente a los sistemas de calefacción por radiadores, que necesitan una temperatura media del agua de 80°C, con el sistema de suelo radiante a baja temperatura CLIBER-RDZ es suficiente una temperatura media del agua de 40-45°C, con lo que se ahorra una cantidad importante de energía de hasta un 15% frente a los sistemas tradicionales.

- *Estética e Higiene:*

La calefacción por suelo radiante a baja temperatura, elimina el problema del movimiento del polvo y la suciedad en el aire contribuyendo a la salubridad de los ambientes y manteniendo la humedad natural.

Además no ocupa espacio (como los radiadores), ya que su instalación se realiza en el suelo constituyendo el elemento calefactor más importante y discreto, además de aportar una libertad total en la planificación del espacio interior.

- *Refrescamiento en Verano:*

El sistema de calefacción y refrigeración por suelo CLIBER-RDZ, es posible climatizar los ambientes en todas las estaciones, ya que es un sistema reversible.

Se puede convertir en un sistema de refrigeración por suelo conectándolo a un sistema de enfriamiento de agua, absorbiendo entonces el calor cuando la temperatura ambiente es superior a la del suelo.

El suelo radiante lo podemos ver en cualquier tipo de ambiente, tanto a nivel residencial, industrial, obra nueva o rehabilitación:

- En viviendas, tanto individuales como colectivas.
- En edificios colectivos: oficinas, fábricas, colegios, guarderías infantiles, residencias de ancianos, iglesias, etc.
- En complejos deportivos: gimnasios, pistas de tenis cubiertas, piscinas, polideportivos, etc.
- En industria: como sistema de climatización integral
- Al aire libre, como anti-hielo en parking, zonas peatonales, rampas de acceso, escaleras.

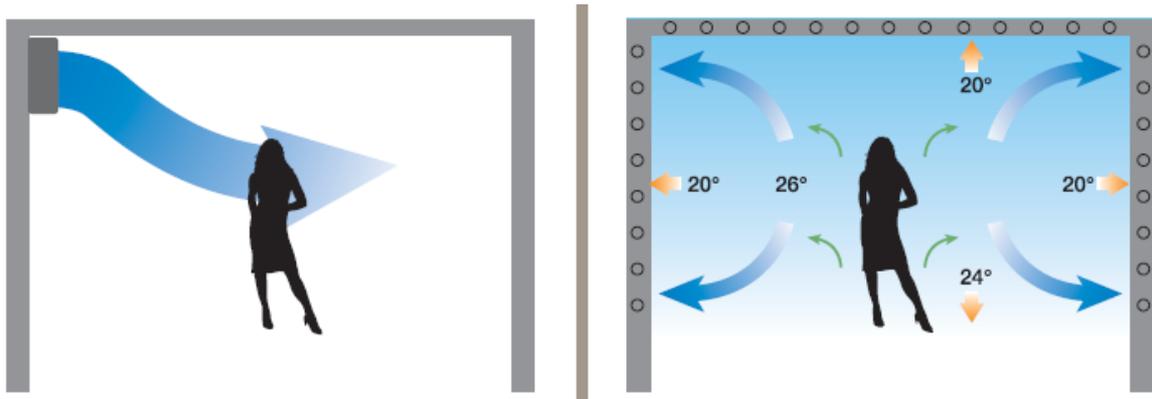
Las instalaciones de suelo radiante, son particularmente aconsejadas en ambientes de edificios con grandes alturas, ya que la radiación caliente sólo la altura de una persona, evitando así que el calor se desperdicie estratificándose en las partes altas.

b) Refrigeración por pared y techo Radiante:

B!KLIMAX de CLIBER-RDZ es un sistema completo y muy innovador, de bajísima inercia térmica para calefactar y refrescar el ambiente por medio de las paredes o el techo.

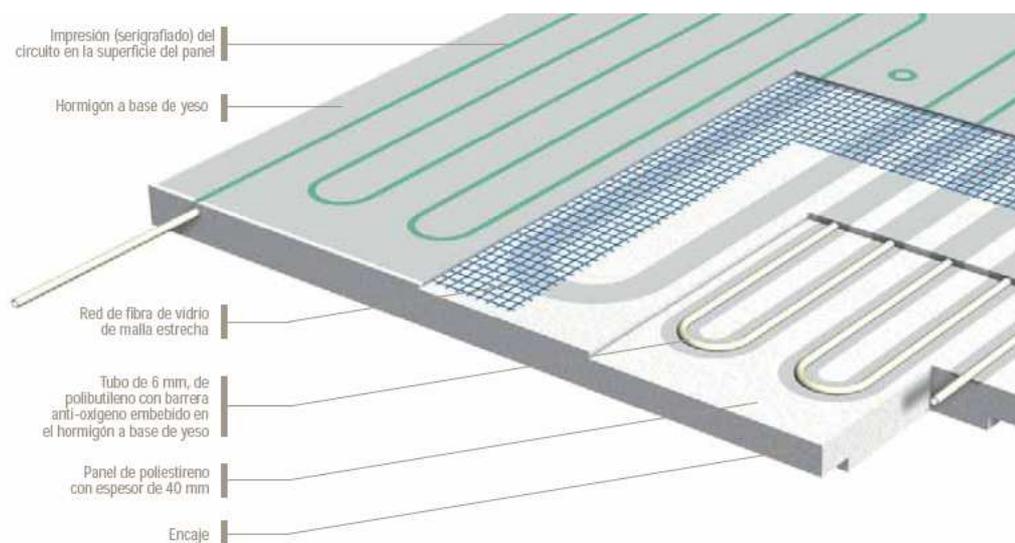
El sistema B!KLIMAX aprovecha la capacidad de las grandes superficies (paredes y techo) para el intercambio de calor o frío, por medio de la radiación al medio ambiente y las personas. Con este sistema, el cuerpo humano equilibra a la perfección los intercambios de temperatura con el ambiente, con el consiguiente aumento en el nivel de confort.

Gracias a la distribución uniforme de calor y frío, B!KLIMAX, se impide la formación de molestas corrientes de aire, eliminando el problema de la circulación de polvo y las impurezas aire, con resultados satisfactorios especialmente en entornos en los que es esencial mantener un estado de comodidad en cualquier época del año.



Eliminación de las corrientes de aire que se producen con otros sistemas de climatización

El corazón del sistema B!KLIMAX, es el panel radiante, construido en poliestireno con una densidad de 30 Kg / cm y un espesor de 40 mm, con una moldura especial para evitar puentes térmicos. El panel esta moldeado para alojar en su interior las tuberías de PB de 6 mm de diámetro con barrera antióxígeno. El panel y las tuberías insertadas en el mismo, son revestidos por una capa de yeso y fibra reforzada, para aumentar el rendimiento térmico.



Panel Radiante

La distribución del fluido térmico parte del colector MAXI pasando a través de los "distribuidores" secundarios que son los encargados de alimentar de fluido térmico todos los paneles radiantes de la instalación.

El sistema radiante B!KLIMAX, es óptimo para funcionar tanto en invierno como en verano, ofreciendo el máximo rendimiento cuando se combina con una regulación específica y una deshumidificación adecuada.

Las principales ventajas que presenta este sistema son:

a) *Confort y ahorro de energía:*

B!KLIMAX es sinónimo de comodidad. La distribución uniforme de calor y frío, transmitida desde el techo y las paredes por radiación, asegura una distribución homogénea de la temperatura en el ambiente, sin la molesta presencia de movimiento de aire frío.

B!KLIMAX es un sistema de baja temperatura, lo que permite ahorros considerables en los gastos de funcionamiento y permite el uso de energías renovables.

b) *Higiene y estética:*

La ausencia de movimiento convectivo del aire, elimina el problema de la circulación de polvo y las impurezas del aire, ayudando a aumentar la salubridad de los ambientes.

Además asegura la máxima libertad de decoración y le permite utilizar todo el espacio disponible, ya que el sistema B!KLIMAX está integrado de manera invisible en techos y paredes.

c) *Baja inercia térmica*

A pesar de ser una instalación radiante con una gran superficie de intercambio, B!KLIMAX, tiene una muy baja inercia térmica, cosa que permite gestionar la instalación en diferentes fases horarias, como una instalación de aire.

d) *Fácil instalación y libertad de acabados.*

La modularidad del sistema y la reducción del número de componentes, permite una rápida y simple instalación.

Los paneles B!KLIMAX pueden ser cubiertos con todo tipo de materiales: yeso de todo tipo, pladur, azulejos o baldosas, ya sea con pegamento o cemento.

Este sistema puede ser utilizado en la mayor parte de los entornos ya que es un sistema innovador y versátil, es ideal para entornos en los que es esencial mantener un estado de confort en todas las temporadas. Por lo tanto, es particularmente adecuado para los edificios del sector terciario (oficinas, tiendas, centros comerciales, hospitales, hogares de ancianos, comunidades, salas de reuniones, salas de exposiciones...), así como para la vivienda y la reforma.

B!KLIMAX difiere de los sistemas de suelo radiante por dos características principales: la muy baja inercia térmica y altos rendimientos. Baste señalar que, en verano podemos obtener potencias en refrigeración de 70 a 100 W / m² en función del tipo de recubrimiento de superficie.

CONFENER

Es una empresa con más de 30 años de experiencia y un continuo proceso de investigación son pioneros en innovación y aplicación de nuevas tecnologías, así como en la utilización de sistemas y energía alternativas.

CONFENER es pionera en nuestro país en la aplicación del sistema de suelo radiante por tuberías de polietileno reticulado con agua caliente a baja temperatura.

CONFENER realizó las primeras instalaciones por el sistema de suelo radiante a principios de los años 70, con tuberías de acero estirado, ante las dificultades burocráticas que ofrecía la dictadura del General Franco para la importación de tuberías de polietileno reticulado de los países escandinavos.

La calefacción por suelo radiante fue diseñada y aplicada por los romanos en sus viviendas habituales.

Posteriormente ha convivido en la meseta castellana como las llamadas "glorias" de alta aceptación como sistema tradicional de calefacción.

En la actualidad CONFENER es pionera en nuestro país en la aplicación del sistema de suelo radiante *FRÍO-CALOR* irradiando calor y frío a

baja temperatura, desarrollando un proyecto de I+D en colaboración con el A.D.E. (Agencia de Desarrollo de Castilla y León).

El sistema de calefacción por suelo radiante ha sido altamente desarrollado desde 1960, cuando determinados países del norte de Europa, ante la necesidad continua de encontrar los mejores métodos de generar calor, dieron con un sistema limpio, eficaz y duradero que poco a poco fue ganando posiciones entre los sistemas de calefacción existentes.

Entre esos países fueron especiales protagonistas los países Escandinavos y Centroeuropeos (con Alemania y Suecia a la cabeza) dado su carácter marcadamente innovador unido a su peculiar climatología fría.

En la actualidad el 60% de todas las instalaciones de calefacción que se realizan en la Europa Occidental se hacen con el sistema de suelo radiante con agua caliente a baja temperatura, y el sistema sigue creciendo en aceptación.

Este sistema de calefacción, tan extendido en otros países europeos, está alcanzando ya en España unas cuotas de mercado importantes pues se ha comprobado con éxito su funcionamiento a lo largo de 4 décadas de instalaciones realizadas.

Este tipo de sistema va dirigido principalmente a:

- Viviendas: más de 2.000.000 de m² instalados en suelo radiante desde 1972.
- Hoteles y residencias: la residencia más grande realizada con el sistema suelo radiante *frío-calor* se realizó para las Hermanitas de los Pobres (15.000 m² calefactados en Alcázar de San Juan -Ciudad Real)
- Iglesias: los ahorros energéticos en éste tipo de edificios son máximos debido a las características del sistema de suelo radiante, siendo uno de los primeros usuarios de este sistema el Arzobispado de Madrid.
- Colegios y guarderías
- Locales comerciales y grandes estancias: grandes o medianas superficies dedicadas a la exposición comercial o estancias de clientes.
- Industrias: locales calefactados dedicados a la actividad industrial.



Instalación en viviendas



Instalación en grandes superficies: carpas

Las ventajas frente a otros sistemas las podemos enumerar de la siguiente manera:

1- Mejor confort:

El suelo radiante brinda confort a baja velocidad de aire (1,5 m/s), porque calienta por radiación sin levantar polvo ni microorganismos. No seca

el aire ni las mucosas nasales, y mantiene los pies calientes mientras respira aire fresco.

Mantiene una temperatura uniforme. Tendrá la misma temperatura en toda la estancia, evitando zonas de excesivo calor, y zonas típicamente frías.

2- Mejor aislamiento:

A la instalación se le aporta un aislamiento adicional que mejora de manera notable los parámetros del aislamiento térmico e incluso acústico.

3- Menor consumo:

El ahorro energético medio en una vivienda es de aproximadamente el 20% frente a la calefacción por radiadores.

Para una misma sensación térmica, la temperatura ambiente media de un local es inferior si se calefacta por suelo radiante a si se calefacta mediante radiadores, convectores de aire, etc.

Al calefactar mediante otros sistemas, la temperatura de las zonas elevadas del local es mayor (temperatura no sentida por el usuario).

Esto origina un desperdicio de la energía y con ello un aumento de la factura de combustible. Otro importante factor de ahorro energético lo

constituye la disminución de pérdidas de calor en caldera y en las conducciones debido a la menor temperatura del agua de impulsión y retorno.

4- Estética y limpieza:

Al no existir aparatos de calefacción en la casa (radiadores, fan-coils, etc.) la estética resulta beneficiada, pudiendo aprovechar toda la superficie de las dependencias. Es un sistema de calefacción que ofrece una total libertad de decoración de interiores.

Se diría que es una "calefacción invisible".

5- Bajo mantenimiento:

La instalación está libre de mantenimiento alguno desde el día de su puesta en marcha (no hay que pintar ni purgar ni realizar ninguna otra tarea periódica). El tubo de polietileno que se usa es prácticamente indestructible y no se ve atacado por corrosión ni por dilatación, y, al estar empotrado en hormigón, tampoco es atacado por golpes.

6- Precio:

El suelo radiante es competitivo frente a otros sistemas, considerando:

- La seguridad y larga duración
- El ahorro energético
- El mayor grado de confort obtenido
- El aislamiento adicional aportado
- El bajo o nulo mantenimiento

Por todo esto, es el sistema recomendado por la Organización Mundial de la Salud.

La pregunta que podemos hacernos es la siguiente: ¿realmente cómo funciona el suelo radiante?, lo podemos responder de la siguiente manera:

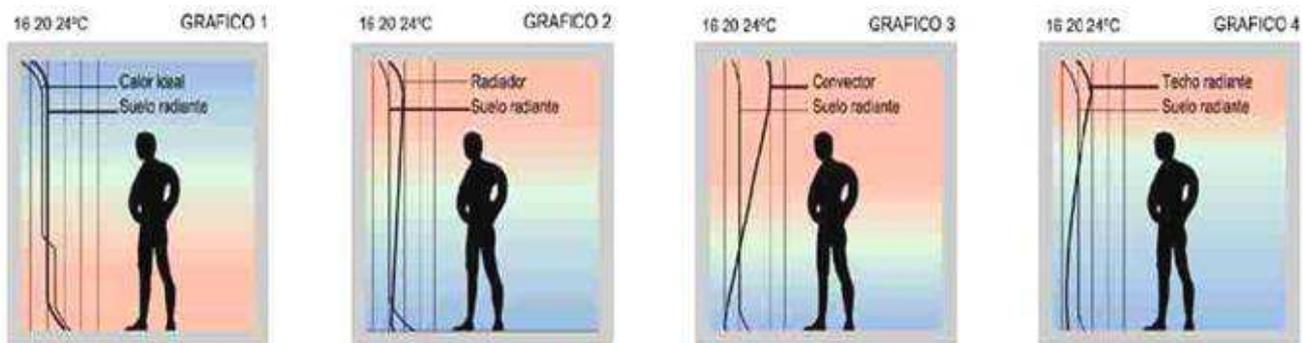
El suelo radiante es un sistema de distribución del calor (mediante agua caliente distribuida por tuberías enterradas en el suelo de su vivienda) adaptable a cualquier fuente de energía, basado en un concepto antiguo de calefacción: "Pies calientes y cabeza fría".

En una instalación de suelo radiante, el tubo transportador de agua irradia calor a través del suelo, calentando a las personas y el aire que hay en la habitación, consiguiendo las mejores condiciones de confort.

El calor se mantiene en la parte baja, y no en el techo, o perdiéndose cada vez que alguien abre una ventana o una puerta. El suelo radiante es confortable incluso en los lugares que tradicionalmente suelen estar fríos con los métodos convencionales, pues, al estar instalado debajo del suelo de toda la estancia, el calor y la transmisión de éste, es uniforme.

La temperatura del agua que circula por los tubos está comprendida entre 35 y 45° C; la superficie del suelo se mantiene entre 20 y 28° C y el ambiente entre 18 y 22° C.

Podemos verlo con los siguientes gráficos:



Hay que tener en cuenta, que el sistema de refrigeración por suelo radiante es una novedad en el sector de las instalaciones climáticas que permite calentar y refrescar con el más natural de los sistemas: *la irradiación*.

Las instalaciones de suelo radiante aseguran el mejor bienestar en invierno proporcionando calor radiante a baja temperatura, pudiendo utilizarse en verano con la misma eficacia para obtener frescor radiante.

Hasta hace bien poco, a la hora de climatizar en el sector terciario sólo se pensaba en términos de aire acondicionado, lo cual generaba diversos problemas (corrientes frías, transporte de impurezas, catarros...)

La refrigeración por suelo radiante permite disfrutar de un frescor sano gracias a la gran tendencia que tiene el cuerpo humano para intercambiar calor con el entorno que lo rodea.

Disponer de superficies con temperaturas elevadas en invierno y bajas en verano nos da ese entorno ideal donde podemos conseguir, fácilmente, una condición de bienestar y con ahorro de energía.

Con ahorro de energía porque para una misma sensación térmica de 20° C en el ambiente, los radiadores deben trabajar con agua a 80° C, mientras que el suelo radiante trabaja con agua a 45° C. Como es lógico, el ahorro más inmediato se produce en esa energía que no usamos para seguir subiendo la temperatura del agua.

Del mismo modo se puede valorar el comportamiento en verano. Si el suelo se mantiene a 19° C porque se ha refrescado mediante el agua del suelo radiante, la temperatura media del ambiente se convierte en 25,5° C

Es una sensación que con el aire acondicionado se consigue a base de mover grandes flujos de aire, debido a la limitada capacidad del aire para transportar calor.

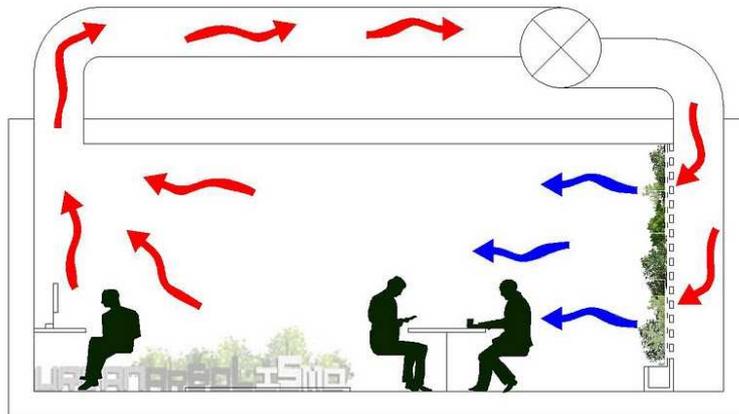
El principio sobre el que actúa el suelo radiante es distinto, es la *irradiación*. No precisa de ningún medio físico para propagarse, con lo que con poca energía somos capaces de mantener su acción. A diferencia del aire acondicionado, que para ser efectivo ha de estar continuamente moviendo el aire (si apagamos el aire, deja de haber frío), el suelo radiante por agua, en cambio, sólo ha de mantener una temperatura de funcionamiento (aún apagado sigue actuando, y las máquinas no han de estar de continuamente calentando o enfriando el agua).

5. LA VEGETACIÓN COMO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

Tradicionalmente la vegetación en arquitectura se ha utilizado como elemento decorativo o para recrear fragmentos de naturaleza de una manera controlada, sin embargo, la vegetación como sistema de refrigeración es un concepto relativamente moderno que ya se ha usado con éxito en distintas actuaciones, como ya se ha visto por ejemplo en La Alhambra o en la Expo '92. Una de las empresas que están apostando fuerte por la vegetación y todas sus características es Urbanarbolismo.

La funcionamiento de este sistema se podría resumir de la siguiente forma. Las plantas evaporan agua para disminuir su temperatura y hacer frente al calor, en este proceso no sólo se refrigeran a si mismas sino que también enfrían su entorno. La vegetación posee una gran capacidad para refrigerar el ambiente: un haya adulta (*fagus silvatica*) tiene una potencia de refrigeración de 1000 megajulios/día, cada litro de agua evaporada por la vegetación produce 2300 kj (0.64kWh) de enfriamiento. La capacidad del hombre para aprovechar esta energía ha sido limitada dado que la mayor parte de la refrigeración producida por la vegetación no repercute en la climatización de la arquitectura y se pierde. Existen distintos sistemas que permiten canalizar esta energía para que repercuta en el confort de los usuarios de los edificios.

Urbanarbolismo ha lanzado al mercado un nuevo sistema de fachada vegetal que refrigera y purifica el aire: *el aire acondicionado vegetal*.



El sistema es sencillo, el aire se recircula a través del sistema de ventilación y se devuelve a la habitación a través de la fachada vegetal pasando a través del sustrato plantado y de la vegetación.

El aire acondicionado obtenido mediante un jardín vertical presenta una serie de ventajas:

1) *Economía.*

Si utilizamos un aparato de aire acondicionado convencional para producir 1Kwh de refrigeración los sistemas convencionales consumen 0,5 Kwh de electricidad que a precio de mercado son 0,92 euros.

Aire acondicionado convencional 1Kwh = 0,92 euros

Utilizando el jardín vertical como sistema de refrigeración por evaporación de agua, cada litro evaporado produce 0,64Kwh, si tomamos como referencia el agua más cara de España: Alicante – 3'2 euros/m³ obtenemos que cada 1Kwh nos cuesta 0,005 euros. A esto tenemos que sumar el consumo de la iluminación del jardín vertical, la bomba de agua y la ventilación aproximadamente 0,085kWh = 0,16 euros.

*Aire acondicionado vegetal 1Kwh = **0,16 euros***

2) Sostenibilidad.

Gastar agua para refrigerar es mucho más sostenible que gastar energía. Una desaladora utiliza 0,88 kWh para desalar 1 m³, tomando esto como unidad de conversión agua-energía y 1 m³ en el sistema de aire acondicionado vegetal produce 640kWh de refrigeración, la eficiencia energética es 300 veces mayor que la de un aire acondicionado convencional.

3) Calidad ambiental

El aire al pasar a través el sustrato entra en contacto con las raíces de las plantas, las especies de la fachada han sido seleccionadas para que absorban los contaminantes producidos por los distintos elementos de mobiliario y construcción del inmueble: formaldehído, benceno, xileno, monóxido de carbono y tricloretileno. Más arriba en este artículo se pueden

consultar los distintos objetos que producen estas sustancias. Por ello, el sistema está especialmente recomendado para oficinas donde hay gran cantidad de aparatos que emiten esta clase de contaminación.

4) *Sistema bio-regulado.*

Dado que se trata de un sistema basado en la evaporación de agua y en la evapotranspiración de la vegetación la cantidad de refrigeración que produce se autorregula en función de la temperatura del recinto; es decir, las plantas evaporan más agua cuando hace más calor, de esta manera mantienen constante su temperatura y la temperatura del ambiente que las rodea. Este método regulación térmica es mucho más beneficioso para los usuarios del inmueble que un sistema de aire acondicionado tradicional.

10. CONCLUSIONES

La hipótesis con que se trabaja esta tesis es que "este sistema de refrigeración pasiva usando el agua es adecuado para climas subtropicales, con baja humedad como el área del Mediterráneo".

Y así se ha comprobado durante la descripción de cada uno de los sistemas aquí expuestos. Tanto la refrigeración evaporativa como la refrigeración vegetativa, tienen la base de la "evaporación" del agua (aunque a veces se usen las "gotas" de agua), por lo que indudablemente el aire aumenta su humedad relativa. Depende de los sistemas, a veces incluso se recomienda el uso de sistemas deshumidificadores. Por todo esto, no se pueden usar estos sistemas en climas con alta humedad, ya que se llegaría a la saturación. Es adecuado sólo para climas calurosos y con baja humedad.

11. BIBLIOGRAFÍA

- "La problemática global del agua", (www.monografias.com), Visitada en Septiembre del 2010.
- "Diseño en climas cálidos", Allan Konya. Impreso en España, 1981. Blume Ediciones. Serie Energía, Clima, Diseño.
- "Arquitectura solar", FisicaNet (www.fisicanet.com.ar), Visitada en Septiembre del 2010.
- "La construcción doméstica. La casa árabe". Colecciones @ditorial, Escuela de Arquitectura Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <http://editorial.cda.ulpgc.es>. Visitada en Octubre del 2010.
- "Características de la arquitectura islámica". Colecciones @ditorial, Escuela de Arquitectura Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. <http://editorial.cda.ulpgc.es>. Visitada en Octubre del 2010.
- "Enfriamiento convectivo en edificaciones", Dr. Eduardo M.González, Instituto de Investigaciones, Universidad del Zulia, Venezuela. IX Maestría de Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible. Sept.-Dic. 2008.
- "Enfriamiento evaporativo en edificaciones", Dr. Eduardo M.González, Instituto de Investigaciones, Universidad del Zulia, Venezuela. IX Maestría de Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible. Sept.-Dic. 2008.

- "Enfriamiento radiativo en edificaciones", Dr. Eduardo M.González, Instituto de Investigaciones, Universidad del Zulia, Venezuela. IX Maestría de Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible. Sept.-Dic. 2008.
- "Enfriamiento conductivo en edificaciones", Dr. Eduardo M.González, Instituto de Investigaciones, Universidad del Zulia, Venezuela. IX Maestría de Energías Renovables: Arquitectura y Urbanismo. La ciudad sostenible. Sept.-Dic. 2008.
- "Espacios abiertos en la Expo '92" (Edición bilingüe), Jaime López de Asiaín. Ed. ETSAS, Sevilla, 1997.
- "Guía básica para el acondicionamiento climáticos de espacios abiertos" José J. Guerra Macho, Servando Álvarez Domínguez, José L. Molina Félix, Ramón Velásquez Vila. Departamento de Ingeniería Energética y mecánica de Fluidos, Universidad de Sevilla, Ed. CIEMAT, Madrid, 1994.
- "Control climático en espacios abiertos" José J. Guerra Macho, Servando Álvarez Domínguez, José L. Molina Félix, Ramón Velásquez Vila, José M. Cejudo López. Departamento de Ingeniería Energética y mecánica de Fluidos, Universidad de Sevilla, Ed. CIEMAT, Madrid, 1992.
- "Control climático en espacios abiertos. Evaluación del proyecto Expo '92", José J. Guerra Macho, Servando Álvarez Domínguez, José L. Molina Félix, Ramón Velásquez Vila, José M. Cejudo López. Secretaría General Técnica del CIEMAT, Madrid, 1995.
- Portal web CONSTRUIBLE.es que es propiedad de Casadomo Soluciones S.L. (www.construible.es). Visitada en Octubre del 2010.

- Empresa COBERTIA (www.cobertia.com), Visitada en Noviembre del 2010.
- Portal web TERRA.ORG (www.terra.org). Visitada en Noviembre del 2010.
- Empresa BIOCOOL Climatización Natural (www.biocool.info/). Visitada en Noviembre del 2010.
- Empresa PRIME TECH (www.primetech.es). Visitada en Noviembre del 2010.
- Empresa CLIBER – sistemas para el ahorro de energía, suelos y techos radiantes (www.cliber.es). Visitada en Noviembre del 2010.
- Empresa CONFENER. Suelos radiantes (www.confener.com). Visitada en Noviembre del 2010.
- TENDENCIAS21, revista electrónica de ciencia, tecnología, sociedad y cultura (www.laflecha.net). Visitada en Noviembre del 2010.
- NREL National Renewable Energy Laboratory (www.nrel.gov). Visitada en Noviembre del 2010.
- La vegetación como sistema de refrigeración (www.urbanarbolismo.es). Visitada en Octubre del 2010.