



DTIE 10.04

PISCINAS CUBIERTAS CLIMATIZADAS
CON AIRE EXTERIOR COMO ÚNICO
MEDIO DESHIDRATANTE

PATROCINA



EDITA



DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN DTIE

DTIE 10.04 PISCINAS CUBIERTAS CLIMATIZADAS CON AIRE EXTERIOR COMO ÚNICO MEDIO DESHIDRATANTE

Perfil del autor:

Pedro Torrero Gras.
Perito Industrial promoción 1958 por la E.P.I de Valencia.
Director técnico de Torrero Ingenieros, S.L.
Miembro del comité técnico de Atecyr.

50 años de Experiencia en:

- Instalaciones frigoríficas industriales para mataderos e industrias cármicas, centrales hortofrutícolas. Secaderos industriales, túneles de congelación y procesos frigoríficos industriales.
- Instalaciones térmicas de vapor de agua para intercambios de calor en reactores, autoclaves, digestores, cocederos, procesos industriales de calor.
- Instalaciones de climatización, calefacción y ventilación.

Publicaciones:

- Planteamiento de las instalaciones frigoríficas en los secaderos de jamón, para la 2ª Jornadas técnicas del frío. Expofrío, abril 1990.
- La refrigeración industrial aplicada a la conservación de los alimentos, para el CPC (Centro para la Promoción de la Calidad), por la cámara de Comercio de Valencia en la década de los 90.
- Climatización de piscinas cubiertas con aire exterior. Mayo 2003.
- Ponencia en las jornadas técnicas de climatización 2005 CLIMAMED, sobre Eficiencias energéticas en centrales agua/agua para instalaciones a cuatro tubos.
- Planteamiento a los proyectos de las instalaciones con riesgo de legionella en edificios residenciales. Noviembre 2005.

RELACIÓN DE MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE ATECYR

Presidente: JOSÉ MANUEL PINAZO OJER

Vicepresidente: RICARDO GARCÍA SAN JOSÉ

Vocales: SANTIAGO AROCA LASTRA
JOSÉ MARÍA CANO MARCOS
ALEJANDRO CABETAS HERNÁNDEZ
MARÍA CUBILLO SAGÚES
JOSÉ FERNÁNDEZ SEARA
ARCADIO GARCÍA LASTRA
FELIPE CEBRIAN QUESADA
AGUSTÍN MAILLO PÉREZ
ANTONIO PANIEGO GÓMEZ
PAULINO PASTOR PÉREZ
PEDRO J. POZO GÓMEZ
JUAN JOSÉ QUIXANO BURGOS
FRANCISCO JAVIER REY MARTÍNEZ
JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ TARODO
ÁNGEL SÁNCHEZ DE VERA QUINTERO
VICTOR MANUEL SOTO FRANCÉS
RAFAEL ÚRCULO ARAMBURU
ALBERTO VITI CORSI
ANTONIO VEGAS CASADO
PEDRO G. VICENTE QUILES
ANTONIO GARCIA LAESPADA
SALVADOR SOLSONA
PEDRO TORRERO GRAS
JOSÉ B. PÉREZ-ALLUÉ
JUAN TRAVESÍ CABETAS
JOSE IGNACIO AJONA

© ATECYR

Edita: ATECYR
Navaleno, 9
28033 Madrid

Producción y realización:
ATECYR

Maquetación e impresión:
GRÁFICAS ELISA, S.L.

ISBN: 978-84-95010-25-4
Dep. Legal: M-33859-2008

* Queda prohibida la total o parcial reproducción del contenido de este documento salvo expresa autorización de Atecyr.

PRESENTACIÓN

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), una entidad sin ánimo de lucro fundada en 1974, agrupa a más de 1.600 ingenieros y profesionales relacionados con los sectores de calefacción, refrigeración, ventilación y Aire Acondicionado.

Los Estatutos que rigen nuestra Asociación definen como sus fines:

- El estudio de la problemática y de la ordenación, reglamentación y protección de las técnicas de calefacción, refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire, frío industrial, fontanería, uso racional de la energía y aquellas otras actividades relacionadas o anexas con las mismas, considerando su particular circunstancia de especialidades en la ingeniería del medio ambiente.*
- La creación, recopilación y divulgación de información científica relacionada con estas tecnologías en España respecto a dichas técnicas, cuyo objeto es el entorno ambiental del hombre y el desarrollo de la misma.*
- Fomentar el interés por el diseño y equipamiento de este entorno, a fin de cumplir mejor su función social.*
- La investigación, realización de estudios y análisis relativos a esta temática, así como la recomendación de planes de actuación.*

Para la consecución de sus fines, ATECYR lleva a cabo una intensa actividad de colaboración con entes públicos y privados como AENOR, mediante la participación en grupos de trabajo para la elaboración de distintas normas; Ministerios de la Vivienda, Ministerio de Industria y Comercio, como miembro de pleno derecho en la Comisión Asesora de Certificación Energética y del RITE, así como asesor técnico en casos de tanta relevancia como la normativa sobre la prevención de la Legionelosis; un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones Provinciales con que contamos; otras asociaciones, como la Asociación de Fabricantes Españoles de Climatización (AFEC), con la que se ha desarrollado un Plan de Calidad para las instalaciones de climatización que pronto será elevado a norma y con la Asociación de Fabricantes de Equipos y Generadores de Calor (FEGECA), así como EUROVENT CERTIFICATION COMPANY y el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros Industriales (CCOII).

En el campo normativo es digno de resaltar la participación en la elaboración del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), publicado en 1998, así como la adjudicación del concurso restringido convocado por el IDAE para la revisión de este mismo reglamento, en diciembre de 2003 y que hoy esta pendiente de aprobación.

Desde el punto de vista internacional es miembro de REHVA, asociación europea que agrupa a las asociaciones de técnicos del sector, y ASHRAE, su homónima americana, con la participación destacada de algunos de sus socios en los órganos de gobierno de las mismas.

En este ámbito, lo más destacado, en los últimos tiempos, es haber promovido, el Congreso Mediterráneo de Climatización CLIMAMED, en el que participan las asociaciones de Portugal, Francia e Italia. La segunda edición tuvo lugar en España en el año 2005, coincidiendo con el certamen CLIMATIZACIÓN 2005, la tercera edición en Lyon, Francia, estando prevista la cuarta edición en Génova, Italia, en septiembre de 2007.

En sus más de treinta y tres años de vida, ATECYR no sólo ha participado en gran número de proyectos, sino que se ha convertido en un referente para todos los técnicos del sector de climatización y refrigeración.

Esto es, en gran parte, debido a la existencia de un grupo de socios comprometidos con los fines de la asociación, que han trabajado y trabajan de una forma desinteresada por mantener el nivel y el prestigio, de alguna forma heredado, evolucionando hacia las nuevas tendencias técnicas, tecnológicas y de mercado.

Una parte importante de este prestigio se debe a la labor del Comité Científico de ATECYR, ahora evolucionado hacia Comité Técnico, compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector y que, de alguna manera, han marcado las tendencias y la forma de hacer las cosas en los últimos años, ya sea desde ATECYR o desde el desarrollo de su actividad profesional.

Como no podía ser de otra manera, el Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde hace años, en la elaboración de una ingente documentación de divulgación científico-técnica sobre temas relacionados con el sector de climatización y refrigeración.

Entre esta documentación, se encuentran traducciones de libros y artículos considerados de interés y bibliografía propia.

Dentro de la bibliografía propia nace la colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DITE) como una respuesta a la necesidad detectada de agrupar y ordenar la información técnica sobre una serie de temas específicos mediante la elaboración de unas guías donde se reúna toda la información que el técnico precisa sobre ese tema para desarrollar su labor.

Se trata de ofrecer al técnico de una herramienta útil para la realización de su trabajo, sin tratar de condicionar su creatividad, incluyendo la última tecnología y tendencias, dejando a su interpretación las cuestiones normativas.

Por definición, el concepto de utilidad va unido inequívocamente a estos documentos, lo que nos ha hecho plantear algunos temas que, lejos de ser netamente técnicos, merecen la atención de nuestros expertos por la repercusión sobre la actividad de nuestros socios, los técnicos del sector. Me refiero a cuestiones de índole jurídico-técnico en los que nuestra actividad nos obliga a ponernos al día.

Como conclusión, esta colección de libros pretende constituirse como guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la climatización y refrigeración, enfocadas a técnicos que trabajen o que tengan inquietudes en este ámbito.

Sólo queda agradecer su aportación a los patrocinadores de estas ediciones, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto.

Jaime R. Sordo González
Presidente

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer al Socio Protector, la empresa SAUNIER DUVAL DICOSA, S. A., por su valiosa colaboración prestada a la edición de este DTIE, pues concedora del proyecto emprendido por ATECYR, para la elaboración de esta colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación, ha decidido subvencionar la presente edición

Serie ATECYR de DTIE - Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación

SERIE 1: Instalaciones sanitarias

- *1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios
- *1.02 Calentamiento de agua de piscinas
- 1.03 Cálculo de redes de distribución de agua sanitaria
- 1.04 Cálculo de redes de evacuación y ventilación

SERIE 2: Condiciones de diseño

- *2.01 Calidad del ambiente térmico
- *2.02 Calidad de aire interior
- *2.03 Acústica en instalaciones de aire

SERIE 3: Psicrometría

- *3.01 Psicrometría

SERIE 4: Tuberías

- *4 01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño. (Edición revisada)

SERIE 5: Conductos

- *5.01 Cálculo de conductos

SERIE 6: Combustible

- *6.01 Combustión
- 6.02 Diseño y cálculo de chimeneas
- 6.03 Redes de distribución de gas, diseño y cálculo

SERIE 7: Cálculo de carga, demanda y consumo

- *7.01 Cálculo de carga y demanda térmica
- 7.02 Cálculo de consumo de energía: simulación de sistema

SERIE 8: Fuentes de energía de libre disposición

- *8.01 Recuperación de energía en sistemas de climatización
- 8.02 Bomba de calor
- *8.03 Instalaciones Solares Térmicas para producción de Agua Caliente Sanitaria. (Edición revisada)

SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire

- *9.01 Tipos de sistemas
- *9.02 Aplicaciones a diferentes tipos de edificios
- *9.03 Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales
- *9.04 Sistema de suelo radiante

SERIE 10: Sistemas de calefacción

- 10.01 Tipos de sistemas
- 10.02 Aplicaciones para edificios residenciales
- *10.03 Calderas individuales
- *10.04 Piscinas cubiertas climatizadas con aire exterior como único medio deshidratante

SERIE 11: Control

- 11.01 Esquemas de control

***SERIE 12: Aislamiento térmico**

SERIE 13: Difusión de aire

SERIE 14: Acumulación de energía térmica

SERIE 15: Salas de máquinas

SERIE 16: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento

SERIE 17: Varios

- 17.01 Análisis económico de sistemas
- *17.02 Responsabilidad Civil del Ingeniero

* Editadas

PISCINAS CUBIERTAS CLIMATIZADAS CON AIRE EXTERIOR COMO UNICO MEDIO DESHIDRATANTE

ÍNDICE

PARTE 1:ELIMINACION DEL VAPOR DE AGUA GENERADO EN EL LOCAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA CONSTANTE.	11
1.1.Mezcla de dos corrientes de aire.	11
1.2.Producción de vapor de agua en el interior del local de la piscina, análisis de los parámetros.	15
1.3.Cálculo del caudal del aire total.	17
1.4.Caudal mínimo del aire exterior.	20
1.5.Cálculo de la humedad específica del aire de descarga para mantener constante la humedad relativa del local	21
1.6.Método práctico para resolver el problema.	22
1.7.Condiciones exteriores límites validas para satisfacer la deshumidificación del local. ...	23
PARTE 2:TEMPERATURA DE DESCARGA PARA EL MANTENIMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL LOCAL.	25
2.1.Planteamiento del problema.	25
2.2.Determinación de las condiciones de descarga de aire del local.	25
PARTE 3:CANTIDAD DE CALOR NECESARIA PARA CONSEGUIR LAS CONDICIONES DE IMPULSION DEL AIRE. POTENCIA DE LAS BATERIAS Y ESTIMACION DE LA ENERGIA DEMANDADA.	30
3.1.Cantidad de calor por unidad de tiempo necesario para calentar o enfriar el aire de impulsión.	30
3.2.Potencias de las baterías de calor.	30
3.3.Demanda de calor, energía demandada.	32
3.4.Estimación de la energía necesaria para el funcionamiento en un año tipo.	32
PARTE 4:RECUPERACION DEL CALOR EXTRAIDO DEL AIRE EXPULSADO, DEMANDA REAL DE CALOR, DEMANDA REAL DE ENERGIA.	35
4.1.Recuperación del calor extraído.	35
4.2.Temperatura de la mezcla de aire con la energía recuperada.	37
4.3.Potencia de las baterías de calor realmente necesarias.	38
4.4.Estimación anual de la energía con recuperador de calor.	38
4.5.Posibilidad de mejora del rendimiento del recuperador mediante un enfriamiento adiabático del aire extraído (exigencia RITE IT 1.2.4.5.2 (2)).	40
PARTE 5:INSTALACION	43
5.1.Instalación con caldera independiente.	43
5.2.Instalación con bomba de calor.	46
5.3.Integración en una instalación centralizada.	48
5.4.Variante con intercambiador de calor según RITE 1.2.4.5.5 (2)	51

PARTE 6:INTEGRACION DE LA ENERGIA SOLAR TERMICA EN EL DISEÑO DE LA INSTALACION .....	.53
6.1.Integración a una instalación de energía solar térmica. ....	.53
PARTE 7:CARACTERISTICAS DE DISEÑO Y CONSTRUCTIVAS DEL CLIMATIZADOR: CONTROL DE LA INSTALACION Y ENERGIA ELECTRICA DE CONSUMO. .....	.55
7.1.Características constructivas del climatizador. ....	.55
7.2.Control del climatizador. ....	.59
7.3.Potencia eléctrica de consumo. ....	.62
PARTE 8:ENFRIAMIENTO DEL AIRE CON PLANTA ENFRIADORA AGUA/AGUA CON RECUPERADOR TOTAL DE LA ENERGIA PRODUCIDA. .....	.63
8.1.Circuito de refrigeración. ....	.63
PARTE 9: CONCLUSIONES .....	.66
1.Cumplimiento total de las normativas vigentes CTE y RITE (RD 1027/2007) y sus normas IT. ....	.66
2.Reducido consumo energético. ....	.66
3.Reducido consumo eléctrico. ....	.66
4.Caudal de aire a la medida de las necesidades garantizando el número de renovación que se proyecta, y el caudal de aire exterior. ....	.66
5.Simplicidad de montaje. ....	.67
6.Mantenimiento sencillo y económico. ....	.67
7.Funcionamiento muy seguro y sin averías. ....	.67
BIBLIOGRAFIA .....	.68
ANEXO 1: EJEMPLO PRACTICO DE CALCULO PARA UNA PISCINA CUBIERTA. .....	.69
Planos de situación. ....	.69
1.Datos. ....	.70
2.Resolución. ....	.75
3.Recuperación del calor extraído. ....	.81
4.Cálculo de las potencias reales. ....	.83
5.Configuración de la instalación. ....	.86
ANEXO 2: HOJAS DE LAS CARGAS DEL LOCAL PARA LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD ESPECIFICA MEDIA DEL AÑO TIPO. .....	.89
ANEXO 3: CALCULO DE LAS MASAS DE AGUA EVAPORADAS (según DTIE 1.02 de D. Alberto Viti) POR EL METODO ASHRAE para el ejemplo nº7. .....	.98
1.Superficie lámina. ....	.98
2.Desde el suelo mojado playa. ....	.98
3.Por el cuerpo de las personas mojadas. ....	.99
4.Masa total evaporada .....	.99

INTRODUCCIÓN

Este documento técnico ha sido realizado como una adecuada herramienta de trabajo, para aquellos técnicos, que por las razones que estimen más conveniente, decidan proyectar la climatización de la piscina cubierta utilizando aire exterior, cómo único elemento deshidratador.

Los cálculos expuestos, y las explicaciones indicadas en este documento, aportan todos los datos necesarios, para que el técnico que las utilice, pueda realizar el proyecto con total seguridad; Aportamos un ejemplo de cálculo completo para mejor orientación.

Se ha pretendido ser totalmente respetuoso con la reglamentación vigente, fundamentalmente en dos aspectos; Reducir la emisión de gases contaminantes de efecto invernadero; y reducir al máximo sostenible la energía térmica necesaria.

Con el deseo de haber contribuido a facilitar y mejorar éste tipo de instalaciones presento éste documento para su mejor uso y manejo.

Valencia, Octubre 2007

El autor
Pedro Torrero Gras

1. ELIMINACION DEL VAPOR DE AGUA GENERADO EN EL LOCAL DE UNA PISCINA CUBIERTA EXTRAYENDO AIRE HUMEDO E INTRODUCIENDO AIRE EXTERIOR SECO, PARA MANTENER EN SU INTERIOR UNA HUMEDAD RELATIVA CONSTANTE

1.1. MEZCLA DE DOS CORRIENTES DE AIRE.

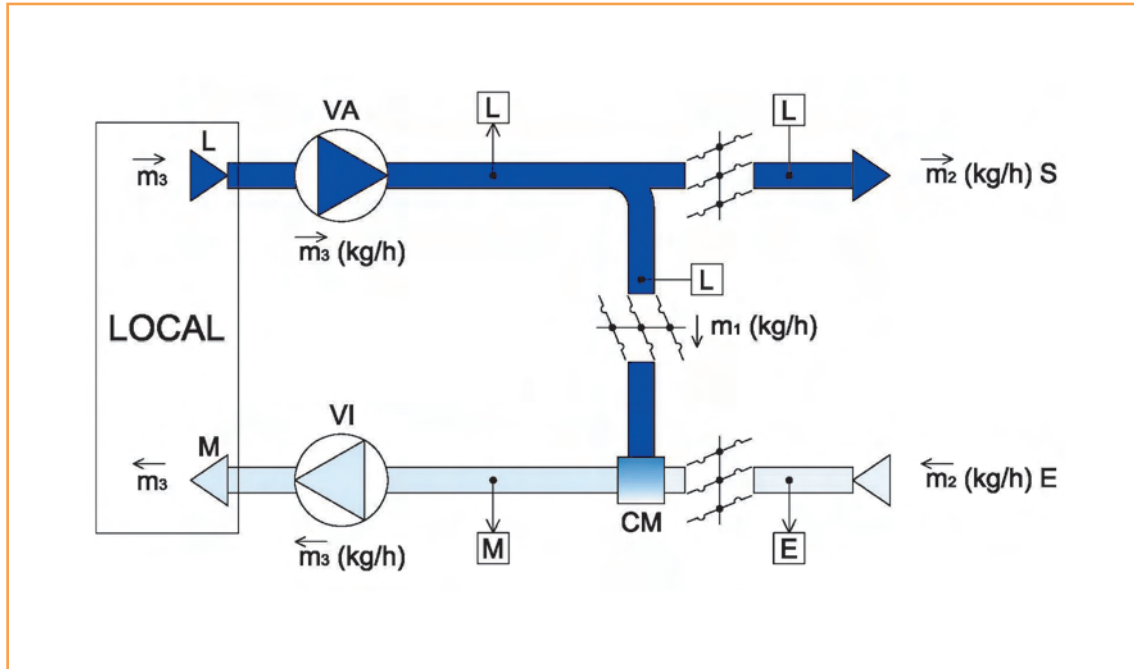


Figura nº1. Esquema didáctico del funcionamiento.

El ventilador VA aspira toda la masa de aire húmedo del local, en las condiciones L (t_L , W_L , t_{hL} , tr_{oL} , HR_L), parte de éste caudal de aire (\vec{m}_2) será extraído y descargado a la atmósfera, y parte de él (\vec{m}_1) será devuelto al local mezclado con una porción de aire (\vec{m}_2) en las condiciones externas atmosféricas E (t_E , W_E , h_E , t_{hE} , T_{roE} , HR_E).

Estudiamos en esta primera exposición las condiciones de la mezcla de aire. (La exposición y desarrollo del problema queda expuesta y explicada con detalle en la DITE 3.01 Psicometría, de J.M. Pinazo).

Resumimos las ecuaciones matemáticas que estudian las condiciones M (t_M , W_M , h_M) de la mezcla de aire. Ecuaciones:

$$m_1 + m_2 = m_3 \quad [1]$$

$$W_M = \frac{m_1 W_L + m_2 W_E}{m_3} \quad (\text{g/Kg as}) \quad [2]$$

$$h_M = \frac{m_1 h_L + m_2 h_E}{m_3} \quad (\text{KJ/Kg as}) \quad [3]$$

Siendo:

m = Caudal másico de aire en Kg/h

$$m = \frac{q}{v}$$

[1a]

q = Volumen másico en m^3/h

v = Volumen específico del aire en las condiciones que se procesa en (m^3/Kg)

W = Humedad específica del aire en $g/Kg_{a.s}$

h = Entalpía del aire en $KJ/Kg_{a.s}$

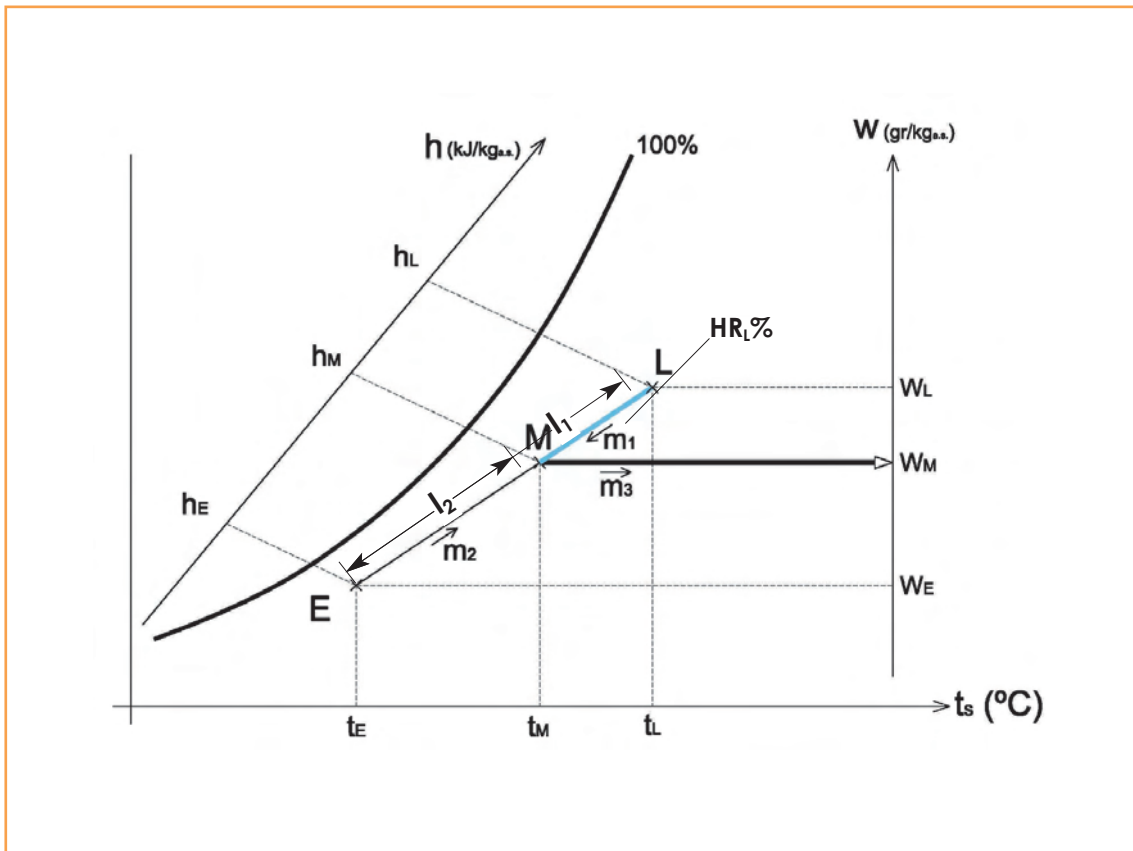


Figura nº 2 Representación de la mezcla de aire en el psicograma.

La explicación del problema, puede resolverse de forma muy aproximada, efectuando la evolución sobre el psicograma ASHRAE (figura nº 2)

Los subíndices y letras indicadas corresponden los siguientes lugares:

L= Del “Local” (y que se corresponden también con las condiciones del proyecto).

E= Del aire atmosférico exterior de “Entrada” al sistema.

M= De las condiciones de la Mezcla de aire del local y exterior.

S= De las condiciones de “Salida” del aire de extracción al exterior.

VA= Ventilador de Aspiración

VI= Ventilación de Impulsión.

Resolución:

Primero-Sobre el psicograma se sitúan los puntos **E** y **L** con **dos** de sus parámetros conocidos (t_E y W_E , y t_L y $HR_L\%$).

Segundo- Sobre la recta que unen los puntos, se sitúa el punto de la mezcla **M** para un “valor calculado” con la ecuación [2] de la humedad específica W_M que deseamos tener.

El punto **M** nos marca sobre el psicograma todos los parámetros de las condiciones del aire que deseamos conocer.

Tercero- Para la determinación de las masas de aire que intervienen en la mezcla, planteamos las siguientes ecuaciones:

$$m_1 + m_2 = m_3 \quad [1]$$

$$m_1 \times l_1 = m_2 \times l_2 \quad [4]$$

La ecuación [4] se establece aplicando la ley de la palanca, siendo l_1 el segmento de la recta (medido sobre el psicograma) \overline{LM} mm y l_2 el correspondiente al segmento \overline{EM} en mm.

Resolviendo dichas ecuaciones conoceremos las masas que intervienen en la mezcla.

Ejemplos prácticos.

Ejemplo práctico1:

Determinar las porciones de aire m_2 y m_1 de aire exterior y recirculando respectivamente, conociendo las condiciones del aire exterior **E**($t_E = + 2^\circ\text{C}/W_E = 4\text{g/kg}$) y las del interior del local **L** ($t_L=28^\circ\text{C}$, $W_L= 14'4 \text{ g/Kg}$); El caudal del aire movido $m_3=20.000 \text{ Kg/h}$, y deseamos que la mezcla se sitúe en una humedad absoluta $W_L= 12 \text{ g/Kg}$.

• Solución analítica:

Aplicando [1]

$$m_1 + m_2 = 20.000$$

Aplicando [2]

$$W_M = \frac{m_1 W_L + m_2 W_E}{m_3} = \frac{m_1 \times 14'4 + m_2 \times 4}{20.000} = 12$$

Resolviendo obtenemos:

$$m_1 = 15.384 \text{ Kg} / h$$

$$m_2 = 4.673 \text{ Kg} / h$$

• Solución sobre el psicograma

$$l_1 = 21'5 \text{ mm}$$

$$l_2 = 70'5 \text{ mm}$$

$$m_1 + m_2 = 20.000 \quad [1]$$