

NATATORIOS

La historia interna

Autores: Lan Xie, Ph.D., Miembro Asociado de ASHRAE, y Kenneth Cooper, Ph.D., Fellow de ASHRAE)

Fuente: ASHRAE Journal Vol. 48, No. 4, April 2006

Traductor: Ing. Florentino Rosón Rodríguez

Nota del traductor

Este artículo me pareció muy interesante por eso me tomé el trabajo de traducirlo. Constantemente hay consultas sobre problemas referidos al control de la temperatura y la humedad en piletas que ya están construidas. Problemas que no son nada fáciles de resolver especialmente después que la obra ya está terminada.

Las piletas internas climatizadas pueden tener varios usos, entre los cuales podemos mencionar: salud, deporte, diversión. Aplicaciones estas que hacen que cada día se construyan más piletas de estas características.

Si bien para climatizar cualquier ambiente se requiere algún trabajo de ingeniería, la climatización de un natatorio es por demás compleja y requiere el conocimiento en profundidad de varios temas interrelacionados como pueden ser: balance térmico, aislación térmica, psicrometría, gradiente térmico, condensación intersticial y superficial, por nombrar sólo algunos de ellos. Existiendo, además un gran campo para el posible ahorro de energía.

En algunos países hay empresas especializadas en el tema que no hacen otra cosa que climatizar natatorios ó prestar el asesoramiento necesarios a los profesionales que trabajan en el rubro, al igual que los equipos, ya que nunca se deberían utilizar equipos Standard como dice el artículo sino equipos especiales. Demás esta destacar la importancia que tienen en este tipo de aplicaciones, los controles electrónicos, que se convierten sin quererlo en los protagonistas de la instalación siendo los responsables del éxito o fracaso del proyecto.

Esperamos que la lectura de este artículo ayude a despejar muchas de las dudas que hay sobre la climatización de piscinas, dejando como conclusión que ante un requerimiento de este tipo, uno debe analizar la materia desde todos los aspectos técnicos mencionados anteriormente ya en la etapa del anteproyecto, asesorándose de ser necesario con profesionales que tengan basta experiencia en el tema.

Es bastante común que los instaladores del sistema de climatización sean convocados cuando la obra ya se ha iniciado, sin un proyecto claro, lo que deriva inevitablemente en improvisaciones que conducen a pobres resultados y lo peor de todo, muy difíciles o muchas veces, imposibles de solucionar.

Ing. Florentino Rosón Rodríguez
Presidente Electo del Capítulo ASHRAE de Argentina

NATATORIOS

La historia interna

(Por **Lan Xie, Ph.D.**, Miembro Asociado de ASHRAE, y **Kenneth Cooper, Ph.D.**, Fellow de ASHRAE)

Cuando camina dentro de un natatorio vistiendo ropa casual, probablemente note que es muy caluroso y húmedo. Si fuese un nadador de 6 años de edad que está divirtiéndose, no es en lo absoluto incómodo. El autor ha escuchado a niños decirle a sus madres, "no tengo frío", cuando se los ve azulados y temblando en natatorios donde la temperatura es de 29°C aproximadamente y la humedad es de al rededor del 60%. Los adultos mayores y la gente en terapia requieren temperaturas de aire más elevadas.

Aún antes de comenzar el diseño inicial, es importante saber por quién y de qué forma la pileta será utilizada. Si será utilizada mayormente por niños, es conveniente que las temperaturas del ambiente se mantengan de 29°C a 30°C - sin importar lo que el dueño pueda llegar a decir. Las piletas terapéuticas necesitan temperaturas aún más cálidas.

Varios tipos de equipos probados se encuentran disponibles y fueron diseñados específicamente para aplicaciones de natatorios. Un equipo de aire acondicionado standard, nunca deberá utilizarse para estas aplicaciones.

En los ambientes de piletas de competición y ejercicio es más probable que se mantengan temperaturas de 28°C, ó inferiores. Esto se efectúa por la recomendación (2003 ASHRAE Handbook - HVAC Applications, pp. 4.6-4.8) de mantener la temperatura ambiente en 1°C sobre la temperatura del agua para ayudar a reducir la evaporación desde la pileta y aumentar el confort de los nadadores que salen de la misma. Esto se discutirá más adelante.

Aunque las condiciones de los espacios residenciales pueden variar, es importante para el diseñador convencer al dueño de la pileta de no mantener las condiciones del espacio en los niveles de confort normal porque algunas personas quieren utilizar sus piletas cubiertas como espacios para realizar fiestas.

Si se requieren condiciones anormales en un natatorio, el diseñador necesita saber cuáles serían las condiciones normales para una selección apropiada del equipo de deshumidificación. Ya que nadie quiere nadar en aguas de 23°C, el rango de evaporación aumentará dramáticamente como resultado del aumento del diferencial de presión del vapor entre el agua caliente de la pileta y el aire más frío.

Tratando con la humedad

El nivel de la humedad relativa en un natatorio normalmente está entre el 50% y 60% durante el año para el confort del ocupante y para mantener niveles razonables de evaporación del agua de la pileta. En temperaturas de ambiente típicas de 28°C a 30°C, la temperatura de punto de rocío del ambiente puede variar entre 16°C y 21°C como se muestra en la *Figura 1*. Esta es mucho mayor que en un edificio acondicionado típico diseñado para 24°C y 50%, donde la temperatura de punto de rocío es de 13°C aproximadamente. En el límite superior de la zona de confort para piletas cubiertas, se encuentra en el aire aproximadamente un 75% más de la humedad que se encuentra típicamente en los edificios acondicionados. El diseñador debe estar atento a este tema y minimizar la condensación en las superficies frías de estos natatorios. Cuestión que no siempre es tan obvia.

Para complicar más el asunto, el calor y el ambiente húmedo no desaparecen cuando la gente se va a la casa. *¡No se puede dejar desprotegida a la pileta durante la noche!* Se sabe que los cobertores de las piscinas disminuyen marcadamente el rango de evaporación *si* se utilizan todo el tiempo. Pero, a pesar de las mejores intenciones de los diseñadores, fabricantes y aún los operadores de las piletas, esos dispositivos no son usados consistentemente durante largos períodos de tiempo. ¿Cómo tiene que actuar un diseñador?

La continua producción de vapor (24/7) se reduce durante períodos desocupados. Mientras que una pileta desocupada genera solamente de 25% a 35% como mucho de vapor de la que produce una totalmente ocupada, la producción de humedad nunca desaparece completamente. Las reducciones de temperaturas nocturnas no pueden utilizarse para una piscina porque disminuyendo la temperatura de ambiente sólo se aumenta el rango de evaporación de la piscina.

Diseñadores y propietarios deben entender que *nunca* se puede apagar el equipamiento de control del ambiente del natatorio.

En general, la circulación continua del aire debe mantenerse las 24 horas del día. Sólo le toma de 20 a 30 minutos a la humedad relativa incrementarse de 80% a 85% si el equipo de deshumidificación se apaga en un natatorio típico. Para ayudar al ahorro de energía, cerrar el aire de ventilación y reducir la carga en el equipo de deshumidificación durante horarios desocupados. También es beneficioso si el equipo acondicionador puede tomar alguna ventaja del aire exterior aún durante los horarios desocupados cuando las condiciones exteriores sean favorables para ayudar al control de la humedad en el espacio interior.

Calidad del aire interior

Debido a los requerimientos para mantener las condiciones de seguridad en la pileta, se utilizan químicos para el control de organismos y productos residuales dejados por los nadadores. Estos químicos, se discutirán luego, pueden contener subproductos libres que ocasionen irritación. Uno de los componentes para mantener el medioambiente en un natatorio es la ventilación.

ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, recomienda un rango de ventilación de 2.4 L/s por m² del área de la pileta y de la superficie cubierta. Los elevados niveles de temperatura y humedad en el natatorio, resultan en cargas de los equipos de deshumidificación y de calefacción diferentes de las aplicaciones normales de aire acondicionado. Si se mantiene la temperatura del ambiente en 29°C, luego cualquier aire exterior que ingrese dentro del ambiente a temperaturas por debajo de los 29°C ayuda a enfriar el ambiente e incrementa la carga de calefacción tan rápido como la temperatura exterior disminuya. Similarmente, cuando la temperatura de punto de rocío exterior se encuentre por debajo de la temperatura de punto de rocío del aire del natatorio, éste puede ayudar a remover el vapor generado por la pileta y los ocupantes. Por supuesto, cuando la temperatura de punto de rocío del aire exterior es superior al del aire del natatorio, el aire exterior ayuda a la carga de vapor.

Introduciendo aire en el lugar adecuado

El *2003 ASHRAE Handbook - HVAC Applications* (pp. 4.6-4.8) recomienda rangos de intercambio de aire que van desde cuatro a ocho cambios de aire por hora dependiendo del uso de la pileta, ocupación y tipo de equipamiento. La experiencia de los autores dice que el diseño del sistema de distribución de aire es más importante que el rango de intercambio de aire. Los autores saben de muchos sistemas con solo tres cambios de aire por hora que se encuentran trabajando perfectamente sin quejas de los propietarios. La distribución apropiada del aire es más importante que la cantidad de aire exterior introducido. Si bien puede parecer más fácil para ahorrar energía el sustituirla utilizando el aire exterior para el control apropiado de los contaminantes, que diseñando sistemas de distribución, el propietario paga por el uso incrementado de energía para siempre.

Es más importante asegurar que el aire acondicionado se dirija donde se lo requiere que asumiendo que él mismo encontrará su propio camino (las flechas dibujadas en la pared no parecen hacer demasiado). Decidir dónde es que el aire necesita estar no es la gran ciencia. Lugares obvios son aquellas superficies que puedan enfriarse, sectores de espectadores y un movimiento suave en la superficie de la pileta.

El sistema de distribución de aire debe diseñarse para que la eficiente deshumidificación y la aceptable calidad de aire dentro de la pileta puedan alcanzarse. Aumentando solamente el caudal de aire del equipo de deshumidificación raramente se resuelven los problemas de condensación ó zonas de aire de baja calidad. A raíz de las altas temperaturas de punto de rocío en un natatorio, existen más lugares donde la condensación puede efectuarse al igual que lugares donde debe haber corriente de aire para mantener la calidad del mismo.

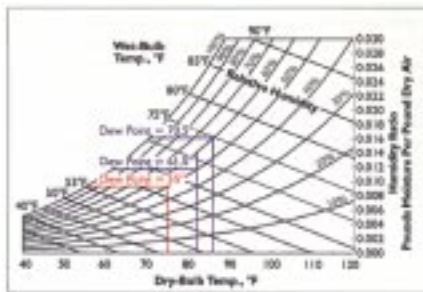


Figura 1: Temperaturas de punto de rocío en natatorios

A continuación se encuentran algunas de las consideraciones para proveer una distribución del aire apropiada:

- **Superficie de la pileta.** El flujo de aire sobre la superficie de la pileta y el área de la orilla debe minimizarse para reducir los golpes de aire sobre los nadadores y reducir el porcentaje de evaporación, el cual aumenta con la velocidad del aire. ¡Sin embargo, no puede encontrarse en cero! Sustancias gaseosas tenderán a

juntarse en la superficie de la pileta si no hay una pequeña y uniforme corriente de aire sobre la superficie. Estos gases a menudo irritan los ojos y pueden incrementar problemas respiratorios. Generalmente, las quejas sobre condiciones insatisfactorias en la pileta son debidas a la inapropiada distribución del aire y el clorito que no está siendo removido de la superficie de la pileta.

Frecuentemente, los diseñadores del equipamiento de deshumidificación son los únicos culpados aunque no sean quienes diseñaron el sistema de distribución de aire. Ya que las aperturas de alimentación pueden encontrarse a una altura que va entre los 4.5 a 9 m de la superficie de la pileta, el diseñador debe ser cuidadoso para proveer un flujo de aire apropiado en la superficie de la pileta. Las correctas ubicaciones del aire de retorno pueden ser de ayuda.

Natatorios: Largas Horas, Concurrencia Variada

Las piletas de natación comerciales pueden ser ocupadas por mucho más tiempo que en los edificios de oficinas. Es bastante frecuente que la pileta abra a las 5 ó 6 a.m. para aquellos nadadores madrugadores, y permanecen abiertas hasta las 10 p.m. ó más tarde para las fiestas de pileta y eventos de competición. Durante las sesiones de práctica, la perturbación del agua con las vueltas carnero que realizan los equipos de natación en sus giros pueden generar un alto porcentaje de evaporación desde la pileta. Sin embargo, pocas personas se encuentran en la pileta muchas veces a lo largo del día. Contrariamente, las piscinas residenciales comúnmente son sólo utilizadas unas pocas horas cada día.

Los diseñadores deben proveer los medios para controlar la temperatura y la humedad del natatorio cuando la pileta está completamente ocupada y con una concurrencia total de espectadores. Sin embargo, la mayoría del tiempo, el nivel de actividad no es ni remotamente tan alta. Esto puede causar amplias fluctuaciones en la carga de humedad que debe ser acomodada por el equipamiento de climatización.

Como la humedad se produce rápidamente cuando la actividad se incrementa, sería útil estimar el tipo y la duración de esa actividad como también la tolerancia del edificio y del personal a la humedad relativa incrementada cuando se tome la decisión de subdimensionar ó no un equipamiento de climatización.

- **Ubicaciones del aire de alimentación y de retorno.** Los altos techos en los natatorios son más frecuentes que en los espacios regulares de oficina. Frecuentemente, los difusores del aire de alimentación ubicados cerca del techo son inadecuados para bajar el aire hacia la pileta y las orillas. Algunas veces el aire de alimentación es introducido a nivel del piso para recubrir las superficies más frías, particularmente en climas donde se requiere un predominio de calefacción. De todas formas, deben seleccionarse las rejillas para la alimentación del aire que provean suficiente corriente para recubrir las superficies de interés.

Aunque puede ser más simple, puede ser un error el localizar los retornos a la misma altura que el aire de alimentación. Los corto-circuitos ocurren cuando el aire de alimentación deja el espacio acondicionado sin mezclarse con el aire ambiente. Esto puede ocurrir de forma inadvertida cuando las aperturas del aire de alimentación y del de retorno no son consideradas cuidadosamente y cuando la corriente desde los difusores de alimentación no es adecuada para distribuir apropiadamente el aire. Es importante ubicar estratégicamente los retornos para minimizar corto-circuitos como también para proveer el movimiento del aire sobre la superficie de la pileta. Ya que el aire de alimentación es distribuido comúnmente sobre las superficies exteriores, los retornos deben ubicarse en las superficies interiores.

Otro problema común es el proveer una ubicación subdimensionada para el aire de retorno. Por supuesto, los retornos se localizan en lugares fuera del paso ya que son ruidosos e impresentables. Además del potencial ruido generado por la alta velocidad del aire, puede causar zonas de aire muerto en el espacio -piense en las esquinas y las áreas de gradas de espectadores al igual que la misma superficie de la pileta. El dimensionar apropiadamente el retorno puede eliminar casi siempre el ruido de aire y reducir la pérdida de presión estática perdida en el sistema de conductos. Una inspección rápida de la pileta de natación demostrará que está llena de lugares abiertos para dimensionar apropiadamente los retornos.

Si nos encontramos con una pileta tibia, hidromasajes ó pileta para niños (a menudo mantiene una temperatura del agua superior), debe localizarse una rejilla de aire de retorno en las cercanías para delimitar el impacto del creciente porcentaje de evaporación. Esta no debe ser la única vía de retorno ya que puede llevar al equipamiento de deshumidificación a sensar de manera engañosa una humedad relativa superior a la que realmente existe. A veces, puede utilizarse un ventilador de expulsión auxiliar para ayudar al control de evaporación desde dichas áreas.

- **Áreas del espectador.** Los espectadores quieren estar frescos y confortables. Ellos no comprenden que no puede mantenerse el espacio de la piscina en una temperatura y el área del espectador a otra temperatura diferente sin ninguna barrera entre los dos espacios. Un manejador de aire auxiliar puede ser utilizado para hacer circular una corriente de aire extra en las áreas del espectador durante los períodos de alta concurrencia. Una atención cuidadosa a las ubicaciones de los difusores del aire de alimentación también puede ser útil.

Por ejemplo, ubicando los difusores de aire de alimentación para que soplen aire seco sobre las caras de los espectadores se logrará que se sientan más confortables. Localizando una rejilla de aire de retorno detrás del área del espectador ayudará a dirigir a la corriente de aire.

- **Vestuarios.** ¡No se dirija allí con el sistema de deshumidificación de la pileta! Los vestuarios deben poseer sistemas de ventilación y de extracción separados. Tenga cuidado con los pasillos abiertos entre la pileta y los vestuarios. La presión negativa dentro del vestuario pueden arrojar aire cargado con clorito dentro del mismo, causando posiblemente corrosión. Es mejor convencer al arquitecto de que es necesaria una puerta.

Tratando con los olores

Existen muchas razones en relación a porqué los olores se producen en los natatorios. La más frecuente es cuando el operador de la pileta falla en mantener apropiadamente la química del agua. Esto puede ser debido a la falta de entrenamiento, falla del equipamiento sanitario, ó la utilización extrema de la pileta con muchas horas de operación sucesivas. Cuando la gente establece quejas por las condiciones del natatorio, estas se refieren por lo general a olores, y no tanto a la falta de humedad ó temperatura.

Los operadores de las piletas comerciales están obligados a evaluar y registrar la calidad del agua por lo menos una vez al día y en los periodos de ocupación una vez por hora. Muchos factores son importantes para mantener la buena química del agua. Solo discutiremos algunos. Los operadores de una pileta comercial deben estar entrenados para mantener todos los parámetros de la pileta.

En los estados unidos, la mayoría de las piletas cubiertas se encuentran purificadas utilizando algún tipo de cloro como por ejemplo, gas de cloro, hipoclorito de sodio y hipoclorito de calcio entre otros. Otros métodos incluyen compuestos de bromo, ozono, plata y yodo.

Cuando se utiliza el cloro, deben mantenerse entre 1 y 3 ppm de residuos de cloro libre. Pues en materia biológica siempre existe en la pileta componentes de cloro combinados (cloraminas) donde el cloro está presente. Las cloraminas son componentes complejos de cloro-nitrógeno liberados desde la superficie de la pileta en forma de gas. Es la evaporación de los productos combinados de cloro lo que causa el olor – no el cloro en si mismo. El Handbook National Swimming Pool Foundation's Certified pool – Spa® recomienda que el nivel de cloro combinado se mantenga por debajo de 0.2 ppm.

A menudo se utiliza un simple detector de cloro que no es muy costoso. Este dispositivo permite al operador el comparar el color de la solución con una cartelera de colores. Si los niveles de cloro combinado son demasiado altos, este dispositivo disminuye su precisión porque la comparación del color se torna más difícil. Existen dispositivos más exactos (y costosos). Sin embargo, muchos operadores de piletas no saben de su existencia ó no pueden costearlos. Una prueba rápida de que la química de la pileta es inapropiada es el notar el olor inmediatamente después de haber ingresado al natatorio. Si se nota la existencia de olor entre los primeros 10 a 20 segundos, es probable que el nivel de cloros combinados sea demasiado alto. Luego de 20 segundos, usted se acostumbrará al olor.

Todas las piletas que poseen un uso significativo requieren ser súper cloradas en algún momento. Cuando el nivel de cloro combinado alcanza los 0.2 a 0.5 ppm, la súper cloración es necesaria. Si la pileta se utiliza intensamente, la súper cloración necesitaría realizarse diariamente. Para realizar la súper cloración de la pileta hace falta que el operador incremente el cloro libre de la pileta como mínimo unas 10 veces el contenido de cloramina medida en la misma. Esto requiere normalmente que el contenido de cloro en el agua se incremente de 8 a 10 ppm.

Le tomará unas cuantas horas a la química de la pileta el retornar a la normalidad. Esto no puede realizarse cuando haya alguien dentro de la pileta por razones obvias. Si esto no se efectúa correctamente y no se alcanza el punto culmine de la cloración, puede en realidad empeorar las condiciones. Para una pileta con un uso intenso abierta desde las 5 a.m. a las 10 p.m. ó más tarde, esto puede presentar un problema. El operador puede no encontrarse presente en el único momento en que puede realizarse la súper cloración.

Las unidades de climatización de los natatorios que proveen el 100% de aire exterior pueden operar en un modo de purga que elimina los productos desechables del proceso de súper cloración más rápidamente, reduciendo el tiempo requerido para la súper cloración. Durante este modo, es aceptable que las condiciones del ambiente varíen del set point ya que no hay ocupantes en el espacio.

Otro criterio importante es el pH. Las piletas de natación deben mantenerse básicamente en el rango de PH que va de 7.2 a 7.6. Esto es importante por dos razones. Primero, no es irritante para los ojos de los nadadores. Segundo, manteniendo el pH en este rango permite a los otros químicos de la pileta, incluyendo al cloro, ser más efectivos. Teniendo un pH por debajo de 7.0 puede causar corrosión a los componentes de la pileta y reducir la efectividad del cloro.

La alcalinidad total y la dureza del agua son importantes y deben encontrarse en equilibrio con los factores discutidos previamente. Los problemas de formación de incrustación y de control del pH resultan de niveles inapropiados.

El tratamiento químico de la pileta no se encuentra desarrollada en la literatura de ASHRAE. El ASHRAE Research Project 1083, Chemical Off-Gassing From Indoor Swimming Pools, se encuentra investigando sobre este tema.

- **Presurización del ambiente.** Debe mantenerse una ligera presión negativa dentro del área de la pileta con respecto a las áreas adyacentes del edificio y los alrededores para prevenir la migración de vapor y de olor a cloro. Esto puede ser más complicado de lo que parece porque a menudo existen varios tipos de espacios adjuntos como vestuarios, pasillos, áreas comunes y paredes externas. ¿Qué espacio utilizar? No es claro ya que las condiciones pueden variar substancialmente durante los periodos de alta concurrencia y los horarios deshabitados.

Ciertamente, la presión de referencia debe ser coordinada con zonas que posean sistemas de extracción independientes, tales como los vestuarios.

Tenga cuidado de no exagerar tampoco con la presión negativa. Las puertas pueden ser difíciles de abrir

porque esto sólo toma una pequeña diferencia de presión debido a la gran superficie que ocupa la puerta. Se pueden ocasionar silbidos en las hendiduras de las aperturas. El aire indeseable de los vestuarios y baños pueden causar problemas de olor. Fugas de aire sin controlar en el ambiente pueden incrementar la carga en el equipamiento de deshumidificación. Aire exterior frío introducido por hendiduras de las puertas puede causar formación de escarcha en el interior de la misma aún cuando la temperatura del espacio sea de 28°C.

Instale el sistema de conductos de forma tal que no se genere ninguna condensación en la operación del mismo. Todas las uniones de los conductos de alimentación y retorno deberán ser sellados, incluyendo las conexiones a las rejillas de alimentación, ventiladores y rejillas de aire de retorno.

Se requiere una atención especial a los conductos de retorno, los cuales poseen una presión negativa. Cuando las uniones en los conductos de retorno no están selladas, el aire proveniente de los espacios sin acondicionamiento puede ser succionado y puede llegar a generar condensación indeseada, como también puede disminuir la operación del equipamiento de deshumidificación. Los materiales del conducto necesitan ser resistentes a la corrosión del cloruro libre. Cuando los conductos se desplazan por fuera del espacio acondicionado, la aislación debe localizarse en el exterior del conducto. Las juntas deben ser selladas, envueltas y cubiertas.



Foto 1: Pileta residencial



Foto 2: Pileta comercial

Agua, agua por todos lados

Con piletas de tantas dimensiones y tantas actividades divertidas para entretener a los nadadores, es difícil el calcular la carga de evaporación. Muchos factores influyen en el rango de evaporación. Como se discutió previamente las condiciones en un natatorio típico están dadas principalmente por el confort del nadador. Sin embargo, una deseable temperatura del agua y la reducción del rango de evaporación también son importantes.

La ecuación original del porcentaje de evaporación desarrollada por Willis Carrier hace más de 70 años, aunque se ha utilizado por muchos años, no siempre es correcta. La Ecuación 1 del Porcentaje de Evaporación del 2003 ASHRAE Handbook - HVAC Applications (pp.4.6) ha sido modificada para reflejar de una mejor manera las variadas aplicaciones del ambiente de una piscina.

$$(1) \quad W_p = 0.1A (P_w - P_a) F_a$$

donde

W_p = Rango de evaporación del agua, lb/h.

A = Área de superficie de la pileta, ft².

P_w = Presión de saturación del vapor a la temperatura de la superficie del agua, en Hg.

P_a = Presión de saturación a la temperatura del punto de rocío del aire del ambiente, en Hg.

F_a = Factor típico de actividad.

El 2003 ASHRAE Handbook (p.4.6) posee una tabla mostrando diversos factores de actividad (F_a) que pueden ser aplicados para diferentes tipos de piletas y recreaciones. Sin embargo, son sólo provisorios y no cubren todas las características del agua en el uso común. Se han efectuado varios intentos de producir una correlación mejor, pero ninguno ha superado al uso general. ASHRAE Technical Committee 8.10, Mechanical

Dehumidification Equipment and Heat Pumps, está desarrollando una proposición de trabajo para actualizar la información en el Handbook.

Incrementando la temperatura del agua de la pileta para igualar la temperatura ambiente 1°C puede aumentar el porcentaje de evaporación en un 15% a 20%. La disminución de la humedad relativa del ambiente en un 10% puede causar que el rango de evaporación se incremente en más de un 30%. Por eso, es importante saber cuáles serán en realidad las condiciones a mantener del agua de la pileta y del ambiente del natatorio.

Para aumentar la confusión, las Fotos 1 hasta la 4 muestran algunas de las piletas típicas cubiertas. Una pileta residencial (*Foto 1*) usualmente no posee una gran complejidad en su uso ó en sus características. Una pileta comercial (*Foto 2*) en un hotel ó de pequeñas aplicaciones terapéuticas es similar, aunque ocasionalmente poseerá mayor cantidad de personas. Es posible que ambos natatorios tengan amplias superficies vidriadas y altas cargas sensibles de refrigeración. Una pileta institucional (*Foto 3*) normalmente es más grande y tiene una mayor actividad y posiblemente en ocasiones posea una carga mayor de espectadores.

Muchas piletas temáticas (*Foto 4*) se construyen con lugares donde hay corrientes de agua. Los toboganes de agua y las cascadas hacen que se dificulte aún más el calcular el porcentaje de evaporación, ya que es complicado el estimar el área superficial de contacto entre el agua y el aire y el efecto de convección del movimiento del agua. Los factores de actividad para tales características pueden variar de 2 a 4 ó más. No se han efectuado estudios científicos en éste área.

Los rangos de ventilación del aire exterior, recomendados por el Standard 62.1-2004 para las personas, la superficie de la pileta y el área de la orilla para una calidad aceptable del aire interior, pueden generar altas cargas de humedad durante el verano. Sin embargo, como se discutió previamente, el aire de ventilación puede ayudar a deshumidificar cuando la temperatura del punto de rocío del aire exterior cae por debajo de la temperatura de punto de rocío del natatorio. Generalmente, es necesario tenerlo en cuenta para el peor de los casos de carga de humedad cuando se dimensiona el equipamiento de deshumidificación aunque la carga máxima de humedad del aire de ventilación usualmente no se encuentra presente.

Los cobertores de las piscinas ciertamente reducen el rango de evaporación mientras que efectivamente cubran la pileta. Largas horas de operación ó el olvido de las personas de poner el cobertor en la pileta luego de ser utilizada, reducen su efectividad. Las piletas comerciales luego de haber funcionado por largas horas y quizás haber tomado algunos de los horarios de inactividad para su limpieza mediante la súper clorificación (impactante), también reducen el tiempo que la pileta se encuentra cubierta. A menos que el cobertor de la pileta sea automático, sin requerir ninguna intervención del operador, es probable que el mismo no se utilice consistentemente. En cualquier evento, durante las horas de actividad, la piscina no se encuentra cubierta y el diseñador deberá elegir el equipamiento para satisfacer esta carga.

Todos estos factores presentan un desafío al momento de determinar cuanta humedad se deberá remover. Si se realiza un diseño para el peor de los casos de humedad y la pileta no se utiliza con regularidad, luego se correrá el riesgo de sobredimensionar el equipamiento. Si usted está diseñando para un caso promedio, entonces correrá el riesgo de que el espacio se salga completamente de control cuando se genere una gran carga extra. Para piletas pequeñas y menos utilizadas puede llegar a ser aceptable el que la humedad y la temperatura alcancen alguna vez condiciones inusuales por lo que podrá minimizarse el monto de sobredimensionamiento. Para aplicaciones más grandes, esto es menos aceptable y el equipamiento de deshumidificación es a menudo requerido a trabajar efectivamente sobre una gran cantidad de condiciones operativas.



Foto 3: Pileta institucional



Foto 4: Pileta temática

¿Hacia dónde se dirige el agua?

El vapor de agua en el aire cambia a la fase líquida, cuando el aire se enfría por debajo de su punto de rocío, el cual se encuentra a 100% de humedad relativa. La condensación ocurre cuando las moléculas de agua líquida se acumulan, se forman gotas, y la humedad se condensa saliendo del aire. La condensación puede dañar la madera, el papel y otros materiales. Acelera el deterioro y oxidación del acero y causa el resquebrajo de la pintura. En las piscinas cubiertas, los cloritos (bioproductos provenientes del sistema de control químico del agua de la pileta) combinados con la humedad del aire se condensan en las superficies frías formando una solución rica en cloruro que corroe la mayoría de los metales, incluyendo algunos aceros inoxidable.

Si el control de la humedad es ignorado durante el diseño del cerramiento del natatorio y la aislación del mismo así como durante la supervisión de su construcción, pueden ocurrir problemas, incluyendo la condensación masiva; grietas en los techos; aislaciones mojadas; marcas de humedad; hongos; moho; texturas corroídas; mampostería fracturada y hasta un eventual colapso de la estructura.

- **Superficies frías.** Cuando cualquier superficie se enfría a una temperatura por debajo del punto de rocío del aire circundante, se condensará humedad en la misma. Superficies potencialmente frías incluyen paredes exteriores, ventanas, marcos de ventanas/puertas, y aberturas cenitales.

Las ventanas con vidrios simples, los herrajes de metal de las ventanas y las puertas así como también los sostenedores del techo, crean un puente térmico entre el clima frío exterior y el aire húmedo interior. La mayoría de los diseñadores reconocen la necesidad de colocar vidrios térmicos en las ventanas. Dependiendo de la temperatura exterior estimada, los vidrios dobles pueden llegar a no ser suficientes. Más aún, la mayoría de los diseñadores no especifican (y sostienen las especificaciones cuando el costo de ingeniería se realiza) que los marcos de las ventanas lleven el adecuado, o algún, aislamiento térmico. Hemos observado muchas instalaciones donde las ventanas están en condiciones, pero los marcos de la misma se encuentran con humedad.

Otro error común es el dejar al arquitecto diseñar los soportes arriba de las puertas y ventanas con planchas de acero ó vigas en toda la pared sin aislamiento térmico.

La mayoría de los natatorios poseen al menos una salida de emergencia al exterior. Tales puertas deben seleccionarse con cuidado. El aislamiento térmico se requiere tanto para la puerta como para su marco así como también también, como mínimo, doble vidrio en las ventanas. Algunos de los lugares olvidados más comunes son los bordes y las cerraduras de las puertas. Los autores han observado instalaciones que se veían como si alguien hubiera rociado las puertas con una manguera. Otra instalación poseía hielo sobre el interior del marco de la puerta.

Las ventanas que están posicionadas hacia el interior del edificio también pueden formar condensación, particularmente si la superficie de la ventana está bañada por aire proveniente del sistema de aire acondicionado situado en el lado exterior de la misma. Aquí por lo general es mejor utilizar ventanas con doble vidrio.

Los aventanamientos cenitales son similares al resto de las ventanas excepto por encontrarse ubicados en el techo, que es un peor lugar. Ya que hay calor, aire húmedo que se eleva y una corriente de aire que no suele ser tan buena en la cumbre del edificio como en otros sitios, el nivel de humedad cerca de las aberturas cenitales será superior que en cualquier otro lado. Algunas aplicaciones incluyen aventanamientos cenitales operables ó techos corredizos para ventilar en verano. Estas ventajas conllevan una desventaja ya que cualquier cosa que pueda abrirse es más difícil de sellar y pueden poseer mecanismos que sean problemáticos para aislar térmicamente. Al menos, el equipamiento de deshumidificación debe estar interconectado con dichas aberturas para que el equipo no utilice energía innecesaria cuando las ventanas cenitales se encuentran abiertas.

No es buena idea poseer algún tipo de aberturas en el techo del natatorio. Si es preciso utilizarlas, entonces el diseñador deberá involucrarse con el diseño arquitectónico de estas características lo más pronto posible para asegurar la adecuada circulación del aire. El diseñador debe considerar el proporcionar algún

tipo de dispositivo auxiliar que movilice el aire para mantener la circulación del mismo sobre la superficie y así ayudar a prevenir la condensación.

- **Retardadores de vapor.** La formación de humedad es llevada a cabo por las diferencias en la presión del vapor del agua entre dos espacios. Si una parte del natatorio posee paredes, pisos ó techos adyacentes a espacios internos, se requerirá un retardador de vapor. Recuerde que la diferencia en las cantidades de humedad en el aire de ambos ambientes puede ser grande. ¡No piense sólo con respecto al exterior!

Los natatorios deben construirse tan herméticos al pasaje de vapor como sea posible. Los retardadores de vapor, que son materiales semi-permeables al vapor, deben localizarse inmediatamente detrás del interior de la superficie de la pared, para que el aire húmedo y el vapor queden retenidos dentro del espacio, en vez de movilizarse hacia las cavidades frías de la pared. Todas las uniones de los retardadores de vapor deben ser selladas en vez de simplemente superpuestas. El retardador de vapor debe encontrarse también sellado al techo y al piso para prevenir el ingreso de humedad a las paredes a través de esas uniones. Todas las juntas al rededor de los interruptores y de los enchufes deben sellarse para prevenir la migración de vapor localizado. Es importante la continuidad interrumpida del retardador de vapor.

La temperatura de punto de rocío del aire es la clave. Ya que la temperatura de punto de rocío en el aire de un natatorio es alta de forma preestablecida, todo lo demás en el edificio debe poder acomodarse a ella. Se sugiere que la superficie más fría se encuentre como mínimo a 3°C sobre el punto de rocío del ambiente de la pileta (2003 ASHRAE Handbook, pp. 4.6-4.8): El mantener todas las temperaturas de las superficies entre los 21°C y los 24°C en un día de diseño de invierno puede ser complicado. Como se mencionó previamente, la distribución del aire juega un rol importante.

Deshumidificación

Por la razón de que la mayoría de las piletas (en Norte América) utilizan sistemas de control químicos en el agua basados en el cloro (generalmente regidos por los códigos de salud locales), y porque el control de los químicos del agua de la pileta no siempre es el adecuado, las condiciones que experimenta el deshumidificador del natatorio son a menudo muy duras. Esto requiere que el fabricante tome precauciones extras para proteger el equipamiento asegurando una vida útil satisfactoria. Se requieren materiales especialmente recubiertos ó que sean especiales para serpentinas de refrigeración e intercambiadores de calor y también requerirán pintura aquellas partes que posean un interior metálico. Es importante el aislar el equipamiento operativo tales como las partes eléctricas y de refrigeración para minimizar la corrosión. O sea que, por lo general, los equipamientos de aire acondicionado de operación standard no son adecuados para usarlos en un natatorio. Por lo tanto, el equipamiento de un natatorio cuesta más que un equipamiento de aire acondicionado standard.

Los deshumidificadores de los natatorios se diferencian de los equipamientos de aire acondicionado standard en que son diseñados para remover mucha mayor cantidad de humedad del aire (un factor de calor sensible de 0.5 a 0.6 contrasta con un factor de calor sensible de 0.8 en las unidades de aire acondicionado standard). Esto posee varias ramificaciones. Primero, que probablemente el equipamiento es más costoso por unidad de enfriamiento. Segundo, tiene disponible una mucha menor capacidad de enfriamiento sensible que con los aires acondicionados standard. Esto puede afectar dramáticamente el tamaño del equipamiento requerido cuando el espacio posea una alta carga de enfriamiento.

Los deshumidificadores del natatorio son por lo general productos de alto mantenimiento (aunque los dueños no quieran escucharlo). Sumado al hecho de que el equipamiento debe funcionar a 24/7, las duras condiciones del aire pueden causar un rápido deterioro del mismo si no se efectúa un mantenimiento periódicamente. El equipamiento del natatorio posee correas, filtros y cojinetes que requieren ser inspeccionados y atendidos a intervalos que parecen ser demasiado frecuentes para los dueños. Un equipamiento nuevo con regulación directa de los motores del ventilador y con variadores de velocidad los mismos pueden reducir de alguna forma el mantenimiento. Sin embargo, aún existe la necesidad de las visitas regulares al deshumidificador. Por lo tanto, el diseñador debe asegurar que el equipamiento sea fácilmente accesible.

Pueden utilizarse diferentes configuraciones de los ventiladores para mantener el control de la presión negativa del espacio, utilizar el aire exterior como economizador, controlar el aire exterior para la ventilación, y proveer un ciclo de purgación durante el mantenimiento químico periódico del agua de la pileta.

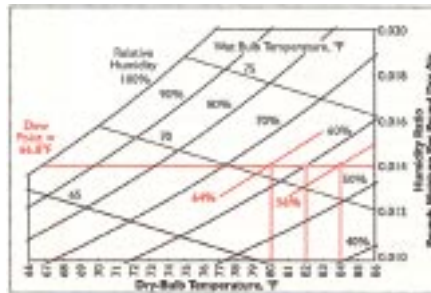


Figura 2: Control de la temperatura de punto de rocío

- Configuración de los ventiladores de alimentación/retorno.** Dos ventiladores se ubican dentro del compartimiento del equipamiento. El ventilador de retorno es dimensionado para encargarse de la presión estática del conducto de retorno, mientras que el ventilador de alimentación se encarga de la presión estática del conducto de alimentación. La presión negativa en el espacio puede mantenerse fácilmente cambiando la velocidad del ventilador de retorno, del ventilador de alimentación, ó de ambos. Generalmente se utiliza una caja mezcladora de aire con tres dampers para obtener el 100% de aire exterior, ó un porcentaje mínimo del mismo, ó cualquier porcentaje de aire exterior para la deshumidificación cuando sea apropiado. Esta configuración tiene por lo general dos secciones de filtros, una para el retorno y una para la alimentación.
- Configuración de los ventiladores de alimentación/expulsión.** El ventilador de alimentación se encarga tanto de la presión estática del conducto de retorno como de la del conducto de alimentación. Un ventilador de expulsión independiente puede localizarse en el compartimiento del deshumidificador ó en una localización remota. Esta configuración solo es permitida para el caso de requerimientos de aire exterior mínimos (generalmente al rededor de un tercio del caudal de aire) y requiere una pequeña segunda área de filtrado especialmente para el aire exterior. El ventilador de expulsión y los dampers de control del aire exterior deben coordinarse mediante el deshumidificador para una operación apropiada.
- Ventilador de purga/expulsión/alimentación.** Esta configuración es similar a la del ventilador de expulsión/alimentación excepto por el hecho de que incluye un ventilador de purga, el cual generalmente puede manejar por lo menos dos tercios del caudal de aire, para obtener aproximadamente el 100% del aire exterior. Esta configuración requiere un área de filtrado independiente capaz de proporcionar un caudal de aire exterior completo como así también un damper mecánico para el control.

Comúnmente se utilizan equipos de refrigeración mecánicos (*2004 ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment*, p. 47.1) para los natatorios. Son diseñados especialmente para obtener altas capacidades de humedad removida, bajo porcentaje de calor sensible, utilizando un ciclo de refrigeración standard. Estos sistemas están equipados con múltiples serpentinas condensadoras usadas para el enfriamiento del espacio, el recalentamiento del aire y la calefacción del agua de la pileta al mismo tiempo que se controla la temperatura del espacio y el punto de rocío en el natatorio. Los equipos de refrigeración y deshumidificación mecánicos son buenos en utilizar lo máximo posible el calor rechazado. Como la evaporación del agua de la pileta causa que la temperatura de la misma disminuya, la calefacción del agua es requerida a lo largo de todo el año. La utilización del calor rechazado para la calefacción del agua de la pileta es importante.

Donde los códigos locales lo permitan, recuperar la humedad condensada del aire y devolviéndola a la pileta puede ser económico ya que reduce la cantidad requerida de agua para el mantenimiento del nivel de la misma. En una pileta grande y activa pueden necesitarse cientos de litros de agua por hora evaporados.

Existe total requerimiento de calefacción motivada por la sumatoria de las pérdidas principales del cerramiento del natatorio, el aire de ventilación y el agua misma por el enfriamiento continuo debido a la evaporación. Generalmente, el requerimiento auxiliar de calor existe tanto para el agua de la pileta como para el aire. Esto es válido sin importar qué tipo de equipamiento sea empleado para la deshumidificación. Sin embargo, si el equipamiento de climatización puede reciclar el calor inutilizado del proceso de deshumidificación nuevamente en el agua de la pileta, esto reduciría el uso energético sustancialmente. Los calefactores auxiliares del agua de la pileta necesitan ser dimensionados para manejar la pérdida total de calor ocasionada por la evaporación y por el agua fría de renovación. El calefactor auxiliar del agua de la pileta también puede necesitar una capacidad suficiente para calentar una piscina de natación completa a una temperatura de operación en una cantidad de tiempo razonable cuando la pileta ha sido llenada completamente luego del mantenimiento ó porque los sólidos disueltos en el agua de la pileta se han vuelto incontrolables.

Donde el punto de rocío del aire exterior sea lo suficientemente bajo, las unidades con el 100% de aire exterior están ganando popularidad. Tales unidades utilizarán normalmente un dispositivo de recuperación de calor tal como un intercambiador de calor aire/aire entre el aire de expulsión y el aire exterior. Cuando la temperatura de punto de rocío del aire exterior se encuentre sobre los 15°C a 18°C aproximadamente no será posible el mantener la humedad del espacio a niveles aceptables, y será requerido algún tipo de deshumidificación auxiliar. Cuando la temperatura exterior se encuentra sobre los 24°C aproximadamente no será posible mantener la temperatura ambiente en niveles aceptables. En estos casos deberá proveerse algún tipo de serpentina de enfriamiento auxiliar. Será necesario también un calefactor auxiliar para las condiciones de invierno.

Los dispositivos recuperadores de calor del tipo aire/aire pueden utilizarse para recuperar la energía desde el aire de expulsión al aire de alimentación por lo que el tamaño del calefactor auxiliar puede reducirse. Al considerar tales dispositivos, el diseñador debe tener en cuenta los posibles problemas ocasionados por la alta carga de humedad del aire de expulsión. Si el dispositivo recuperador de calor es demasiado eficiente, a bajas temperaturas de aire exterior, puede producirse la condensación de la humedad y el congelamiento en el sector de expulsión del intercambiador de calor. Si el dispositivo recuperador de calor no es eficiente, sus beneficios serán mínimos y se requerirá mayor calefacción auxiliar. No se utilizan ruedas entálpicas en los natatorios ya que no hace falta incrementar la humedad en el aire entrante.

El equipamiento de climatización del natatorio es seleccionado principalmente para remover la carga de humedad. Los porcentajes de circulación de aire y los requerimientos del aire exterior son también parte de las consideraciones. Los fabricantes de los equipos climatizadores para natatorios poseen programas de computadoras para ayudar al diseñador a seleccionar los equipamientos apropiados.

Potencialmente deben tenerse en cuenta aquellas grandes cargas de enfriamiento sensible generadas a raíz de extensas superficies vidriadas orientadas hacia el sur y los aventanamientos cenitales. Sin embargo ellas, pueden causar que el equipo de climatización se sobredimensione.

La cantidad efectiva de humedad en el aire (humedad absoluta) es representada por la temperatura de punto de rocío como se puede observar en la *Figura 2*. En los espacios húmedos de la pileta, la cantidad real de humedad en el aire no varía rápidamente aún cuando el equipamiento de deshumidificación se encuentre operando. Por otro lado, la *Figura 2* muestra que la humedad relativa puede variar considerablemente con un pequeño cambio en la temperatura de bulbo seco del espacio. Es importante que el sistema de control del equipo de climatización de la pileta trabaje para mantener la apropiada temperatura de punto de rocío y no la humedad relativa para obtener una mejor estabilidad controlada. Naturalmente, el usuario no sabrá probablemente qué temperatura de punto de rocío setear, será el sistema de control el que deberá permitir setear una temperatura ambiente nominal y una humedad relativa y el mismo será el encargado de hacer la conversión internamente a la temperatura del punto de rocío.

Resumen

Los natatorios no son solo un espacio más a ser acondicionado. Este artículo presenta un repaso de varias áreas que son importantes para el diseño exitoso de una piscina cubierta.

El factor principal es la *humedad* y en mucha cantidad. El diseñador debe ser persistente en encontrar espacios donde pueda acumularse humedad y eliminarlos. Además de ser desagradables, las superficies que se encuentran regularmente húmedas serán corroídas y podrán arruinarse prematuramente.

La distribución de aire es otro aspecto importante de un diseño exitoso. El sistema de distribución de aire en el natatorio no es un lugar donde aplicar una ingeniería de valor al diseño.

Aunque la química del agua de la pileta se encuentra más allá del control del diseñador, también es un aspecto importante del diseño. El diseñador necesita hacer provisiones para mantener la mejor calidad de aire posible aún cuando el operador de la pileta no ejerza un buen trabajo con la química del agua de la pileta.

Hay disponibles varios tipos de equipamientos testeados los cuales son diseñados específicamente para aplicaciones de natatorios. Nunca deberá utilizarse un equipo de aire acondicionado standard para esta aplicación.

Las construcciones de los natatorios son costosas por las consideraciones especiales de diseño y de equipamiento solicitadas, y son también costosos de operar. Los sistemas de climatización no pueden apagar, y se requiere una atención continua tanto de la pileta como del equipamiento de climatización.