

Determinación de tritio en muestras de agua condensada de la humedad ambiente

Grassi, E.; Diodati, J.; Segovia, V. y Temprano, D.



Determinación de tritio en muestras de agua condensada de la humedad ambiente

Autoridad Regulatoria Nuclear - Buenos Aires - ARGENTINA

RESUMEN

En este trabajo se describe el método empleado por los laboratorios de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) para la determinación de tritio en agua obtenida por condensación de humedad ambiente, como así también la aplicación del cálculo termodinámico que combina los datos de humedad relativa ambiente con la temperatura del momento en que el dato es almacenado en la memoria de un dispositivo registrador, de los cuales se extrae la humedad ambiente en estado de saturación (gramos de agua/m³ de aire) por aplicación de las mediciones tomadas por el dispositivo a un diagrama psicrométrico de Humedad en Saturación vs Temperatura (Hs vs T). El tratamiento matemático aplicado, permite una medición de la concentración de tritio en el agua condensada por períodos de tiempo inferiores al tiempo empleado en el muestreo semanal, ya que el dispositivo trabaja en forma ininterrumpida almacenando datos y en la planilla de cálculo se hace una ponderación del vapor de agua condensado en cada período muestreado. En lo conciente a una validación de la medición de tritio en agua, ésta no fue necesaria debido a que el método de medición para tritio en forma directa se encuentra acreditado bajo norma IRAM 301/2005.

Humedad Absoluta

La Humedad Absoluta puede definirse en base a la relación que guardan las masas molares y la Presión de Vapor del aire húmedo (v) y aire seco (s).

$$H_s = \frac{m_v}{m_a} = \frac{M_v \cdot P_v}{M_a \cdot P_a}$$

Si a P_a se la pone en función de la presión de vapor P_v , y se tiene en cuenta que la relación de masas molares es $\frac{M_v}{M_a} \approx 0.622$ entonces la Humedad Absoluta se puede reescribir como:

$$H_s = 0.622 \cdot \frac{P_v}{P - P_v}$$

Siendo P la presión total del sistema (por lo general la Atmosférica)

Expresión sólo válida en el caso de que la mezcla sea homogénea, o sea que el agua contenida sea vapor.

En consecuencia, para una determinada presión total y un volumen determinado de aire, cada estado termodinámico estará definido por una temperatura T , para la cual todo el aire estará saturado de humedad.

De esta forma fijada la presión total P , a cada temperatura T le corresponderá un valor de $P_{v, sat}$ y por lo tanto una humedad absoluta de saturación H_s cuyo valor es la máxima cantidad de vapor de agua que puede estar mezclada con la unidad de masa de aire seco.

Fijada la presión total, por ejemplo la presión atmosférica normal 760 mm de Hg, se puede construir el diagrama psicrométrico mostrado en la figura 1.

Humedad Relativa

Es la relación entre la cantidad de humedad que el aire contiene en un determinado estado (H_a) y la máxima cantidad de humedad (H_s) que el aire puede contener a la misma temperatura T .

$$H_R = \frac{H_a}{H_s}$$

Muestreo de aire ambiental

El muestreo se lleva a cabo mediante un equipo colector de aire provisto de un extractor que fuerza la entrada de aire hacia un sistema de refrigeración, que condensa la humedad del mismo.

El equipo muestreador posee un sistema de recolección automático del condensado, programable, que trabaja semanalmente vertiendo el agua colectada en 5 bidones cada uno de los cuales recibe el condensado total de 7 días.

Los datos meteorológicos (Temperatura T y Humedad Relativa H_R), son registrados en un dispositivo portátil de registro (Data Logger), el cual es retirado en el momento en que se toma la muestra de agua condensada, reemplazado por otro preajustado para comenzar un nuevo ciclo de muestreo y llevado a los laboratorios de la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) para volcar sus registros en una planilla de cálculo, de la cual se obtiene el resultado final de la concentración en aire, en Bq/m³.

Una descripción gráfica del muestreador puede apreclarse en la figura 2.

CÁLCULOS

Los datos proporcionados por el registrador (T y $\%H_R$), son aplicados al cálculo de la humedad absoluta de acuerdo a la siguiente ecuación, que surge del reordenamiento de la ecuación 7:

$$H_a = H_s \cdot H_R$$

De acuerdo al diagrama psicrométrico de H_s vs T para una cierta temperatura registrada por el registrador, corresponde un a humedad absoluta de saturación del aire con vapor, la cual multiplicada por la correspondiente H_R a la misma T , permite saber la humedad absoluta (en g/m³) a esa temperatura.

Para obtener la concentración final de tritio en aire expresada en Bq/m³ una alcuota del agua condensada es medida en condiciones de rutina (método acreditado bajo IRAM 301/2005) por Cantelero Líquido en el modo de Bajo Fondo quedando expresada la concentración final de tritio en aire de acuerdo a la ecuación

$$[A_{H-3}]_{Bq/m^3} = H_a \cdot [Bq/l] = g/m^3 \cdot [Bq/10^3 g] = Bq/10^3 m^3$$

En la tabla 1 se muestra a modo de ejemplo, un cálculo parcial (planilla Excel) de la concentración de tritio en aire expresada en Bq/m³.

CONCLUSIONES

El método permite obtener concentraciones de tritio en aire en cualquier intervalo de tiempo dentro del intervalo de muestreo programado, en forma independiente de los volúmenes colectados y de la eficiencia de condensación de los equipos utilizados, con sólo fijar el período de interés en la planilla de cálculo.

El límite de decisión calculado basándose en la propagación total de la Incertidumbre, permite calcular una MCD que sea más dependiente de la muestra, que si se determinara a priori, basándose solamente en el cálculo de la actividad de los blancos.

Debido al tratamiento termodinámico que se usa para el cálculo de la humedad absoluta, la presión total se considera aproximadamente constante tal que pequeñas variaciones en ella, no modifican sustancialmente el contenido de vapor en el volumen de aire analizado. No obstante esta presión puede variar dependiendo de la altura en que se encuentre la zona de muestreo, debiéndose hacer los ajustes correspondientes.

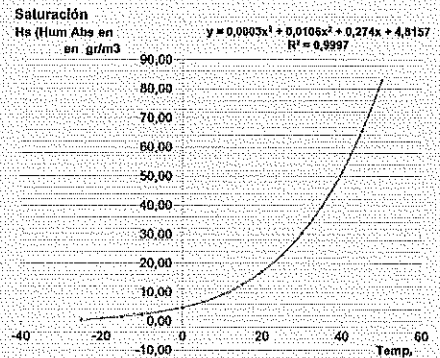


Fig. 1. Diagrama psicrométrico. Presión fijada en 760 mm Hg

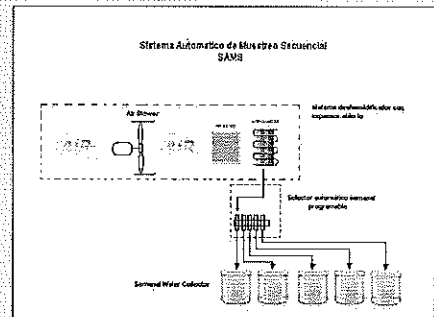


Fig. 2. Equipo muestreador de aire con sistema automático de muestreo secuencial

Fecha	Temp. C	Hs	H _a	H _R	Presión de Vapor	Presión	H _a /Presión	H _a (Bq/m ³)
1	24	24	11,72	0,36	1,0202	1,0132	1,0168	1,1958
2	10	21	10,29	0,45	0,8802	0,9852	1,0168	1,0479
3	10	15	10,29	0,36	0,8802	0,9852	1,0168	1,0479
4	25	16	13,12	0,39	1,0602	1,0652	1,0168	1,0320
5	19	24	11,51	0,28	0,9402	1,0652	1,0168	1,0320
6	11	21	10,29	0,35	0,8902	1,0652	1,0168	1,0320
7	25	20	11,72	0,40	1,0402	1,0652	1,0168	1,0320
8	11	15	10,29	0,36	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
9	14	10	10,29	0,36	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
10	10	11	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
11	11	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
12	11	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
13	10	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
14	10	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
15	10	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
16	10	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
17	10	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
18	10	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
19	10	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320
20	10	10	10,29	0,35	0,8802	1,0652	1,0168	1,0320

Tabla 1. Concentración final de tritio en aire para un período breve de muestreo.

