

Micro- Infornática en la Higiene Industrial

El presente artículo constituye un resumen del informe presentado a la Fundación MAPFRE, como resultado final del trabajo de investigación desarrollado durante el año 1985, a raíz de una Beca concedida en su convocatoria de 1984 para trabajar sobre la *Microinformática en la Higiene Industrial*.

Tanto el listado del programa informático escrito en lenguaje BASIC, como el ejemplo de aplicación para ilustrar el uso del mismo, están contenidos íntegramente en el citado informe.

JOSE GUADIX VALLE
Ingeniero Industrial

EL estudio correcto del riesgo higiénico, originado por agentes químicos contaminantes, en un puesto de trabajo, conlleva las siguientes fases escalonadas e íntimamente relacionadas:

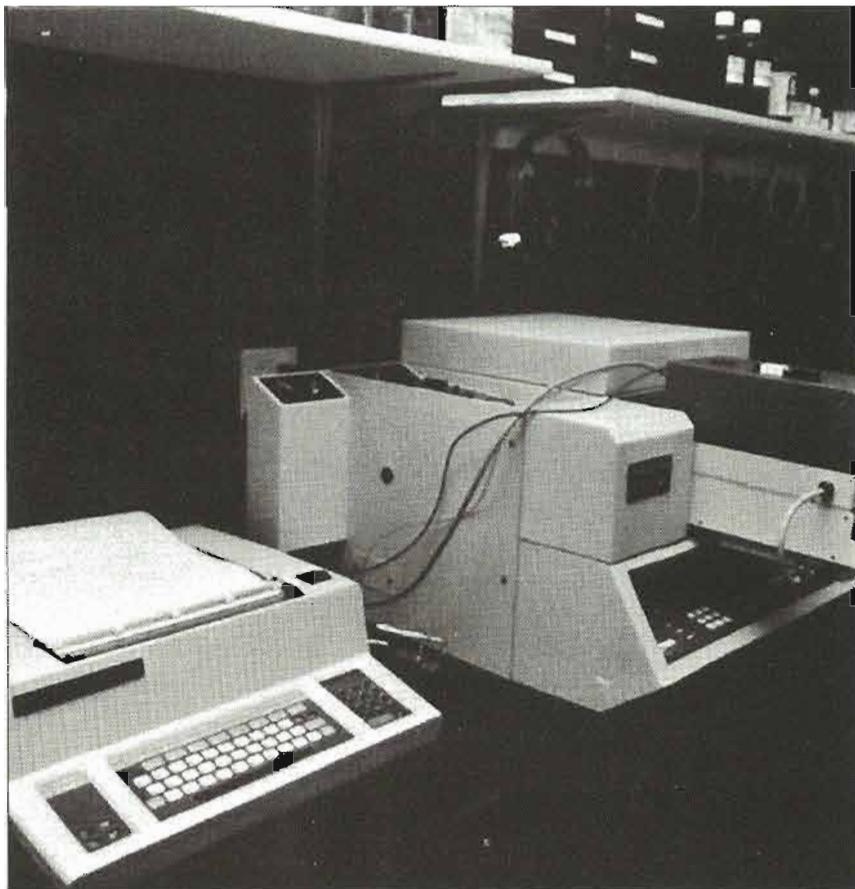
— Conocimiento detallado del puesto de trabajo motivo de estudio, acompañado de la revisión de bibliografía y experiencia personal, para extraer los datos necesarios que permitan identificar los contaminantes presentes en la atmósfera en cuestión, su capacidad generadora de riesgo sobre la población y la planificación de una toma de muestras idónea.

— Toma de muestras del o de los contaminantes presentes, y análisis químico de aquellas muestras que lo requieran, para obtener la serie de valores que cuantifican el nivel de riesgo existente.

— Análisis crítico exhaustivo de los datos obtenidos, para elaborar un valor promedio fiable, que permita el contraste con los valores permitidos de concentración, pudiéndose decidir con un nivel determinado de confianza si existe o no problema higiénico que pueda lesionar la salud de la población laboral afectada.

— Adopción de las medidas correctoras idóneas, que permitan el control del problema higiénico y la consiguiente protección del hombre, en aquellos casos que el nivel de contaminantes pueda ser lesivo para la salud.

Otro aspecto fundamental en la calidad de un estudio higiénico lo constituye la fiabilidad de los resultados y conclusiones, siendo para ello necesario el apoyo y aplicación de la estadística en todo lo relacionado con la toma de muestras y análisis de contaminantes, su ayuda es de gran importancia en la decisión de la necesidad o no de realizar las medidas correctoras, en función del grado de problema existente y el grado de lesión del ambiente sobre la salud del trabajador.



— Desde 1972 se vienen desarrollando trabajos de investigación con el fin de conseguir una metodología estadística, que pueda ser aplicada a los problemas de sistemática de toma de muestras y toma de decisiones, en relación con las normas de exposición de la Higiene Industrial.

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LAS MUESTRAS

La falta de veracidad o poca fiabilidad de un estudio higiénico tiene su origen en los errores; éstos pueden ser conceptuales, de metodología o connaturales al estudio. Son totalmente cuantificables, con el apoyo de la estadística y su aplicación correcta.

Los errores debidos a la variabilidad de la concentración ambiental con el tiempo se pueden anular sin más que realizar una toma de muestras que abarque completamente el período de tiempo para el que se establece el estándar de contraste (normalmente ocho horas o quince minutos).

En este caso las medidas de con-

centración, que serán valores medios durante el período muestreado, siguiendo la ley de la distribución muestral de medias, se distribuyen normalmente con un valor medio que coincide con la media poblacional (que es el valor a comparar con el estándar) y desviación típica igual a la desviación típica dividida por la raíz cuadrada del número total de muestras (si éstas tienen la misma duración) y corregida con el factor tiempo si la duración de las muestras fuese distinta.

Asumiendo la distribución normal de los datos de concentraciones medias obtenidos en las distintas muestras y dado que el número de extracciones puntuales de concentración instantánea puede considerarse lo suficientemente elevado,

se realiza un ensayo de hipótesis de significación de una cola a nivel aceptable de confianza del 95 por ciento, estableciéndose la decisión de si el valor medio de concentración, a lo largo del período para el que el estándar fue establecido, es superior o inferior al valor de dicho estándar previamente determinado en las investigaciones realizadas por la Higiene Teórica. Los valores mínimo y máximo de variabilidad del valor promedio, para este nivel de significación, vienen determinados por las siguientes expresiones:

$$C \text{ media mínima} = \bar{C} - 1.645 \sigma \bar{X}$$

$$C \text{ media máxima} = \bar{C} + 1.645 \sigma \bar{X}$$

La decisión proviene del contraste, de los valores de concentración mínima esperable y concentración máxima esperable, con el valor de concentración permisible por el estándar fijado, según la siguiente regla:

Si $C \text{ media mínima} < C \text{ estándar}$, existe problema higiénico con un nivel de seguridad del 95 por ciento, en el día en que se realizó el estudio.

Si $C \text{ media máxima} < C \text{ estándar}$, no existe problema higiénico con un nivel de seguridad del 95 por ciento, en el día en que se realizó el estudio.

Si $C \text{ mínima} < C \text{ estándar} < C \text{ media máxima}$, existe un caso de duda en la decisión al nivel del 95 por ciento; esta duda se puede resolver sin más que llevar a cabo la operación inversa a la realizada, en la que usando la variable normalizada se puede calcular un nuevo nivel de significación, para el que exista o no problema higiénico, siendo este nivel de significación calculado el porcentaje de seguridad con el que se afirma la decisión.

En los casos de que, bien por limitaciones propias del equipo de toma de muestras o métodos de muestreo empleado, la duración de cada muestra se vea reducida hasta valores iguales o inferiores a una hora (un octavo del tiempo de establecimiento de la concentración promedio permisible), o bien por tratar de realizar estudios de seguimiento a lo largo de grandes períodos de tiempo, el período muestreado sea muy pequeño comparando con aquel sobre el que se desea inferir, se recomienda la utilización

de un muestreo aleatorio en el tiempo, desarrollándose un nuevo modelo estadístico que contemple la distribución logaritmo normal del contaminante en función del tiempo.

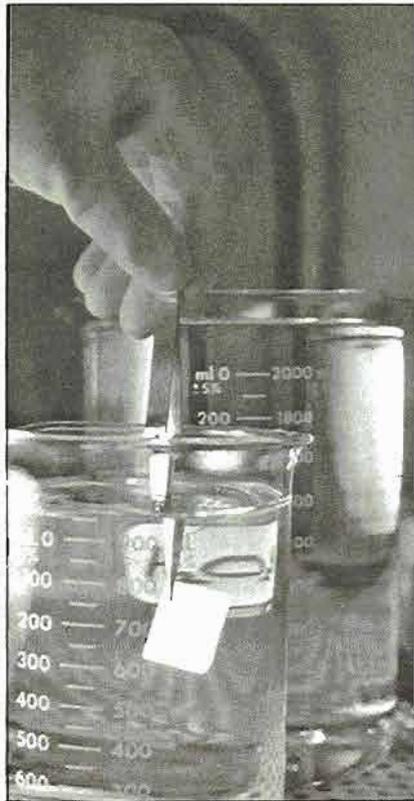
La función de distribución adoptada en este caso se puede normalizar empleando logaritmos de concentración de valores medios de concentración medidos, en lugar de las concentraciones medias empleadas anteriormente.

El tratamiento matemático del nuevo método es análogo al anterior, sólo que es necesario calcular la desviación típica muestral de los valores de concentración medios puntuales medidos, según la siguiente expresión:

$$\hat{S} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Y_i - Y_{\text{media}})^2}{n-1}}$$

Donde: \hat{S} = Desviación típica muestral

Y_i = Logaritmo decimal de la concentración media medida en cada muestra.



— La evolución actual tiende a la incorporación progresiva de la estadística en la evolución de los riesgos higiénicos mediante la redacción de normas sobre las características que debe reunir un muestreo para ser considerado fiable, y permitir que el contraste con el estándar suministre una evaluación con garantías que avalen cualquier tipo de decisión posterior.

Y_{media} = Valor medio ponderado con el tiempo de los logaritmos de las concentraciones medias medidas.

n = Número de muestras realizadas.

La valoración de los valores mínimo y máximo, de la variabilidad del nuevo valor medio (en este caso media geométrica de los valores medios de concentración medidos) se consigue mediante el empleo de una hipótesis de decisión unilateral, a nivel de significación del 95 por ciento de una función de ensayo «T de student» con «n-1» grados de libertad.

Los criterios de decisión de existencia o ausencia de problema higiénico en el período de tiempo

motivo de estudio son análogos a los anteriormente utilizados, sin más que obtener los antilogaritmos de los niveles de significación, pudiéndose utilizar el mismo procedimiento anteriormente empleado para el uso de existencia de duda en la decisión.

Únicamente queda por cuantificar la decisión de adopción de medidas correctoras en el caso de haberse llegado a la conclusión de la existencia de problema higiénico. Esta decisión se puede realizar por dos mecanismos, a saber:

Mediante el empleo de criterios groseros que consideran que la acción concreta a emprender es función del número de veces que se sobrepase el estándar en el puesto de trabajo estudiado.

Mediante el empleo de la estadística como auxilio de decisión, que conlleva la realización de una serie de muestras en días distintos, siguiendo una ley de aleatoriedad en la obtención de datos y utilizando nuevamente el modelo de distribución logaritmo normal en la distribución de concentraciones a lo largo del tiempo, que permite la cuantificación de la probabilidad de existencia de problema higiénico, mediante el empleo del Teorema Central Límite en la distribución normalizada de los logaritmos de las concentraciones medias obtenida en los distintos días de estudio, según la siguiente expresión:

$$P(Y_{\text{media}} > 1g \text{ STD}) = 1 - N(Y_{\text{media}} - 1g \text{ STD})/\hat{S}$$

Donde:

$P(Y_{\text{media}} > 1g \text{ STD})$ = Probabilidad de superar el estándar de valoración a lo largo del tiempo.

$N(Y_{\text{media}} - 1g \text{ STD})/\hat{S}$ = Valor de la función normal para el valor numérico resultante de la expresión calculada.

Y_{media} = Media de logaritmos de las concentraciones medias obtenidas en los distintos días.

STD = Estándar de valoración obtenido de los datos suministrados por la Higiene Teórica.

\hat{S} = Desviación típica calculada de la distribución de datos obtenida.

La función normal sería aplicable, siempre que el número de datos fuese lo suficientemente elevado ($n \geq 30$), en otro caso habrían de utilizarse los valores de la función «T de student», empleando un estimador insesgado para la desviación típica muestral.

Siempre que el valor de probabilidad obtenido de los cálculos anteriores sea superior al 5 por ciento, se hace necesario la puesta en práctica de medidas correctoras que controlen el problema higiénico motivo de estudio. El empleo correcto de los métodos de trabajo aportados en el presente apartado permiten una decisión coherente avalada por la estadística, que aporte garantías a la decisión de abordar una serie de soluciones prácticas que encarecen normalmente el proceso productivo, pero que se considera un sacrificio positivo en pos del mantenimiento de calidad en el hábitat humano futuro.

CARACTERÍSTICAS ADMISIBLES DE FIABILIDAD

La evolución actual, dentro del campo de la Higiene Industrial, tiende a la incorporación progresiva de la estadística en la evaluación de los riesgos. No basta con la fijación de unas concentraciones permisibles para la exposición laboral, sino que se redactan normas sobre las características que debe reunir un muestreo para ser considerado fiable, y permitir que el contraste con el estándar suministre una evaluación con garantías, que avalen cualquier tipo de decisión posterior.

En el Federal Register (EE.UU) se han publicado propuestas de evaluación de cada contaminante o familias químicas de contaminantes. En ellas aparecen los conceptos de Concentración Promedio Permissible (CPP) y Nivel de Acción como una fracción del CPP que depende de la variabilidad de concentración ambiental, del grado de seguridad pretendido y de la frecuencia con que se realicen los muestreos periódicos.

La exactitud requerida para el método de toma de muestras y análisis varía de unos contaminantes a otros, estableciendo porcentajes de exactitud que oscilan entre el 20 por ciento y el 50 por ciento, en función de que la concentración media medida esté por encima del CPP, entre este valor y el Nivel de Acción, o por debajo del Nivel de Acción.

El concepto de exactitud introducido establece para niveles de confianza el 95 por ciento que la variabilidad entre el límite inferior y el superior de concentración media esperable, es decir, la diferencia entre las concentraciones máximas y mínimas esperables, sea un más o menos tanto por ciento (20, 25, 35,

50) del nivel de contraste (CPP, o Nivel de Acción).

PROGRAMA PARA EL SEGUIMIENTO DE PUESTOS DE TRABAJO

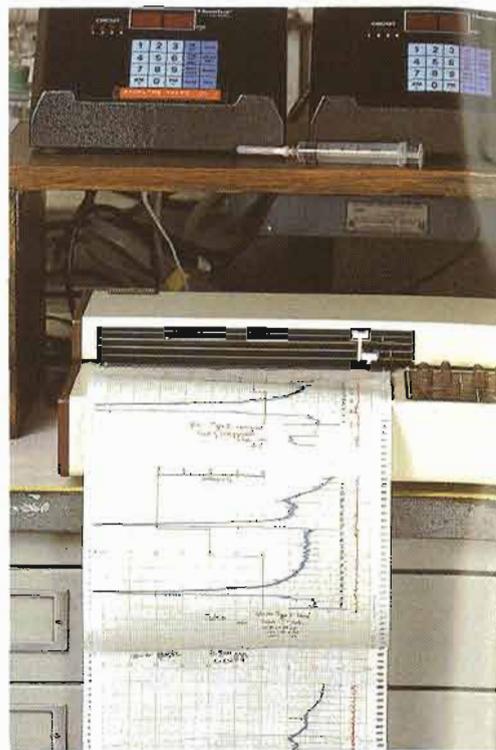
En la actualidad, en la mayoría de los casos, tanto por las Empresas como por la Administración, los estudios en materia de Higiene Industrial se vienen realizando con carácter puntual, es decir, tras un estudio más o menos extenso, que abarca un período de tiempo pequeño en comparación con la exposición anual de cada trabajador al riesgo evaluado, se emite un juicio del puesto de trabajo, resultante de la extrapolación de las conclusiones obtenidas durante el periodo de duración del muestreo.

Este tipo de estudios, con el uso correcto de la metodología teórica desarrollada en los epígrafes anteriores, puede conseguir un mayor nivel de garantía y seguridad en la extrapolación de las conclusiones de valoración de riesgos en los puestos de trabajo.

De otro lado, los estudios se suelen hacer basados en criterios de carácter subjetivo, es decir, una vez que alguien sospecha que un puesto de trabajo concreto puede entrañar riesgos para la salud del productor que lo ocupa.

En el presente trabajo se ha pretendido cambiar la metodología de actuación, de modo que previa decisión acordada por las partes interesadas en conseguir un grado aceptable de calidad en el ambiente de trabajo, se establezca un programa de actuaciones a corto, medio y largo plazo, programa que en todo momento responderá a criterios de planificación, suministrando informaciones puntuales o periódicas de la situación existente.

— Con el presente trabajo se ha pretendido cambiar el método de actuación, de modo que para conseguir un grado aceptable de calidad en el ambiente de trabajo se establezca un programa de actuaciones a corto, medio y largo plazo, programa que en todo momento responderá a criterios de planificación, suministrando informaciones puntuales o periódicas de la situación existente.



Ante el creciente abaratamiento del material electrónico y la posibilidad de disponer de ordenadores personales por precios módicos, se considera adecuado llevar a cabo la planificación y cuantificación de las decisiones, con el auxilio de este tipo de equipos, consiguiéndose de este modo una simplicidad y rapidez de todos modos deseable.

Para conseguir estos objetivos se ha abordado la elaboración de un programa en lenguaje BASIC, que contempla de modo simultáneo las distintas fases de valoración de un puesto de trabajo, comenzando con la elección de fechas de muestreo para conseguir la aleatoriedad, el número de muestras que se deben tomar para hacer un seguimiento correcto del puesto de trabajo, la valoración de los resultados analíticos obtenidos en las distintas muestras y el contraste de los resultados de valoración extraídos de un estudio estadístico de datos (con los estándares de valoración establecidos por la American Conference Governmental Industrial Hygienists y la Normativa Legal en España).

Las decisiones en cuanto a existencia o inexistencia de problema higiénico en un puesto de trabajo, se hacen con un grado de fiabilidad elevado, procedente del tratamiento estadístico de datos con un nivel de confianza del 95 por ciento. Este

mismo procedimiento de trabajo se sigue para la adopción fundamentada de la necesidad de implantar medidas correctoras en determinados puestos de trabajo.

El procedimiento seguido permite conseguir una decisión avalada por la historia de cada puesto de trabajo que permita la supresión de la necesidad de seguimiento de determinados puestos de trabajo, o un seguimiento testimonial de otros, o finalmente un seguimiento exhaustivo de unos terceros, todo ello en función de los datos de valoración que se van obteniendo para cada uno.

Para la escritura del programa se eligió el lenguaje BASIC por razones de simplicidad, debido a que nos encontramos ante un lenguaje implementado en la mayoría de los equipos informáticos del mercado, además de tratarse del lenguaje más difundido entre las personas con unos conocimientos informáticos de no muy alto nivel. Todo ello permite que el futuro usuario del mismo pueda someterlo a las modificaciones que considere oportunas, para adaptarlo a su problema particular y al equipo disponible en cada momento.

— Actualmente, tanto las empresas como la Administración realizan los estudios higiénicos con carácter puntual, es decir, tras un estudio que abarca un período de tiempo pequeño en comparación con la exposición anual de cada trabajador al riesgo evaluado.

El ordenador utilizado para la elaboración del programa ha sido un VAX-11, de Digital Equipment Corporation, con el sistema operativo VAX/VMS. El resultado ha sido un fichero secuencial de 63 bloques (\approx 4 Kbytes), con registros de longitudes variables, con un máximo de 73 bytes para un registro.

El programa en lenguaje BASIC, elaborado para proceder al seguimiento de los riesgos higiénicos en los puestos de trabajo, consta de un programa principal y de 12 subrutinas, que van siendo llamadas desde el programa principal.

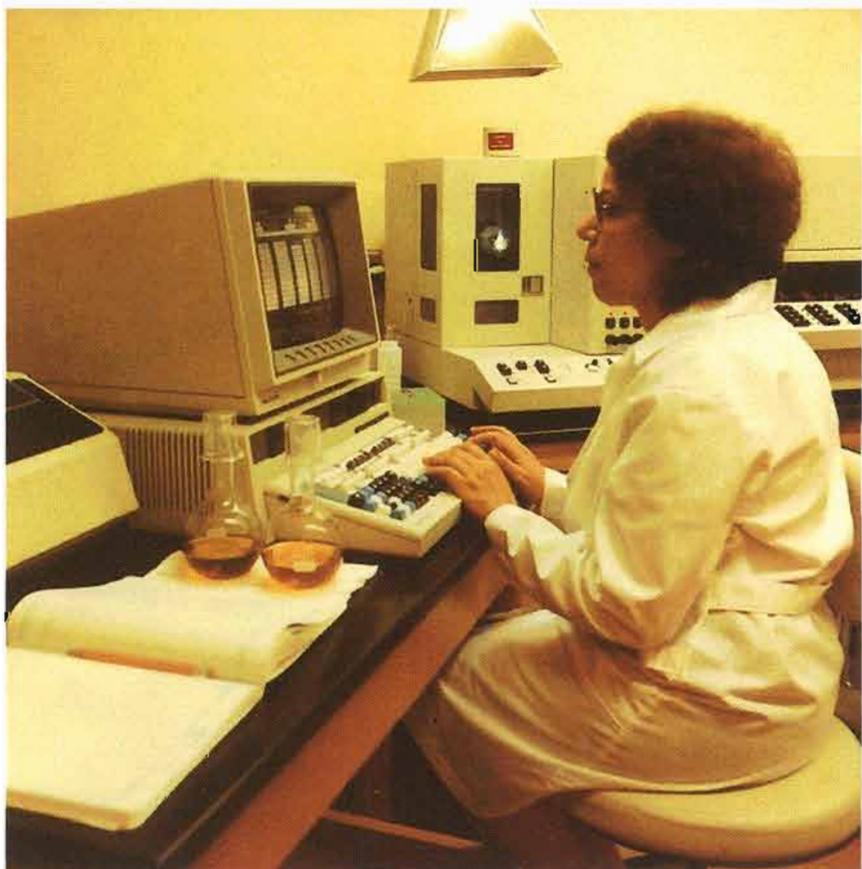
Como el programa está elaborado para trabajar con él de modo interactivo, suministra por la pantalla los datos y resultados que se van obteniendo (entre los que se incluyen los valores de concentra-

ción media y límites de variabilidad) para cada contaminante que se esté estudiando.

La comparación de los resultados obtenidos a partir del tratamiento estadístico de los niveles medidos, con los valores TLV recomendados por la ACGIH, se hace comparando los límites de variabilidad de la concentración media, denominados límites de contraste, con el valor de Concentración Promedio Permisible (TWA) para el contaminante tratado. Si el límite inferior de contraste (CMMIN) es superior al valor permitido para ocho horas diarias, existe problema higiénico para ese contaminante con un nivel de confianza del 95 por ciento. Si el límite superior de contraste (CMMAX) es inferior al valor permitido para ocho horas diarias, no existe problema higiénico para ese contaminante con un nivel de confianza de 95 por ciento. En el último caso, consistente en que el valor permitido para una exposición de ocho horas diarias el contaminante esté comprendido entre ambos límites de contraste, existe un caso de duda, en el que no se puede concluir la superación o no superación del TLV a un nivel de confianza del 95 por ciento.

En caso de duda sobre la existencia o inexistencia de problema higiénico para el contaminante estudiado, se resuelve haciendo una llamada a una subrutina, mediante la que se cuantifica un nivel de confianza, distinto del 95 por ciento, con el que existe o no superación del valor TLV establecido por la ACGIH.

Cuando la valoración (expresada en tanto por uno) de un contaminante en un puesto de trabajo sea superior a la unidad, estamos ante un caso de superación del nivel de concentración permitido por lo que se debe proceder a estudiar la implantación de medidas correctoras que reduzcan el nivel de agresión sobre el trabajador.



Si la valoración de un contaminante en un puesto de trabajo está comprendida entre 0,5 y 1,0, es aconsejable realizar un seguimiento periódico del contaminante. Habida cuenta de que ya se dispone de una información muestral del contaminante, se puede aplicar el Procedimiento Bimuestral de Stein para calcular el tamaño de muestreo necesario, con la condición de que la diferencia entre el valor medio real y el calculado, con ese tamaño de muestra o número de valoraciones del contaminante sea inferior a un valor preestablecido. El valor de error permitido se fija en el programa con un nivel de confianza del 95 por ciento, y se establece como un porcentaje del logaritmo decimal del valor de concentración permitido para el contaminante (TLV facilitado por la ACGIH). Una vez fijado el número de muestras que se deben tomar el siguiente año, para así realizar un seguimiento periódico del contaminante, sólo queda fijar las fechas en que se deben realizar dichos muestreos, para no perder las características de aleatoriedad impuestas al estudio, lo que se consigue llamando a la subrutina que realiza la obtención de fechas de muestreo.

En el caso de que la valoración del contaminante estudiado sea igual o menor que 0,5, se puede descartar del catálogo de los contaminantes a estudiar en el puesto de trabajo, ya que su concentración en el ambiente de trabajo no alcanza el Nivel de Acción.

El siguiente paso, dentro de un orden lógico, es comparar los niveles medidos con los valores permitidos por la Normativa Legal Española. En esta comparación pueden darse tres casos; primero, que no exista valor permitido para el contaminante motivo de estudio; segundo, que se supere el valor permitido, en este caso nos encontramos ante una infracción legal para ese contaminante, y tercero, que no exista tal superación, con lo que puede concluirse que no existe incumplimiento de la normativa legal.

En muchas ocasiones la bondad de un estudio higiénico es función del método de toma de muestras y/o análisis elegidos, de aquí que el siguiente paso a dar en el programa sea el estudio y análisis de la idoneidad del método de toma de



muestras, del método analítico y de la correcta utilización y aplicación de unos y otros. Para ello se calcula la variabilidad de los datos obtenidos como resultado del estudio, es decir, la mayor o menor diferencia entre los límites de contraste, que marcan el rango de oscilación del verdadero valor medio, ya que el valor medio calculado a partir de los valores muestrales no pasa a ser una estimación del verdadero.

Se toma como índice de variabilidad el cociente entre la mayor de las diferencias existentes entre el valor medio calculado y los límites inferior y superior de contraste, y la amplitud del rango de oscilación del verdadero valor medio, es decir, la diferencia entre el límite superior y el límite inferior de contraste.

Como algunos de los contaminantes estudiados pueden tener efectos aditivos, y se agruparon al comienzo del programa formando familias, es necesario proceder a calcular las valoraciones mínimas, medias y máximas de cada una de estas familias. Tras los cálculos oportunos se expresa la valoración de la familia, valor que en realidad podría oscilar entre dos límites que acotan su rango de variabilidad.

Con el fin de elaborar un fichero que permita su posterior lectura o impresión y en el que estén contenidas de modo resumido todas las informaciones de carácter fundamental, se utiliza una subrutina que realiza la escritura individualizada por contaminante de todas y cada una de las valoraciones individuales, que han servido para dictaminar el nivel de riesgo de cada contaminante estudiado.

Se cuida el nivel de presentación del fichero, de modo que en su momento, al proceder a una impresión del mismo, se tenga mecanografiada por cada contaminante toda la información esencial, pudiéndose incluir directamente en el informe técnico de conclusiones del estudio higiénico que se realiza.

Para ilustrar el uso del programa realizado se ha considerado conveniente proceder a la realización de un ejemplo de aplicación. Una vez finalizado el tratamiento informático de los datos, se han obtenido dos grupos de información: de un lado, la obtenida en el terminal durante la ejecución del programa de modo interactivo y, de otro, la obtenida en la impresión del fichero RESUMEN que se ha generado. ■

BIBLIOGRAFIA

- P. BISHOP. «Programación Avanzada en BASIC». Anaya Multimedia. 1985.
- H. DASHSLAGER, M. MAYASHI y R. SUCKER. «Programación en BASIC, un método práctico». Anaya Multimedia. 1984.
- J. GUADIX. «Fiabilidad en la valoración de agentes químicos contaminantes del ambiente laboral». VIII Congreso Nacional de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo. Zaragoza. 1977.
- N.I.O.S.H. «Occupational Exposure Sampling Strategy Manual». U.S. Department of Health, Education and Welfare. Cincinnati. 1977.
- N.I.O.S.H. «Statistical Methods for the Determination of Non Compliance with Occupational Health Standards». NIOSH Technical Information. 1975.
- M. R. SPIEGEL. «Statistics Theory and Problems». Mc. Graw-Hill, Inc. 1961.
- D. G. WEINMAN y B. L. KURSHAN. «VAX-BASIC». Reston Publishing Company, Inc. 1983.
- Ya - lun chou «Análisis estadístico». Interamericana. México. 1972.

Morfología y lógica del programa

Al observar el programa en lenguaje BASIC, elaborado para proceder el seguimiento de los riesgos higiénicos en los puestos de trabajo, se comprueba que consta de un programa principal y de 12 subrutinas, que van siendo llamadas desde el programa principal para realizar las siguientes tareas:

- 1) Obtención de fechas de muestreo.
- 2) Lectura de los estadísticos de contraste.
- 3) Tratamiento del polvo con Sílice.
- 4) Transformación de unidades.
- 5) Obtención del mayor de los valores medidos.
- 6) Obtención del valor medio de las muestras y los límites de contraste.
- 7) Cálculos de la fracción total en el polvo de naturaleza silíceo.
- 8) Cálculos de la fracción respirable en el polvo de naturaleza silíceo.
- 9) Solución de los casos de duda al nivel de confianza del 95 por 100.
- 10) Escritura de los contaminantes que integran una familia con efectos aditivos.
- 11) Escritura sobre fichero de salida de los valores medidos.
- 12) Escritura sobre fichero de salida de los resultados finales calculados.

Ejemplo de aplicación

Para ilustrar el uso del programa realizado se ha considerado conveniente proceder a la realización de un ejemplo de aplicación.

El ejemplo que se presenta trata de realizar la evaluación higiénica de una empresa imaginaria en la que existen cinco puestos de trabajo, de los que se tiene interés en conocer el nivel de agresión que pueden ocasionar a los trabajadores que habitualmente los desempeñan.

Para el puesto de trabajo de tratamientos de disolventes, en el que se sabe que se utiliza una mezcla de los mismos, se van a utilizar tubos de carbón de activo, tomando un total de seis muestras personales a los trabajadores que lo ocupan.

En el puesto de trabajo donde se utiliza amianto se van a tomar cinco muestras personales con filtros de 0,8 µ, sobre los que posteriormente se realizará el conteo de las fibras recolectadas.

En la primera *pasada* que realizamos del programa se desean conocer las fechas de toma de muestra interrumpiéndose el proceso una vez que la información que se recoge a continuación apareció en el terminal del ordenador.

Como ilustración se hará el seguimiento de una parte de los contaminantes presentes en el supuesto.

¿NECESITA LAS FECHAS DE MUESTREO? SI.

¿CUANTAS MUESTRAS DESEA TOMAR? 5.

PARA QUE EL MUESTREO SEA ALEATORIO: LOS DIAS DE TOMAS DE MUESTRAS DEBERÁN SER:

- 13 DE FEBRERO.
- 26 DE MARZO.
- 16 DE OCTUBRE.
- 15 DE DICIEMBRE.
- 25 DE DICIEMBRE.

Después de realizar el estudio higiénico a lo largo del año de toma de datos, respetando las fechas que nos indica el programa, para poder dar el tratamiento de muestreo aleatorio, se han recogido todas las muestras

previstas, que fueron analizadas en un laboratorio con los adecuados controles de calidad.

Se decide ejecutar por segunda vez el programa y en esta *pasada* apareció en el terminal del ordenador la información que se recoge a continuación:

¿NECESITA LAS FECHAS DE MUESTREO? NO.

¿CUAL ES EL NUMERO DE CONTAMINANTES QUE DESEA ESTUDIAR? 7.

ESCRIBA SOBRE CADA LINEA:

— UN NUMERO ORDINAL.

— EL NOMBRE DEL CONTAMINANTE.

— SU VALOR TLV (A.C.G.I.H.) Y LAS UNIDADES DE VALORACION.

— SU CONCENTRACION PERMITIDA POR LA LEY Y LAS UNIDADES DE VALORACION.

CADA DATO DEBE SEPARARSE DEL SIGUIENTE POR COMA. EJ: 8, POLVO INTERTE,10, MG/M 3,1765, MPPMC.

¿DESEA CONSIDERAR EFECTOS ADITIVOS EN LOS CONTAMINANTES? SI.

¿CUANTAS FAMILIAS DE CONTAMINANTES DESEA CONSIDERAR CON EFECTOS ADITIVOS EN SUS ACCIONES INDIVIDUALES? 1.

¿CUANTOS CONTAMINANTES INTEGRAN LA FAMILIA? 3.

¿CUAL ES EL NUMERO DE ORDEN DEL CONTAMINANTE 1 PERTENECIENTE A LA FAMILIA 1? 3.

¿CUAL ES EL NUMERO DE ORDEN DEL CONTAMINANTE 2 PERTENECIENTE A LA FAMILIA 1? 4.

¿CUAL ES EL NUMERO DE ORDEN DEL CONTAMINANTE 3 PERTENECIENTE A LA FAMILIA 1? 5.

ESTUDIEMOS EL CONTAMINANTE BENCENO.

¿CUANTAS MUESTRAS HA TOMADO YA? 6.

INTRODUZCA LOS RESULTADOS ANALITICOS DE LAS MUESTRAS, UNO EN CADA LINEA.

? 20.0

? 32.5

? 56.7

? 92.4

? 12.2

? 115.0

LA ESTIMACION DEL VALOR MEDIO ES: 41.0

EL LIMITE MINIMO DE CONTRASTE ES: 19.9

EL LIMITE MAXIMO DE CONTRASTE ES: 84.6

ESTAMOS ANTE UN CASO DE DUDA AL NIVEL DE CONFIANZA DEL 95 % SOBRE LA EXISTENCIA O INEXISTENCIA DE PROBLEMA HIGIENICO PARA EL CONTAMINANTE BENCENO.

SE SUPERA EL NIVEL PERMITIDO POR LA A.C.G.I.H. CON UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 80 % (SE EXPRESA EN TANTO POR CIENTO Y SOLO ES TOTALMENTE VALIDO CUANDO EL NUMERO DE MUESTRAS TOMADAS PARA ESTE CONTAMINANTE ES IGUAL O MAYOR DE 30). EXISTE UNA INFRACCION LEGAL POR SUPERARSE EL NIVEL PERMITIDO PARA EL CONTAMINANTE BENCENO.

LA VALORACION DEL CONTAMINANTE BENCENO EXPRESADA EN TANTO POR UNO ES: 1.36799. DEBE IMPLANTAR MEDIDAS CORRECTORAS QUE REDUZCAN LA CONCENTRACION DEL CONTAMINANTE BENCENO.

EL METODO DE TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS TIENE UNA VARIABILIDAD DEL 1.06162

DEBE ESTUDIAR LA NECESIDAD DE MEJORARLOS.

ESTUDIEMOS EL CONTAMINANTE CROCIDOLITA

¿CUANTAS MUESTRAS HA TOMADO YA? 5

INTRODUZCA LOS RESULTADOS ANALITICOS DE LAS MUESTRAS, UNO EN CADA LINEA.

? 2.6
? 7.4
? 0.5
? 0.1
? 9.3

LA ESTIMACION DEL VALOR MEDIO ES: 1.5

EL LIMITE MINIMO DE CONTRASTE ES: 0.2

EL LIMITE MAXIMO DE CONTRASTE ES: 9.6

EXISTE PROBLEMA HIGIENICO PARA EL CONTAMINANTE CROCIDOLITA CON UN 95 % DE CONFIANZA. EXISTE UNA INFRACCION LEGAL POR SUPERARSE EL NIVEL PERMITIDO PARA EL CONTAMINANTE CROCIDOLITA.

LA VALORACION DEL CONTAMINANTE CROCIDOLITA EXPRESADA EN TANTO POR UNO ES: 7.75

DEBE IMPLANTAR MEDIDAS CORRECTORAS QUE REDUZCAN LA CONCENTRACION DEL CONTAMINANTE CROCIDOLITA.

EL METODO DE TOMA DE MUESTRAS Y ANALISIS TIENE UNA VARIABILIDAD DEL 5.22455

DEBE ESTUDIAR LA NECESIDAD DE MEJORARLOS.

Al mismo tiempo que se ha ido ejecutando el programa, de modo interactivo, con el ejemplo que se considera, se ha ido creando un fichero en el que se van almacenando de modo resumido todas las informaciones de carácter fundamental.

El fichero creado, que se denomina RESUMEN.DAT, contiene información para todos y cada uno de los contaminantes estudiados, incluyéndose para cada uno: el nombre, los niveles de concentración permitidos con sus unidades de valoración, el número de muestras tomadas, los valores individuales de cada una de las muestras, la desviación típica, la concentración media estimada, los límites de variabilidad (máximo y mínimo) de la concentración media y la valoración del nivel de riesgo. En el caso de polvo con sílice, contiene además el porcentaje medio de sílice libre obtenido a partir de las muestras tomadas.

Una vez terminada la ejecución del ejemplo considerado, se procede a imprimir el fichero RESUMEN, obteniéndose la información que se recoge a continuación:

EJEMPLO 1

CONTAMINANTE: BENCENO

NIVELES PERMITIDOS:

NIVEL PERMITIDO POR LA A.C.G.I.H.: 30.00 MG/M3

NIVEL LEGAL PERMITIDO: 110.00 MG/M3

NUMERO DE MUESTRAS TOMADAS: 6

VALORES DE LAS MUESTRAS TOMADAS

MUESTRA NO.	MEDICION
1	20.00 MG/M3
2	32.50 MG/M3
3	56.70 MG/M3
4	92.40 MG/M3
5	12.20 MG/M3
6	115.00 MG/M3

CONCENTRACION MEDIA: 41.0 MG/M3

DESVIACION TIPICA: 0.33

LIMITES DE VARIABILIDAD DE LA CONCENTRACION MEDIA AL NIVEL DE CONFIANZA DEL 95 %, EXPRESADOS EN MG/M3

LIMITE MINIMO: 19.9 MG/M3

LIMITE MAXIMO: 84.6 MG/M3

VALORACION EXPRESADA EN TANTO POR UNO, RESPECTO AL NIVEL PERMITIDO POR LA A.C.G.I.H.

NIVEL DE RIESGO: 1.37

EJEMPLO 2

CONTAMINANTE: CROCIDOLITA

NIVELES PERMITIDOS:

NIVEL PERMITIDO POR LA A.C.G.I.H.: 0.20 FB/CC

NIVEL LEGAL PERMITIDO: 1.00 FB/CC

NUMERO DE MUESTRAS TOMADAS: 5

VALORES DE LAS MUESTRAS TOMADAS

MUESTRA NO.	MEDICION
1	2.60 FB/CC
2	7.40 FB/CC
3	0.50 FB/CC
4	0.10 FB/CC
5	9.30 FB/CC

CONCENTRACION MEDIA: 1.5 FB/CC

DESVIACION TIPICA: 0.83 FB/CC

LIMITES DE VARIABILIDAD DE LA CONCENTRACION MEDIA AL NIVEL DE CONFIANZA DEL 95 %, EXPRESADOS EN FB/CC

LIMITE MINIMO: 0.2 FB/CC

LIMITE MAXIMO: 9.6 FB/CC

VALORACION EXPRESADA EN TANTO POR UNO, RESPECTO AL NIVEL PERMITIDO POR LA A.C.G.I.H.

NIVEL DE RIESGO: 7.75