

# Manual de Análisis de Alcohol en el aire espirado



## INTRODUCCION

El análisis del alcohol en el aire espirado constituye un elemento de gran importancia en la política de prevención contra la conducción bajo los efectos del alcohol. La intención de este manual es la introducción en este tema bajo sus aspectos tecnológicos y legales.

## EL ALCOHOL EN EL CUERPO

### La ley de Henry

Henry, un químico inglés, estudió en 1803 el comportamiento de una sustancia volátil en una disolución. Aunque él no estudió en concreto las disoluciones de alcohol en su trabajo, su ley se aplica a las disoluciones de alcohol en agua conteniendo menos de un 20% de alcohol.

Cuando se añade alcohol al agua, éste se disuelve en ella, tendiendo sin embargo una parte del alcohol a escapar de la disolución en forma de gas, tendencia que puede ser detectada por el olor a alcohol.

Si la disolución de alcohol en agua la introducimos en una botella sin llenarla completamente y la tapamos, la concentración de alcohol en el aire de la botella crecerá hasta alcanzar un punto máximo, permaneciendo en ese momento constante. La concentración en el aire dependerá de dos factores:

- (a) La temperatura del sistema, y
- (b) la concentración de alcohol en la disolución.

Si el aire de la botella se reemplazara por aire conteniendo una concentración mayor, el alcohol pasaría del vapor a la disolución hasta que se alcanzara la misma proporción en ambas concentraciones (vapor y disolución). Si la temperatura de la disolución aumentase, la concentración de alcohol en el aire crecería. De estas sencillas observaciones se dedujo la versión simplificada de la ley de Henry:

**"Cuando una solución acuosa de un componente volátil alcanza un equilibrio con el aire, existe una proporción fija entre las concentraciones de este componente en el aire y en la disolución, para una temperatura determinada".**

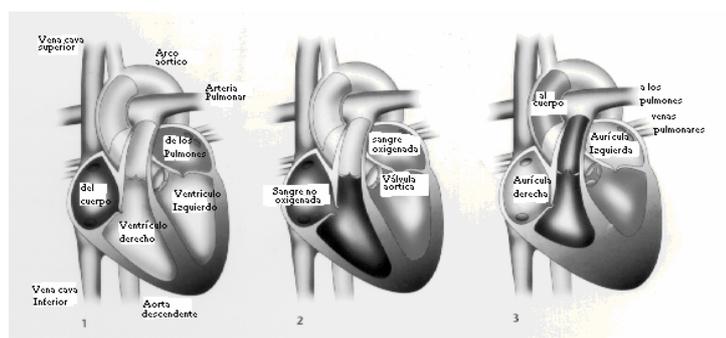
La ley de Henry se aplica asimismo al cuerpo humano. La proporción de alcohol existente en la sangre (en la que riega los pulmones) y en el aliento se relacionan entre sí del mismo modo que la disolución en agua descrita en el ejemplo de la botella. El paralelismo entre la ley de Henry y lo que sucede en el cuerpo humano podemos establecerlo de la siguiente manera:

Ley de Henry	Persona
Cuando una solución en agua	Sangre
De un componente volátil	+alcohol
Llega a un equilibrio con el airep	Pulmones
Existe una relación fija entre la Concentración de la solución en el aire Y en la disolución	Proporción 2000:1
Siendo constante para una temperatura dada	La temperatura del cuerpo es constante
<i>La relación de concentraciones no depende del peso o constitución de la persona</i>	

## El sistema circulatorio

Podemos considerar el sistema circulatorio dividido en las siguientes partes: El sistema que transporta sangre a los pulmones o **sistema circulatorio pulmonar**, que comienza en el ventrículo derecho, pasa por los pulmones y finaliza en la aurícula izquierda. La sangre es transportada a los pulmones a través de la arteria pulmonar que, entrando en los pulmones se subdivide en capilares en el tejido pulmonar recubriendo los alvéolos, donde tiene lugar el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre aire y sangre. La sangre oxigenada regresa a la aurícula izquierda para ser distribuida por el cuerpo.

El diagrama ilustra como el sistema circulatorio pulmonar transporta sangre del cuerpo al corazón a través del ventrículo derecho para llevarla luego a los pulmones para oxigenación y devolverla luego al cuerpo vía el ventrículo izquierdo del corazón.



**circulación cerebral** aporta sangre para el riego del cerebro desde la aorta, regresando a la cava a través de la yugular.

Los capilares que suministran sangre al intestino transportan también las sustancias alimenticias absorbidas. Las venas que irrigan éste área no regresan directamente al corazón sino que se dirigen al hígado, las sustancias nutritivas absorbidas en el intestino son sometidas a muchos procesos

antes de ser usadas como componentes útiles o ser almacenadas para su uso posterior. Desde el hígado la sangre pasa a la vena cava y regresa al corazón.

## El alcohol en el cuerpo

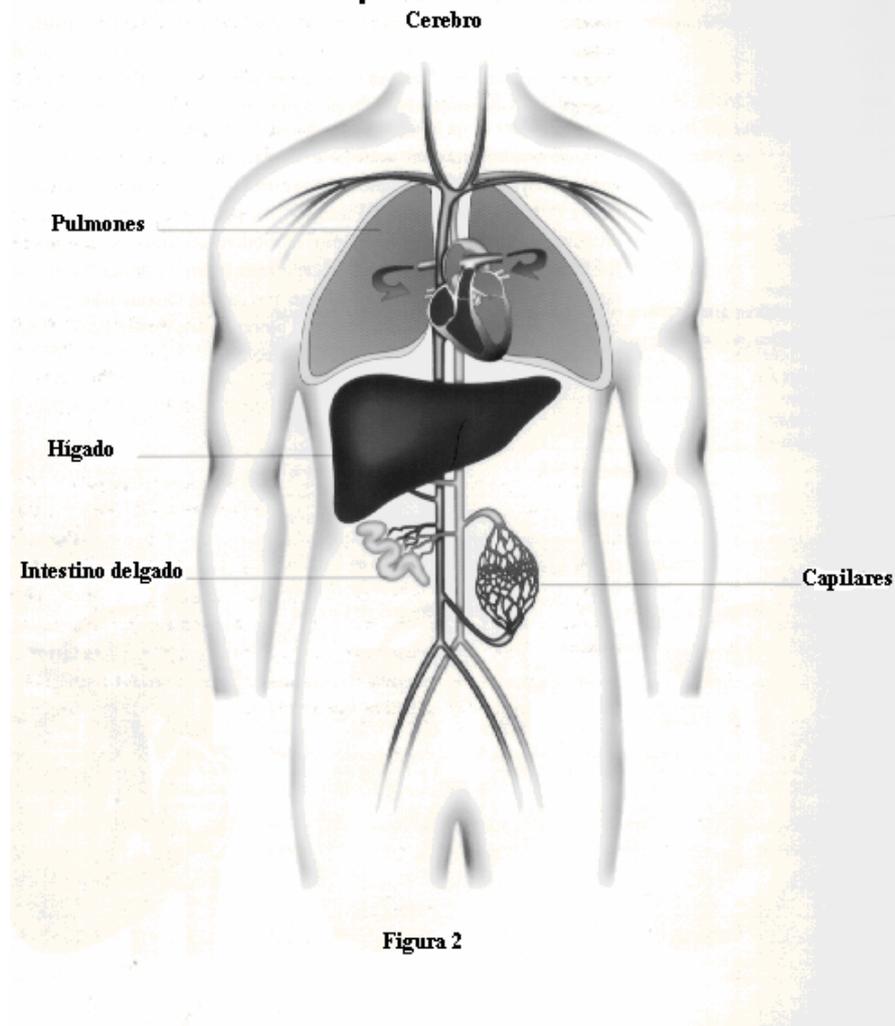


Figura 2

El sistema de vasos que transporta la sangre hacia los diversos órganos y tejidos del cuerpo comienza en la aorta y transporta la sangre a presión desde el ventrículo izquierdo, subdividiéndose en diversas ramas en arterias mayores que aportan sangre a diferentes partes del cuerpo.

Debe tenerse en cuenta que el flujo de sangre hacia las diversas partes del cuerpo no es constante y puede ser alterado por diferentes estímulos. Por ejemplo cuando hace frío se contraerán los vasos de la piel disminuyendo el flujo de sangre en la misma y la pérdida de calor. Durante el ejercicio en cambio crece el flujo de sangre hacia los músculos para proveerlos de oxígeno y materias alimenticias. Estos factores son importantes cuando consideramos la absorción y distribución del alcohol en el cuerpo.

## El sistema respiratorio

### **Estructura.**

El sistema respiratorio lo forman los pulmones y el sistema de conductos por los que el aire llega a ellos. El aire normalmente entra en el cuerpo a través de los orificios nasales pasando por la nariz, donde es filtrado y calentado. La cavidad de la parte posterior de la boca es un paso común para aire y alimentos. Desde aquí la comida pasa al esófago y el aire pasa a la laringe atravesando la epiglotis, mecanismo que impide la abertura a la laringe cuando estamos tragando.

Desde la laringe el aire pasa a la tráquea, que contiene anillos de cartílago que impiden que el paso de aire pueda cerrarse, la tráquea se divide en dos ramas llamadas bronquios que llegan cada una a un pulmón, subdividiéndose en ramas cada vez más estrechas. En las paredes de los tubos más finos existen pequeñas cavidades en forma de copa, son los llamados alvéolos.

Las paredes de los alvéolos están alimentadas por un sistema de capilares sanguíneos y dado que las paredes de los alvéolos son delgadas y están húmedas, las moléculas de gases pueden difundirse a través de ellas. Es en los alvéolos donde tiene lugar la transferencia de gases entre sangre y aire. El área disponible para esta transferencia se estima que es mayor que 100 metros cuadrados, es decir más de 50 veces la superficie de la piel.

### **Respiración**

El proceso conocido como respiración podemos dividirlo en dos fenómenos diferentes. El proceso mecánico de introducir aire en los pulmones (inspiración) y dejarlo salir de nuevo (expiración) y por otra parte el proceso de intercambio de gases, primero entre sangre y aire exterior y segundo entre la sangre y las células.

En reposo se introducen aproximadamente 500 mL de aire con cada inspiración. Este volumen se conoce como volumen tidal. Si expiramos éste volumen aún podremos además expeler un volumen adicional de 1,5 litros, aún incluso después de esto aún permanecerá en los pulmones aproximadamente un litro de aire. Por otro lado además de los 500 mL de aire que normalmente inspiramos podremos inspirar adicionalmente unos 3 litros si respiramos profundamente. Se conoce como capacidad vital al volumen total que podemos expirar después de una inspiración profunda. De los 500 mL que introducimos habitualmente al inspirar, no todos alcanzan los alvéolos, quedándose en los tubos de conducción (tráquea, bronquios, etc.) una parte de éste volumen.

Durante la expiración es precisamente el aire que se encuentra en las vías aéreas el primero que expulsamos. Este aire, al no haber estado en contacto con la sangre tendrá una composición que no habrá variado. Al final de la expiración el aire, con una concentración alta de dióxido de carbono, volverá a ser inspirado. De éste modo tan sólo 350 mL de aire serán verdaderamente reemplazados en los alvéolos, mezclándose con los 2,5 litros que están ya en el sistema.

## **Aire alveolar**

Debe considerarse que la primera porción de aire espirado durante la expiración es aire de vías respiratorias que no ha estado en los alvéolos; una vez desplazado éste volumen se espele el aire de los alvéolos. Esta parte final, el aire alveolar, es la que ha sufrido verdaderamente el intercambio de gases entre sangre y aire.

Es importante la distinción del aire alveolar con el resto del aire espirado porque es justamente esta parte del aire la que nos va a interesar para la determinación de la concentración de alcohol en la sangre. El aire de las vías respiratorias contendrá una cierta proporción de alcohol pero su composición variará y será menor siempre que la proporción de alcohol en el aire alveolar.

## **La absorción, distribución y eliminación del alcohol (curva del alcohol en la sangre).**

### **Absorción**

Casi de forma inmediata a la ingesta del alcohol, éste pasa a distribuirse por la sangre debido a la habilidad del alcohol para difundirse a través de las paredes del estómago y entrar en el riego sanguíneo de ese área. A pesar de que la absorción comienza ya en el estómago, la mayor parte se produce en el intestino delgado.

Existen muchos factores que pueden hacer variar la absorción de alcohol desde el sistema digestivo. Dado que la absorción es un proceso de difusión, se verá afectado por diferentes factores, por ejemplo la presencia en el estómago de agentes irritantes puede dar lugar a una mayor secreción de jugos gástricos que pueden a su vez modificar la absorción.

Siempre se ha puesto un gran énfasis en la influencia de la comida en la absorción de alcohol. En general se reconoce la influencia de la presencia de comida, en particular de comida grasa, como un factor que tiende a retrasar la absorción del alcohol, el fenómeno no es bien conocido en todos sus detalles pero parece deberse al efecto de dilución de la comida.

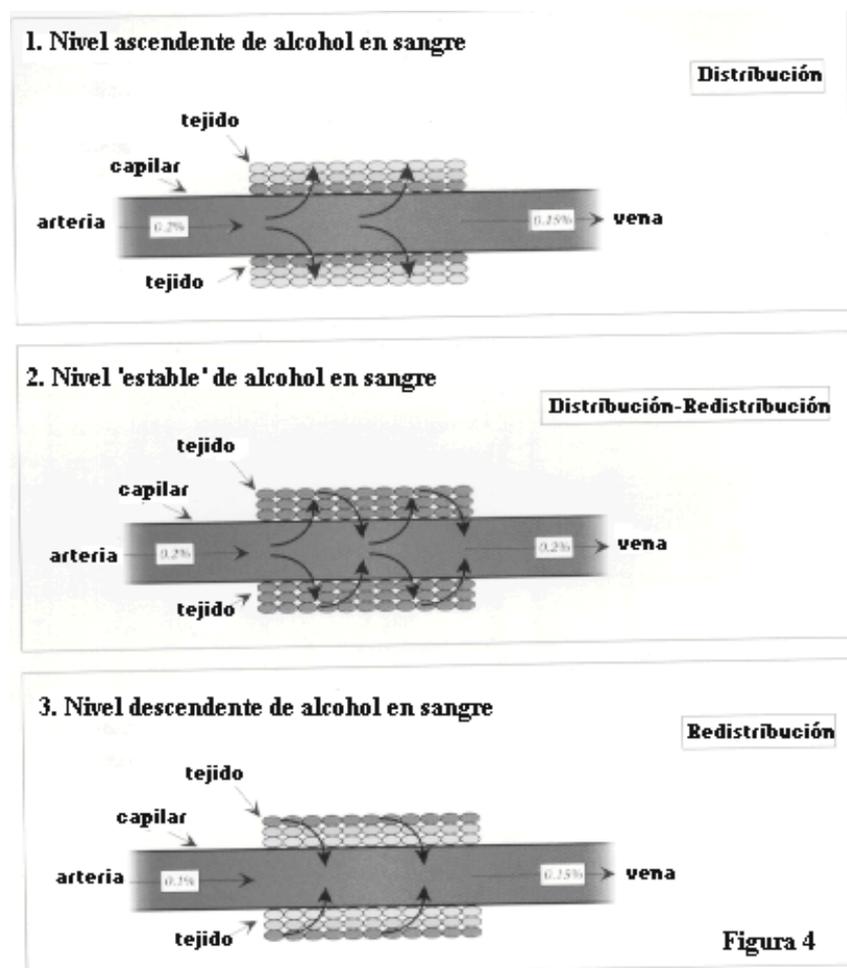
La variación en la absorción del alcohol hace que la concentración de alcohol en sangre pueda variar, incluso, en el mismo individuo considerado en diferentes ocasiones.

### **Distribución**

Cuando el alcohol se difunde en las paredes del tracto digestivo, entra en la sangre del sistema de capilares que vierten la sangre en la vena portal que conduce al hígado. En el hígado una parte del alcohol es destruido, siendo el restante transportado por la sangre en circulación a todo el cuerpo incluido el cerebro.

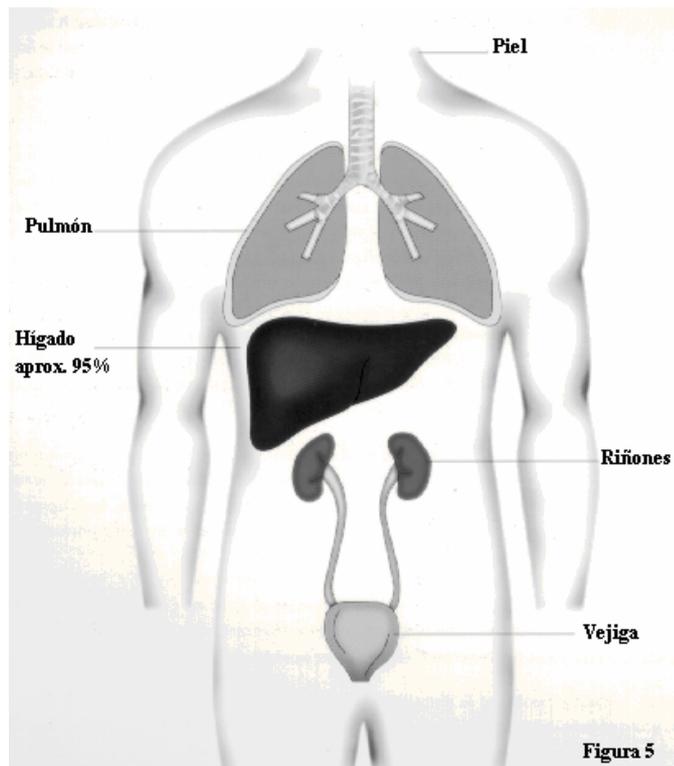
Durante la primera etapa de la absorción, la sangre suministra alcohol a los diferentes tejidos del cuerpo, esto sigue sucediendo en tanto la concentración de alcohol en la sangre sea significativamente mayor que en los tejidos. El alcohol se distribuye en mayor proporción en aquellos

tejidos con un mayor contenido de agua, por ejemplo, el tejido muscular que contiene aproximadamente el 80% de agua, absorberá más alcohol que la grasa, que contiene el 20%.



La distribución del alcohol en los tejidos continúa hasta que la concentración, en proporción con el contenido de agua, queda equilibrada.

Al transcurrir el tiempo después de la ingestión del alcohol, la concentración de éste va disminuyendo en la sangre y el alcohol es entonces cedido por los tejidos a la sangre. Este proceso es sin embargo generalmente más lento que el que tiene lugar durante la ingestión del alcohol y se puede decir que existe un equilibrio entre la concentración de alcohol en la sangre y en los tejidos.



## Eliminación

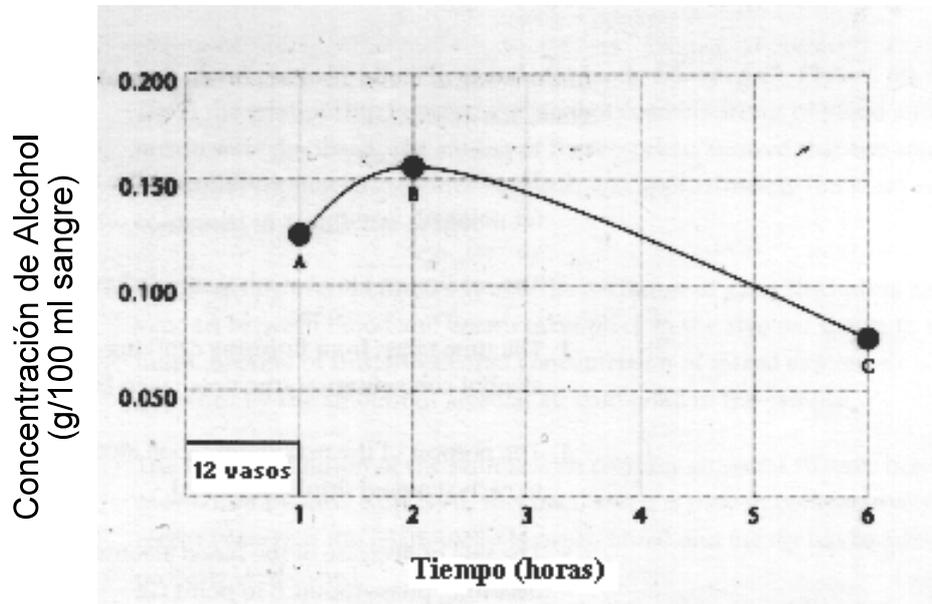
El alcohol es eliminado del cuerpo por medio de diferentes procesos. La mayor proporción, aproximadamente el 95%, es destruida por medio de enzimas en el hígado. El producto final de esta destrucción es dióxido de carbono y agua, productos no tóxicos que se eliminan fácilmente del cuerpo.

El resto del alcohol (aproximadamente el 5%) es eliminado sin cambios en la orina, con eliminación de menores cantidades en el aliento y en la transpiración (figura 5).

Es el conjunto de la eliminación de alcohol del cuerpo lo que resulta importante a efectos forenses; la rapidez con que el alcohol desaparece del cuerpo y consecuentemente de la sangre que irriga el cerebro.

## La curva de eliminación del alcohol

La concentración de alcohol en la sangre en cualquier momento será determinada por la absorción, la distribución y la eliminación. Dado que lo importante es el efecto conjunto y la concentración en la sangre, será conveniente estudiar los cambios que ocurren en la sangre. En el gráfico siguiente podemos comprobar la evolución de la concentración de alcohol en la sangre de un sujeto que consumió 12 vasos de 200 mililitros de cerveza en una hora.



Aunque la curva es perfectamente continua en la realidad se producen variaciones más bruscas en la misma, especialmente en la parte de subida. En la curva de concentración podemos considerar tres partes principales:

- I. La parte en que la concentración asciende (de A a B).
- II. La parte en que se alcanza el máximo, o pico (B).
- III. La parte en que la concentración desciende (de B a C).

La primera parte de la curva es aquella en que el alcohol aportado a la sangre es mayor que el que sale de ella por absorción en los tejidos y por eliminación.

Cuando la concentración alcanza su punto máximo no se produce subida ni bajada alguna, ha de tenerse en cuenta sin embargo que la absorción sigue teniendo lugar, solamente la velocidad de absorción se iguala a la de eliminación.

A partir de ese momento el alcohol comienza a ser eliminado en mayor proporción que absorbido y la concentración empieza a bajar. En el estudio de curvas de absorción de alcohol hay varios puntos que deben ser tenidos en cuenta:

1. La concentración de alcohol en el punto en que el sujeto deja de beber (punto A).
2. La concentración máxima de alcohol alcanzada (punto B).
3. El tiempo que transcurre entre los puntos A y B.
4. La proporción de la concentración máxima de alcohol alcanzada atribuible a cada consumición de alcohol efectuada.
5. La tasa (velocidad) de disminución de la concentración de alcohol en la fase de declive (entre B y C).

En ocasiones es preciso calcular la concentración de alcohol en sangre de un sujeto en un momento diferente de aquel en que se efectuaron las medidas. Esto resulta difícil de realizar con un cierto grado de precisión debido a la amplia variación de las curvas de concentración en sangre producida en diferentes sujetos o incluso en el mismo sujeto en diferentes ocasiones.

## FISIOLOGIA Y ALCOHOL

### Fundamentos fisiológicos de la medición en el aliento

Después de la ingestión del alcohol, la presencia del mismo en el organismo puede ser demostrada en diferentes fluidos corporales (transpiración, orina, sangre y aliento). La concentración relativa de alcohol en muchos de éstos fluidos ha sido estudiada tanto teórica como prácticamente. La aplicación forense de la medición en el aliento parece haber sido considerada por primera vez en 1927 cuando se estableció una relación entre la concentración en el aliento y en la orina.

En un informe, publicado por Liljestrand y Linde en 1930, se discute la relación entre las concentraciones en sangre y aliento. Los estudios mostraron que la cantidad de alcohol contenida en 2 litros de aliento eran aproximadamente la misma que la contenida en 1 mililitro de sangre.

Ya se ha señalado el intercambio de gases (incluidos los vapores de alcohol) que tienen lugar en los espacios alveolares de los pulmones. Por ello la concentración de alcohol en el aire expirado está regida por la proporción de aire alveolar en la muestra de aire.

La determinación de la concentración de alcohol en sangre por medio del aire expirado está basada en la existencia de una relación definida entre la concentración de alcohol en la sangre que pasa por los pulmones y el aire en los alvéolos. Al final de la inspiración los pulmones y debido a la gran superficie de contacto entre la sangre y el aire se produce, de acuerdo con la ley de Henry un equilibrio entre la distribución de alcohol en ambas fases. Dado que además, dentro de límites bastante estrechos, la temperatura del sistema se mantiene constante, la concentración de alcohol en la fase gaseosa depende solamente de la concentración en la fase líquida.

El establecimiento de un equilibrio se ve favorecido por el hecho de que los alvéolos jamás se vacían, incluso con una espiración forzada. Al comenzar la inspiración. Durante la inspiración el primer aire que reciben los alvéolos es el contenido en los conductos respiratorios y posteriormente entra el aire exterior. El sistema respiratorio podría por tanto ser comparado con una columna de aire con una concentración de alcohol que cambia de cero en un extremo a una concentración relativamente elevada en el otro extremo. Durante la espiración la primera porción de aire consiste básicamente en aire de los conductos respiratorios, conteniendo menos alcohol que el aire alveolar. Para propósitos de análisis debe ser el aire alveolar el que se utilice.

A pesar de pertenecer a los conductos respiratorios, el aire expulsado al expirar contiene una cierta proporción de alcohol, debido a la difusión en la saliva y en la mucosidad que reviste boca y tráquea; en ambos casos se trata de líquidos a los que ha llegado, por difusión desde la sangre, alcohol

procedente del torrente sanguíneo; siendo no obstante este proceso mucho menos eficiente, debido a la menor superficie en contacto, que el que ocurre en los alvéolos.

Históricamente se han llevado a cabo diferentes investigaciones para determinar la correlación entre las concentraciones en aire y en sangre, tanto in vivo (en pruebas con personas) como in vitro (en pruebas de laboratorio). En su primera etapa la mayoría de estas investigaciones revelaron que el valor del ratio de correlación entre ambos valores era de 2000:1. En 1.950 Harger, Forney y Barnes llevaron a cabo una serie de experimentos en los que llegaron a la conclusión, eliminando todas las fuentes posibles de errores, de que la relación es de aproximadamente 2100:1.

Para el conocimiento exacto de la concentración de alcohol en aire según la ley de Henry, se requiere que la temperatura del sistema se mantenga constante. Esta condición se cumple en el cuerpo humano donde la temperatura es mantenida dentro de ciertos límites. No obstante hay que tener en cuenta que la temperatura del aire que abandona la boca al espirar es ligeramente menor que la temperatura en el cuerpo. La relación antes mencionada se toma a una temperatura de 34 °C.

Debe enfatizarse el hecho de que la tasa de distribución está gobernada por factores biológicos. Por lo tanto puede variar de un sujeto a otro y de un momento a otro en el mismo sujeto, el valor que se menciona de correlación entre sangre y aire es por tanto un promedio estadístico.

La tasa adoptada legalmente en España es de 2000:1.

## FARMACOLOGIA Y ALCOHOL

La farmacología puede ser definida como el estudio de las drogas y de su interacción con el cuerpo.

El alcohol se ha definido con frecuencia, erróneamente, como un estimulante, cuando actúa realmente como un depresor del sistema nervioso. La acción depresora del alcohol varía sin embargo en diferentes partes del cerebro, viéndose algunas áreas más afectadas que otras.

El sistema nervioso puede ser considerado como una serie de estratos que se han ido acumulando en el transcurso de la evolución. El primer y más antiguo estrato, la médula espinal y el bulbo raquídeo, controlan las funciones más rudimentarias del cerebro. Cada estrato sucesivo modifica y controla la elaboración realizada por los estratos inferiores sin reemplazarla.

Cuando se administran drogas, tales como el alcohol, parece que las funciones se ven afectadas, comenzando por aquellas controladas por los estratos superiores. Lo primero que parece afectarse es la función más elevada del cerebro, es decir la pérdida de la autoconciencia crítica, del juicio y del razonamiento. La pérdida de estas funciones, a concentraciones bajas de alcohol, es la causante de que pueda considerarse al alcohol como un estimulante. La eliminación de estas funciones inhibitorias produce en efecto una sensación de bienestar. Cuando la concentración de alcohol se va elevando, se van viendo afectadas funciones adicionales, como la coordinación, y produciéndose otros síntomas característicos de la llamada intoxicación clínica.

Si la concentración de alcohol continúa elevándose, se van viendo afectadas capas sucesivas del sistema nervioso hasta llegar, a muy altas concentraciones, a la pérdida de conciencia por parte del sujeto, que no obstante continúa con sus funciones vitales sostenidas por una capa aún más baja del cerebro. Si la concentración de alcohol sigue elevándose puede llegarse a un cese del funcionamiento de los pulmones y la muerte del sujeto.

Debe observarse, que algunas funciones de algunas partes del cerebro pueden verse afectadas a concentraciones bajas de alcohol, mucho antes de la aparición de síntomas claros de intoxicación etílica.

Además de sus efectos en el cerebro el alcohol afecta a otras partes del cuerpo, por ejemplo causa la dilatación de los vasos periféricos produciendo una mayor irrigación de la piel, lo que proporciona un aspecto muy característico a algunas personas cuando beben y que causa la sensación de calentamiento del cuerpo cuando se bebe después de haber pasado frío.

### **Alcohol y drogas o medicamentos**

Pese a que ciertas drogas puedan clasificarse como estimulantes o depresivos, no puede asumirse que la toma de un estimulante anule los efectos de un depresivo o al contrario. El efecto combinado de varias drogas no es un asunto de aritmética.

Podemos concluir que algunos tranquilizantes, así como píldoras para dormir, pueden ocasionar que una persona exteriorice más sus signos de intoxicación. En cualquier caso el problema de mezclas de drogas con alcohol es complejo y sólo puede ser analizado por personas expertas, médicos o científicos.

### **Tolerancia**

Es conocido que diferentes personas pueden dar respuestas diferentes ante una dosis dada de alcohol. Es por ello que se ha acuñado popularmente la expresión de "tolerar el alcohol" que debe ser discutida en más profundidad.

En farmacología la expresión "tolerancia", se usa para describir una situación en la cual se necesitan dosis superiores a las normales de una sustancia determinada para obtener la misma respuesta en una persona. Por ejemplo una persona adicta a la morfina puede desarrollar una tolerancia a la droga que haría que sobreviviera a dosis que causarían la muerte a una persona normal.

Aunque las personas difieren en su respuesta al alcohol, es muy dudoso que pueda hablarse de tolerancia en sentido estricto. En este caso las variaciones en las dosis precisas para producir ciertos síntomas en personas diferentes no son de la misma magnitud que por ejemplo en la morfina. La cuestión de la tolerancia al alcohol es pues una cuestión de definición. Se ha sugerido que la resistencia a los efectos del alcohol en bebedores habituales es más bien la experiencia en el encubrimiento de los síntomas que a una tolerancia en el sentido indicado antes.

El término legal de conducción bajo la influencia del alcohol podría ser interpretado como sinónimo de intoxicado o “borracho”. Debe tenerse muy presente que no es preciso presentar unos síntomas claros de borrachera para tener mermada en proporciones considerables la capacidad de controlar adecuadamente un vehículo.

Muchos expertos en el tema han apreciado la dificultad de comprobar si un sospechoso conduce bajo los efectos del alcohol o está simplemente enfermo; la asociación de médicos británicos hizo sobre el tema la siguiente afirmación contundente:

*"Aparte del olor en el aliento, no hay un sólo síntoma debido al consumo de alcohol que no pueda ser encontrado también en algún estado patológico".*

Se han llevado a cabo numerosas investigaciones para correlacionar la concentración de alcohol en sangre y el grado de intoxicación observado en un sujeto. El resultado de estos estudios muestra marcadas variaciones en la respuesta de diferentes sujetos, diferencias debidas también a los diferentes patrones usados por los investigadores para definir la situación de intoxicación.

Debido a la carencia de un patrón para la determinación del grado de intoxicación y la diferencia de respuesta de diferentes individuos a la concentración de alcohol en la sangre (tolerancia), resulta insuficiente establecer un juicio sobre intoxicación basado solamente en un análisis químico. Estos análisis deberían ser realizados junto con observaciones de conducta realizadas en el momento adecuado. Dentro de los análisis, el más importante es la comprobación de la presencia o ausencia de alcohol en la sangre, que servirá, en caso de ausencia para atribuir los síntomas observados en el conductor si los hubiera, a enfermedad o presencia de alguna otra droga.

La legislación no puede tener en cuenta las variaciones de respuesta entre diferentes sujetos, pero si puede establecer un nivel por encima del cual el número de conductores incapacitados para conducir sea suficiente como para considerarlo un nivel de seguridad.

### **Diferencias debidas al sexo.**

Entre hombres y mujeres hay marcados factores diferenciadores en relación con el alcohol.

En términos generales para un consumo dado de alcohol, las mujeres tienden a tener una mayor concentración en sangre que los hombres debido a lo siguiente:

1. Las mujeres tienen en general una masa corporal menor que la de los hombres, por lo cual el alcohol se reparte en un volumen menor.
2. Las mujeres en general tienen un porcentaje de grasas mayor, que reduce aún más el volumen efectivo en el cual se puede distribuir el alcohol.
3. Existen además otros factores bioquímicos que influyen en el metabolismo del alcohol.

Debido a estos factores, no es posible establecer comparaciones entre la concentración de alcohol en sangre en hombres y mujeres.

## ALCOTEST 7110.

### TECNOLOGIA DEL ALCOHOLIMETRO 7110

El Alcotest 7110 es un instrumento sencillo de manejar y completamente automatizado. El equipo utiliza dos principios de funcionamiento; medición por absorción de energía infrarroja y reacción electroquímica. La muestra proporcionada por el sujeto es analizada en serie por los dos métodos diferentes.

Otra característica del instrumento es el sistema de autochequeo que funciona de modo continuo durante todo el tiempo de uso del equipo.

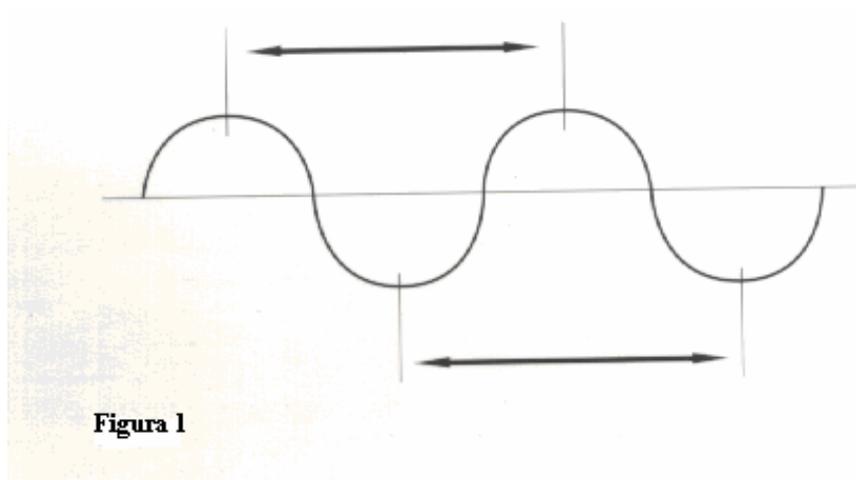
La explicación exacta de como el Alcotest 7110 realiza una medición de alcohol es bastante compleja, intentamos sin embargo en la explicación que sigue ofrecer un resumen del procedimiento.

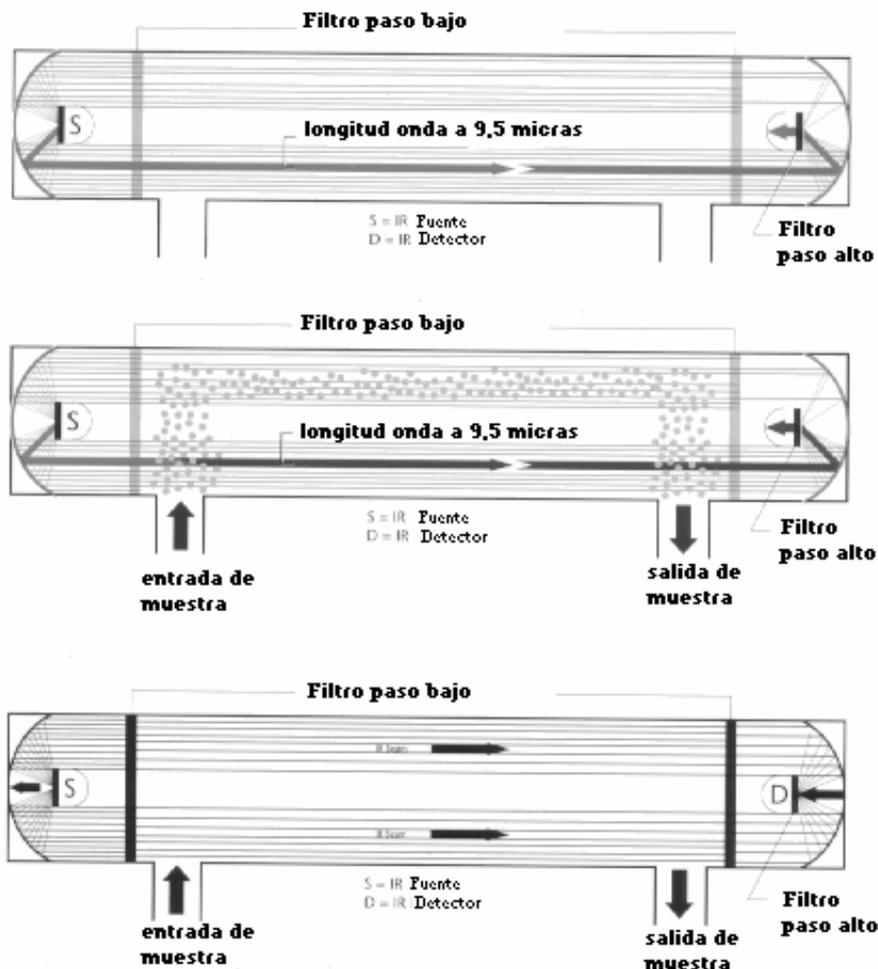
#### Absorción de energía infrarroja

El principio de absorción de energía infrarroja puede ser usado para la identificación de la presencia de muchas sustancias diferentes. Nos ocupamos simplemente de la detección de alcohol.

La energía infrarroja es invisible y se transmite por ondas cuya longitud, distancia entre crestas sucesivas, se mide en micras (millonésima parte de un metro).

La energía infrarroja es absorbida por muchas sustancias diferentes, incluidos gases y líquidos, a diferentes longitudes de onda. El alcohol (etanol) absorbe energía infrarroja a dos longitudes de onda diferentes 3,4 micras y 9,5 micras. El nivel de 3,4 micras es, sin embargo, compartido por otras sustancias diferentes, que también absorben energía a esa longitud de onda. El nivel de 9,5 micras ofrece sin embargo una especificidad suficientemente amplia para la determinación de la presencia de alcohol en el aliento.





**Figura 2**

El equipo que se utiliza para la medición se denomina célula de infrarrojos. La energía es producida por una célula que produce ondas de diferentes longitudes. Esta energía se concentra en un espejo cóncavo y se refleja a lo largo de toda la longitud de la célula. La energía pasa por dos filtros ópticos que eliminan todas las longitudes de onda inferiores a 9,5 micras. La energía es recogida luego por un espejo cóncavo y pasada a través de un filtro que elimina todas las longitudes de onda superiores a 9,5 micras.

El detector de infrarrojos D recibe por tanto tan sólo la energía radiada a la longitud de onda adecuada. Esta energía recibida se convierte en energía eléctrica.

El proceso de análisis de la muestra por la célula de infrarrojos es como sigue:

1. La muestra se hace pasar a la célula de infrarrojos.
2. La energía pasa a través de la muestra y es absorbida parcialmente por el alcohol presente en la misma.
3. La reducción de energía infrarroja se detecta en D, que como consecuencia produce una menor cantidad de energía eléctrica.
4. La reducción de energía eléctrica está relacionada con la concentración de alcohol en la muestra de aliento.

## Reacción electroquímica

Al igual que en el caso anterior, el principio de reacción electroquímica tiene muchos propósitos, sin embargo nos referiremos aquí a su aplicación en la medición de alcohol.

La célula electroquímica consta de dos sensores separados en contacto con un electrolito de modo similar a una batería. De modo general una célula electroquímica se usa para asistir, o catalizar, una reacción química entre dos sustancias (tales como alcohol y oxígeno).

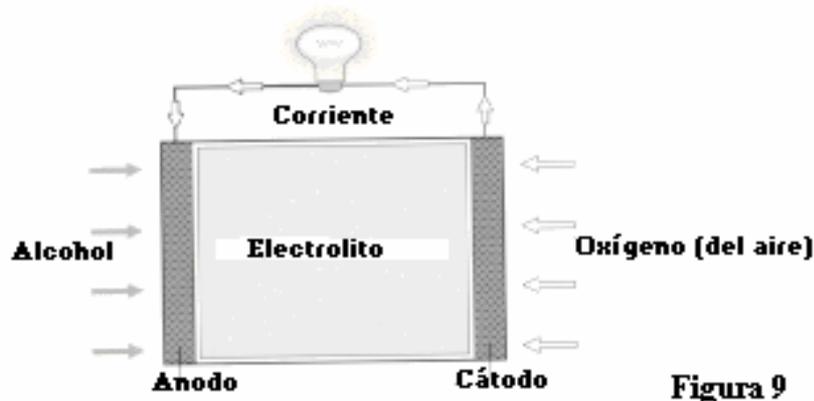


Figura 9

En la célula electroquímica se produce un flujo de corriente eléctrica entre electrodos (figura 3).

La célula puede estar construida de modo que sólo opere con sustancias específicas; esto se consigue usando materiales específicos tanto en los electrodos como en el electrolito. En particular una célula para alcohol tiene los electrodos de platino y el electrolito ácido y no reacciona con sustancias diferentes al alcohol.

El procedimiento de análisis es el siguiente:

1. Se introduce la muestra de aliento en la célula.
2. Se oxida químicamente el alcohol de la muestra en uno de los electrodos (ánodo).
3. Simultáneamente el oxígeno atmosférico se reduce químicamente en el otro electrodo (cátodo).

4. Se produce una corriente entre los dos electrodos que será tanto mayor cuanto mas alcohol se oxide.
5. La medida de ésta corriente nos indica la cantidad de alcohol oxidado.

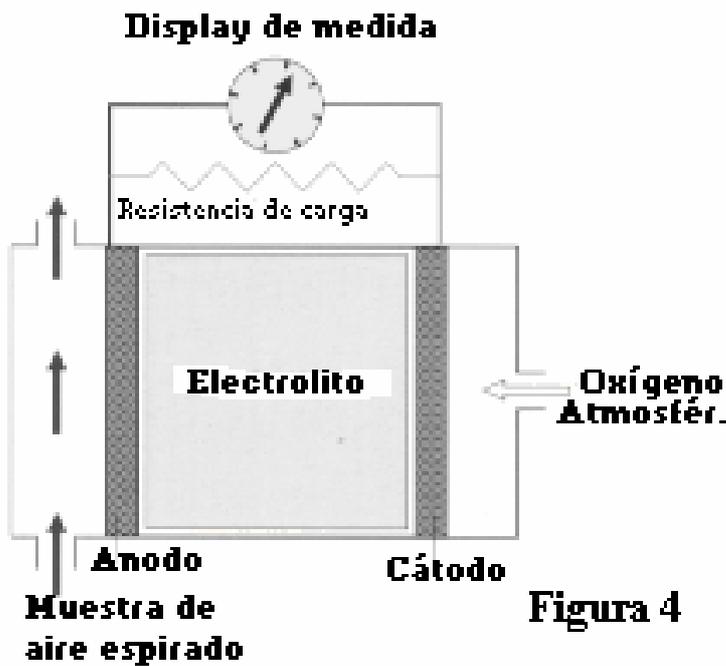


Figura 4

## Tecnología de análisis dual

Las dos tecnologías descritas se combinan en el Alcotest 7110 para dar lugar a un procedimiento muy exacto y muy específico de medición de alcohol en el aliento.

Después de un autochequeo y un ensayo de cero automáticos en el instrumento, la muestra, se introduce en el equipo por un tubo hasta la célula de infrarrojos. Una pequeña parte de la muestra llega a la célula electroquímica y es analizada en ella.

Todo el proceso se realiza automáticamente. El resultado de un análisis se confirma con el otro. De nuevo se realiza un autochequeo y un cero y sólo entonces aparece en pantalla e impreso el resultado

(figura 5).

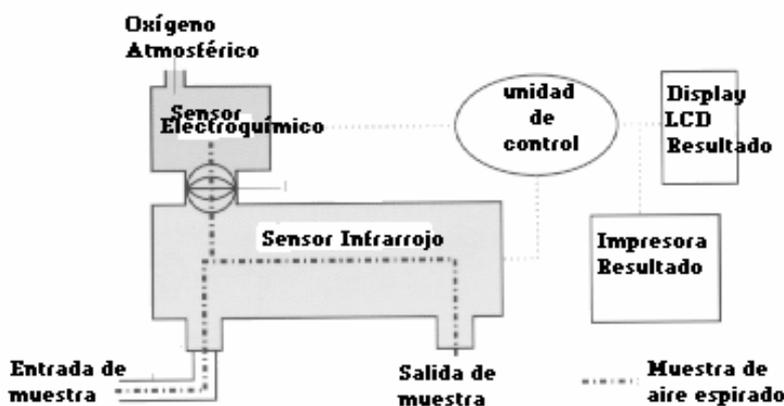


Figura 5

El instrumento se auto comprueba de modo continuo durante todo el tiempo de funcionamiento del mismo.

Si durante la autocomprobación se detecta algún error o el resultado de un análisis no es confirmado por el otro, el instrumento indicará un error y abortará de forma inmediata el análisis.