



FONOTEST S.L.

Instrumentación y Estudios del Medio Ambiente

ANALIZADOR DE N2O, MODELO G200

CONTROL AMBIENTAL GASES MEDICINALES - N2O

HOSPITALES – QUIRÓFANOS - UCI- PARITORIOS

0 INDICE

0	INDICE	2
1	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA SUSTANCIA.....	3
2	GLOSARIO DE TÉRMINOS	3
3	EFFECTOS DEL GAS SOBRE LA SALUD	4
4	VALORES LIMITE DE EXPOSICIÓN	5
4.1	VALORES LÍMITES UMBRALES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL	5
5	INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA	6
6	ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD DEL GAS	6
7	CASO PRÁCTICO	6
8	NECESIDAD DE MONITORIZACIÓN DE GASES MEDICINALES EN CENTROS HOSPITALARIOS	8
9	NIVELES DE EXPOSICIÓN A GASES ANESTÉSICOS POR PARTE DEL PERSONAL DE CENTROS SANITARIOS	9
10	REFERENCIAS	10

1 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA SUSTANCIA

El óxido nitroso (también denominado gas hilarante, protóxido de hidrógeno, óxido de nitrógeno (I)) es un gas incoloro con un olor dulce y ligeramente tóxico. Provoca alucinaciones, un estado eufórico y en algunos casos puede provocar pérdida de la memoria. Es utilizado hoy en día como narcótico, mezclado con el 30% de oxígeno. También es empleado en industria agroalimentaria para hacer los alimentos más espumosos (natas, yogures) y en motores convencionales o cohetes para aumentar su potencia.

No es un gas combustible, pero su presencia facilita la combustión de otras sustancias.

2 GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACGIH	<i>American Conference of Industrial Hygienists</i> (Confederación Americana de técnicos de seguridad e higiene en el trabajo)
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
TLV	<i>Threshold limit value</i> o valor límite umbral.
TLV-TWA	<i>Threshold limit value – Time weighted average</i> (valor límite umbral, media ponderada en el tiempo). Indica la concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin efectos adversos.
TLV-STEL	<i>Threshold limit value – Short Term Exposure Limit</i> (valor límite umbral – límite de exposición de corta duración). Indica la concentración a la que los trabajadores pueden estar expuestos de una manera continua durante un corto espacio de tiempo sin sufrir: ■ Irritación ■ Daños crónicos irreversibles en los tejidos ■ Narcosis en grado suficiente como para aumentar la probabilidad de lesiones accidentales, menoscabar la autorrecuperación o reducir sustancialmente la eficacia en el trabajo, y siempre que no se sobrepase el TLV-TWA diario. Los STEL se recomiendan solamente cuando se ha denunciado la existencia de efectos tóxicos en seres humanos o en animales como resultado de exposiciones intensas de corta duración. Se define como la exposición media ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no se deberá sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral, aún cuando la media ponderada en el tiempo que corresponda a las 8 horas sea inferior al TLV-TWA. Las exposiciones por encima del TLV-TWA hasta el valor TLV-STEL no deberán tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de 4 veces al día.
TLV-C	<i>Threshold limit value – Ceiling</i> (valor límite umbral - techo). Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la

	exposición en el trabajo.
VLA-ED	Valor límite umbral de exposición diaria, publicados anualmente por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en el documento “Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España”. Son un conjunto de valores de referencia para las concentraciones medias ponderadas en el tiempo, en una jornada normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, realizados en la zona de respiración de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud. Equivale al TLV-TWA de la ACGIH.
VLA-EC	Valor límite umbral de exposición de corta duración. Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite. Para los agentes químicos que tienen asignado VLA-ED pero no VLA-EC, se establece el producto de 3 x VLA-ED como valor que no deberá superarse durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo, no debiéndose sobrepasar en ningún momento el valor 5 x VLA-ED. Equivale al TLV-STEL de la ACGIH.
TEEL	<i>Temporary Emergency Exposure Limits</i>. Se trata de unos límites definidos por el Departamento de Energía de los EE.UU. ▪ TEEL0 – Sin efectos ▪ TEEL1 – Efectos suaves o transitorios ▪ TEEL2 – Efectos irreversibles o serios ▪ TEEL3 – Efectos potencialmente mortales Los valores de TEELs están siendo gradualmente reemplazados por los valores PAC.
SCAPA	<i>Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions</i>, subcomité que forma parte del <i>Emergency Management Issues Special Interest Group</i>, que asesora al Departamento de Energía de los EE.UU.

3 EFECTOS DEL GAS SOBRE LA SALUD

La toxicidad es generalmente debida a la asfixia, y no al óxido nitroso en sí. La inhalación del 40% de óxido nitroso en aire puede causar confusión y sedación, mientras que un nivel del 80% puede causar un estado de inconsciencia en muchos individuos. Concentraciones de más de 90 mg/m³ (50 ppm) pueden reducir la destreza, la cognición y las habilidades motoras y audiovisuales.

- **Aparato respiratorio** - Puede causar irritación respiratoria. Se ha informado de enfisema intersticial y neumomediastino debido a la inhalación de dispensadores de crema batida. Se ha informado de asfixia seguida de muerte por la inhalación intencional de óxido nítrico.
- **Sistema neurológico** - Los efectos agudos de envenenamiento son debidos principalmente a la asfixia. Los indicios y síntomas pueden incluir dolor de cabeza, mareos y excitación que pueden progresar a depresión del SNC, convulsiones y muerte.
- **Sistema gastrointestinal** – Se ha informado de vómitos y náuseas.
- **Sistema cardiovascular** – Se ha informado de hipertensión y arritmias cardíacas.

4 VALORES LIMITE DE EXPOSICIÓN

4.1 Valores límites umbrales de exposición profesional

	mg/m ³	ppm
TLV-TWA (ACGIH)	90	50
TLV-STEL (ACGIH)	...	...
VLA-ED (España)	92	50
VLA-EC (España)	...	...

A continuación, se presentan los valores de VLA-ED en varios países junto con su año de publicación:

País	VLA-ED (ppm)
UK (1996)	100
USA (1995)	25
Alemania (1995)	100
Francia (1987)	25
Italia (1994)	100 en instituciones antiguas, 50 en las nuevas
Dinamarca (1988)	100
Suecia (1993)	100
Bélgica (1993)	50
España (2003)	50

Fuente: Barker y col. (1997)

A continuación, se publican los VLA-EC publicados hasta la fecha:

País	VLA-EC (ppm)
Dinamarca (1991)	500
Alemania (1995)	200
Noruega (1991)	150
Suecia (1990)	500

Fuente: Barker y col. (1997)

5 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Los TEELs que se presentan a continuación se corresponden a la revisión 23 de la SCAPA.

	TEEL ₀ (mg/m ³)	TEEL ₁ (mg/m ³)	TEEL ₂ (mg/m ³)	TEEL ₃ (mg/m ³)
15 min	75	270	17.996	35.992

	TEEL ₀ (ppm)	TEEL ₁ (ppm)	TEEL ₂ (ppm)	TEEL ₃ (ppm)
15 min	50	150	10.000	20.000

La inhalación del gas puede provocar los siguientes efectos:

- Euforia, somnolencia y pérdida del conocimiento
- Irritación respiratoria. Se ha informado de enfisema intersticial y neumomediastino debido a la inhalación de dispensadores de crema batida.
- Se ha informado de asfixia seguida de muerte por la inhalación intencional de óxido nítrico.
- Los efectos agudos de envenenamiento son debidos principalmente a la asfixia. Los indicios y síntomas pueden incluir dolor de cabeza, mareos y excitación que pueden progresar a depresión del sistema nervioso central, convulsiones y muerte.

No se han evaluado efectos adversos por IARC desde el punto de vista carcinogénico. El NOAEL es de 900 mg/m³ (500 ppm) por inhalación en ratas.

6 ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD DEL GAS

- El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno.
- Al producirse una pérdida de gas, se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
- El calentamiento del recipiente provoca aumento de presión con riesgo de estallido y liberación inmediata de una nube de vapor expandido tóxico que crea una onda de presión.

No se deberá pues generar ninguna fuente de ignición cuando se esté trabajando con dicho gas.

El N₂O reacciona violentamente con anhídrido sulfuroso, boro amorfo, fosfina, éteres, aluminio, hidracina, fenil-litio y carburo de tungsteno, originando peligro de incendio y explosión. El gas es un oxidante fuerte a >300°C y puede formar mezclas explosivas con amoníaco, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico, aceite, grasa y carburantes.

7 CASO PRÁCTICO – APLICACIÓN DE N2O EN TRATAMIENTO DEL DOLOR

A continuación, se presenta un caso práctico de medición de los niveles de N₂O realizado en el Hospital Gregorio Marañón, en una actuación cuya duración es de aproximadamente 30 minutos, utilizando el medidor por infrarrojos de N₂O MODELO MEDIGAS G200 mediante lectura directa. El rango dinámico de medida del aparato es de 0-1.000 ppm

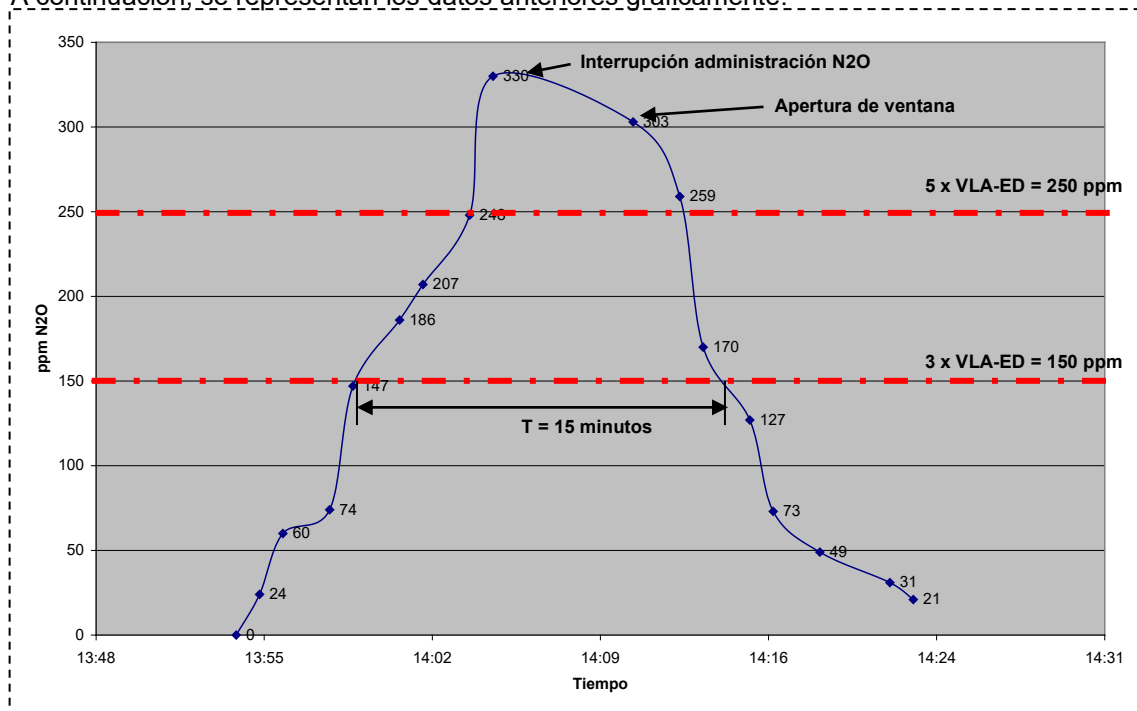
Se pretende medir el tiempo de respuesta y la concentración de N₂O desde el inicio de la actuación hasta el final de esta.

Para ello se tiene en cuenta la dosis administrada al paciente y la dosis difundida al ambiente de la sala

Obsérvese la gran variación de concentración ambiente por el solo hecho de abrir una ventana

N ₂ O (ppm)	Hora
0	13:54
24	13:55
60	13:56
74	13:58
147	13:59
186	14:01
207	14:02
248	14:04
330	14:05
303	14:11
259	14:13
170	14:14
127	14:16
73	14:17
49	14:19
31	14:22
21	14:23

A continuación, se representan los datos anteriores gráficamente:



El N₂O no tiene definido un valor de exposición máxima de corta duración (VLA-EC), por lo que se ha señalado en el gráfico anterior los valores recomendados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 3 veces el VLA-ED (150 ppm).

Nº de intervenciones/día	VLA-ED calculado	VLA-ED umbral
1	10	< 50 ppm
2	21	< 50 ppm
3	31	< 50 ppm
4	42	< 50 ppm
5	52	> 50 ppm

Conclusión: durante una intervención como esta deberán ser utilizados controles de protección profesional: ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.

- Utilización de sistemas de eliminación de gases residuales.
- Uso de sistemas alternativos de respiración (mascarilla de doble capa) y sistemas de extracción localizada.
- Garantizar una ventilación general suficiente.

8 NECESIDAD DE MONITORIZACIÓN DE GASES MEDICINALES EN CENTROS HOSPITALARIOS

Todo centro hospitalario es un conjunto macroeconómico con un control y una gestión de gran complejidad al tener que combinar su actividad fundamentalmente sanitaria, con toda una infraestructura de procesos industriales y ambientales que le sirven de apoyo. La imagen sociológica que transmite al usuario no está a menudo ligada a la alta capacidad profesional habitual del equipo facultativo o de enfermería, sino al de los servicios de control y mantenimiento del sistema. La percepción de que existe control de calidad vincula a la gerencia, dirección médica y de gestión y jefaturas de servicio con el correcto funcionamiento de todo el centro sanitario.

En el caso de los gases hospitalarios, aparentemente todo centro debería disponer de los medios que hacen suponer una capacidad para solucionar todas las incidencias que se pueden producir en la convivencia de todos los sectores componentes del sistema. La realidad es que no existen intrahospitalariamente los medios para realizar este control.

Los fabricantes de gases medicinales suministran y certifican los gases (oxígeno, óxido nitroso, ... etc.). Su calidad, salvo error, está fuera de toda duda. Pero dentro del hospital, la dinámica de actualización de infraestructuras, envejecimiento de las instalaciones, remodelaciones de tuberías, ... etc. hace necesario verificar con frecuencia que lo que entra es igual a lo que sale (y en este caso, el gas que sale se suministra directamente al paciente). Este tipo de labor suele limitarse a responsabilidades de mantenimiento, en las que la identificación y adecuación de los gases no siempre se realiza, entre otras cosas por no disponer de las técnicas de identificación de referencia (Comisión de Farmacopea Europea PA/PH/Exp. 3T (95) 22, DEF).

Este es el punto clave al aceptar que el error, la avería o la degradación de parámetros no pueden ocurrir al tratarse de productos certificados. La práctica diaria demuestra que sí que ocurre. No se dispone de medios internos propios para establecer controles de continuidad o identificación de los gases médicos hospitalarios suministrados a los pacientes.

Para establecer un sistema de control de gases hospitalarios se identifican las diferentes áreas sensibles de acuerdo a su vulnerabilidad al riesgo de error:

ÁREA CLÍNICO QUIRÚRGICA	-	Es considerada zona de riesgo al ser el área de trabajo en contacto casi permanente con gases (principalmente
--------------------------------	----------	---

	anestésicos). ▪ Quirófanos ▪ UCI ▪ Paritorios ▪ Reanimación ▪ Unidad de Enfermería ▪ Salas de hospitalización ▪ Laboratorios ▪ Cámara hiperbárica La monitorización de gases debe realizarse sistemáticamente, con periodicidad acorde a las dimensiones del centro. Deberá monitorizarse la exposición del equipo médico, enfermería y pacientes.
ÁREA ASISTENCIAL	Es considerada zona sensible. Al margen de las consideraciones anteriores, debe priorizarse la calidad ambiental (oxígeno y anhídrido carbónico), de un entorno cerrado con aforo excesivo y ventilación no siempre satisfactoria (340 ppm de CO₂ en aire limpio). ▪ Salas de espera ▪ Consultas internas y externas ▪ Distribución de gases hospitalarios La monitorización debe realizarse en forma sistemática y aleatoria.
ÁREA INDUSTRIAL Y SERVICIOS	Es una zona con alta incidencia de imprevistos por la convivencia de diversos factores que en caso de combinarse pueden resultar peligrosos. ▪ Esterilización ▪ Incineradora ▪ Depuradora y alcantarillado ▪ Calefacción y aire acondicionado ▪ Depósito de gases médicos ▪ Generadores ▪ Almacén ▪ Cocinas ▪ Lavandería ▪ Restaurante – Cafetería

El número de unidades de medida en las zonas sensibles debe ser la suficiente para que ningún punto se quede sin control, incluso en caso de avería. Se suele partir del indicador N+1. Si un centro dispone de 5 quirófanos, necesitaría 5 + 1 = 6 unidades de control.

9 NIVELES DE EXPOSICIÓN A GASES ANESTÉSICOS POR PARTE DEL PERSONAL DE CENTROS SANITARIOS

Cuando se habla de gases hospitalarios, parece que sólo se tiene en cuenta su destino final: la aplicación al paciente. Nada más lejos de la realidad: desde el mismo momento en que entramos en un centro hospitalario, su condición ambiental interior hace convivir instalaciones de aire acondicionado, calefacción, sistemas de extracción, distribución de servicios, renovación de quirófanos, etc. (sin añadir productos de metabolismo de visitantes, pacientes y equipos de trabajo que añaden carga ambiental de CO₂ al ambiente).

Con todo lo más preocupante es que los niveles de exposición a algunos gases como el NO₂ por parte de los equipos de trabajo en cirugía, UCI, reanimación, ... etc. supera con creces los niveles legales admitidos como máximos actualmente.

En concreto, en el caso del protóxido de nitrógeno (N₂O) este nivel es máximo de 50 ppm para una jornada de trabajo de 8 horas. Además, este gas es el primero que suele respirar el recién nacido en los partitorios.

10 REFERENCIAS

Barker JP, Abdelatti MO. Anaesthetic pollution. Potential sources, their identification and control. *Anaesthesia*. 1997;52(11):1077-83.

Consejería de Sanidad, Región de Murcia. Dirección General de Salud Pública. Servicio de Sanidad Ambiental. Riesgo químico. Accidentes graves. Óxido Nitroso.

Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España. 2009.

Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Fichas Internacionales de Seguridad Química. Óxido Nitroso.

Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP606: Exposición laboral a gases anestésicos.