

METRO DADE FIRE DEPARTMENT
OFICINA DE PROGRAMAS INTERNACIONALES
CURSO DE BUSQUEDA Y RESCATE URBANO
Material de Apoyo al Estudiante

EL ASESINO INVISIBLE
(The Invisible Killer)
RESCATE EN ESPACIOS CONFINADOS
(Rescue from a confined space)

Autores: Greg Valcourt y John Gatland
Fuente: Revista RESCUE Sept/Oct. 1992
Traducción: Manuel Bazzani. MDFD

OBJETIVOS:

Después de leer este artículo, el lector estará en capacidad de:

- 1.- Definir qué es un espacio confinado
- 2.- Identificar los tipos de espacios confinados
- 3.- Enumerar los peligros existentes dentro de los espacios confinados
- 4.- Diferenciar los tres tipos de peligros atmosféricos existentes en los espacios confinados.
- 5.- Enumerar los signos y síntomas de la hipoxia.

QUE ES UN ESPACIO CONFINADO

De acuerdo a la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de - U.S.A. (OSHA) (29 CFR 1910.146) un espacio confinado está definido como: "un espacio encerrado el cual:

1. está configurado de un tamaño suficiente para que pueda entrar un empleado y pueda efectuar la tarea asignada;
2. tiene limitaciones o restricciones de entrada o salida (algunos - tienen una abertura de 16 pulgadas o menos de diámetro);
3. no está diseñado para ser ocupado continuamente por un ser humano y;
4. tiene una o más de las siguientes características:
 - a. contiene o puede contener peligros potenciales en su atmósfera
 - b. contiene material que potencialmente podría derrumbarse sobre una persona que trate de entrar
 - c. tiene una configuración interna tal que una persona al entrar podría quedar atrapado o asfixiado por paredes convergentes o pisos que se inclinan hacia abajo y se estrechan y
 - d. contienen cualquier otro peligro serio para la salud y seguridad.

Esencialmente, los espacios confinados pueden ser de diferentes for-

mas y tamaños y pueden ser encontrados en multitud de configuraciones (Ver tabla 1). A pesar de que muchos espacios confinados pueden estar localizados bajo tierra, algunos son encontrados sobre el terreno, dentro de edificaciones, en las carreteras y rieles de trenes y tambien sobre el agua.

De acuerdo a los datos de OSHA, mas de 2 millones de empleados en -- tran a espacios confinados en unos 225.000 sitios de trabajo cada año 2*. Y de acuerdo al Comité Nacional de Seguridad de U.S.A., 2,5% de las muertes en areas de trabajo resultan de tareas realizadas dentro de estos espacios confinados 3*.

Hay que agregar tambien que se atienden 50.000 llamadas de emergencia de este tipo; ocurriendo 300 muertes al año 1*.

Una de las razones de la alta incidencia de este tipo de accidentes y muertes es que los espacios confinados no tienen la apariencia de ser peligrosos o de riesgo para los trabajadores o personal de rescate que entra a ellos.

De hecho, el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional de U.S.A. (NIOSH) ha encontrado que aproximadamente el 60% de todas las fatalidades asociadas con espacios confinados fueron de personal de rescate *4. Y la mayoría de esos accidentes ocurrieron porque esos trabajadores o personal de rescate desvaloraron los riesgos existentes y no siguieron los procedimientos de seguridad *3.

Todo esto indica que el personal de rescate desentrenado o poco entrenado en esta area constituye un importante grupo de riesgo *5.

PELIGROS ATMOSFERICOS

A pesar de la existencia de muchos peligros asociados con entrar y trabajar en espacios confinados, la mayor causa de morbilidad y mortalidad al penetrar a esas areas son las atmosferas peligrosas (ver Tabla 2) *4. De hecho los peligros atmosfericos se llevan dos tercios de todas las lesiones y muertes en espacios confinados*6

OSHA clasifica los peligros atmosfericos como asfixiantes/ explosivos o tóxicos de acuerdo a sus diferentes reacciones y efectos. Es importante apuntar aquí, sin embargo que algunas sustancias quimicas presentan peligros atmosfericos multiples dependiendo de su concentracion. El metano, por ejemplo no es tóxico e inodoro a bajas concentraciones, sin embargo a gran concentración puede desplazar toda o parte de la atmosfera en un espacio confinado. Con sólo un 10% de desplazamiento, el metano produce una atmosfera que todavía es adecuada para la respiración, pero que puede explotar violentamente. Con un 90% de desplazamiento, el metano no puede encenderse ni explotar, pero puede asfixiar a una persona no protegida, asi como a dos victimas en un área abierta en aproximadamente cinco minutos *5.

Atmosfera asfixiante - La asfixia es la principal causa de muerte en espacios confinados *6. La asfixia es una condición en la cuál la --

TABLA 1
ESPACIOS CONFINADOS TIPICOS

-
- Barcas depositos flotantes
 - Calderas
 - Furgones
 - Cuevas
 - Cisternas
 - Tanques cerrados
 - Depósitos de grasa
 - Areas represadas
 - Equipos con cabinas cerradas
 - Tanques de depósito con techo flotante
 - Hornos de fundición
 - Graneros
 - Semilleros
 - Agujeros
 - Espacios con tapa superior y de mas de 4 pies de profundidad
 - Tanques con entrada superior
 - Hornos
 - Tuberias y estructuras afines
 - Fosas
 - Estaciones de bombeo o de relevo
 - Vagones tanque de trenes
 - Tanques o pozos septicos
 - Cloacas
 - Pozos de minas
 - Contenedores para barcos
 - Silos
 - Chimeneas
 - Condensadores de vapor
 - Depósitos
 - Drenajes
 - Trailers tanques
 - Compartimientos en forma de tanque
 - Trincheras
 - Tubos
 - Tuneles (Metro, Automoviles)
 - Sótanos
 - Ductos de ventilacion
 - Compartimientos en embarcaciones
 - Edificaciones derrumbadas
-

función respiratoria es severamente afectada o suspendida por la interferencia entre la respiración pulmonar y la respiración celular - del cuerpo.

Un asfixiante es cualquier sustancia que puede causar as-

fixia por la acción sobre el cuerpo o sobre la atmosfera respiratoria *7.

Los asfixiantes son categorizados como simples o sistémicos. Los asfixiantes simples son gases o vapores que pueden desplazar el oxígeno disponible de una atmosfera respirable, generalmente en un espacio cerrado.

TABLA 2

PELIGROS EN LOS ESPACIOS CONFINADOS

- Atmósfera peligrosa o contaminada
- Cables eléctricos (pueden causar una electrocución)
- Condiciones ambientales (excesivo calor, frío, ruido, polvo o vibraciones, radiaciones)
- Excesiva profundidad, altura, anchura o longitud.
- Objetos que pueden caer o desprenderse.
- Contenido nocivo (gérmenes, sustancias tóxicas, bacterias, vapor, insectos y serpientes)
- Dificultad para una efectiva comunicación
- Acceso y egreso limitado
- Limitación en espacio para trabajar en el interior
- Visibilidad limitada
- Equipos mecánicos (pueden causar el quedarse atrapado)
- Afecciones al personal (ataque cardíaco, golpe de calor, claustrofobia)
- Objetos protuberantes o filosos
- Tapas o piezas inseguras
- Material suelto o flojo (que pueda derrumbarse)
- Superficies resbalosas o húmedas.

El propano, metano, hidrógeno y helio son algunos ejemplos de asfixiantes simples. En contraste un asfixiante sistémico ejerce sus efectos al ser absorbido por el cuerpo por ingestión, inhalación o a través de la piel. Los asfixiantes sistémicos inhiben la utilización del oxígeno celular (ejemplo de ellos son el cianuro, los cianógenos y el sulfuro de hidrógeno) o disminuyen la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre (ejemplo de ello ocurre con los inductores de metamoglobina y el monóxido de carbono) *7.

OSHA utiliza el término de "atmósfera asfixiante" cuando se refiere a una atmosfera que contiene menos de un 19,5% de oxígeno, una concentración que es insuficiente para los requerimientos respiratorios de una persona cuando efectúa un trabajo físico. Estas atmósferas no contienen materiales tóxicos y casi siempre se refieren a una deficiencia de oxígeno en la atmósfera *5.

Un espacio confinado puede transformarse en oxigenodeficiente cuando el oxígeno es consumido o desplazado. El consumo de oxígeno generalmente se produce por tareas que involucran cualquier combustión, como el soldar, cortar y calentar. Esto puede incluir también reacciones orgánicas de la naturaleza como la fermentación y descomposición de materiales orgánicos. El dióxido de carbono, un subproducto de la fermentación se encuentra generalmente en las industrias que se especializan en la destilación de aguas de desecho*8

El consumo de oxígeno puede también ocurrir cuando varias personas están dentro de un espacio confinado que posee un inadecuado sistema de ventilación. El consumo también ocurre cuando el oxígeno es consumido por una reacción química como el enmohecimiento dentro de un espacio confinado. El oxígeno también puede ser absorbido en un espacio confinado por materiales depositados o almacenados en el área como carbón. La humedad activa al carbón para que absorba el oxígeno y se ha sabido que puede disminuir sus niveles desde un 21% hasta un 4% en un envase cerrado *9.

El desplazamiento de oxígeno se produce cuando otros gases como el argón, nitrógeno, monóxido de carbono o sulfuro de hidrógeno que provienen de reacciones químicas, están presentes en concentraciones que pueden variar la concentración de oxígeno o desplazarlo por completo.

El dióxido de carbono el cual existe de manera natural en las cloacas, depósitos, túneles, cisternas y depósitos de granos -- puede también desplazar al oxígeno o cambiar su concentración. Además de la producción natural de estos gases o de su uso en procesos químicos, ciertos gases son utilizados como agentes inertes para desplazar sustancias inflamables y retardar reacciones piroforicas. A pesar de denominarse estos gases como no tóxicos e inertes, son responsables sin embargo, de muchas muertes en accidentes en espacios confinados. Además el hecho de que son incoloros e inodoros, al desplazar el oxígeno los coloca como un gran riesgo para la salud, si no se cuenta con apropiada ventilación y equipos medidores de la concentración de oxígeno. Estas medidas siempre deben ser adoptadas antes de entrar al área confinada *9.

Aunque cualquier atmósfera con menos del normal 21% de oxígeno deba considerarse como oxigenodeficiente, el cuerpo humano puede tolerar ligeras desviaciones de esta concentración (ver Tabla 3) pero enseguida empieza a desarrollar signos y síntomas llegando si el ambiente se torna asfixiante a desarrollarse un cuadro de hipoxia.

Los signos y síntomas comunes en una hipoxia incluyen: - incremento en la frecuencia respiratoria, taquicardia, cianosis, - cambios en el nivel de conciencia, convulsiones, náusea, vómitos, - desorientación, alucinaciones y coma.

Atmosferas inflamables/explosivas - OSHA define una atmósfera inflamable o explosiva aquella que posee un peligro debido a gases inflamables, vapores o polvo presentes en una concentración mayor

TABLA 3

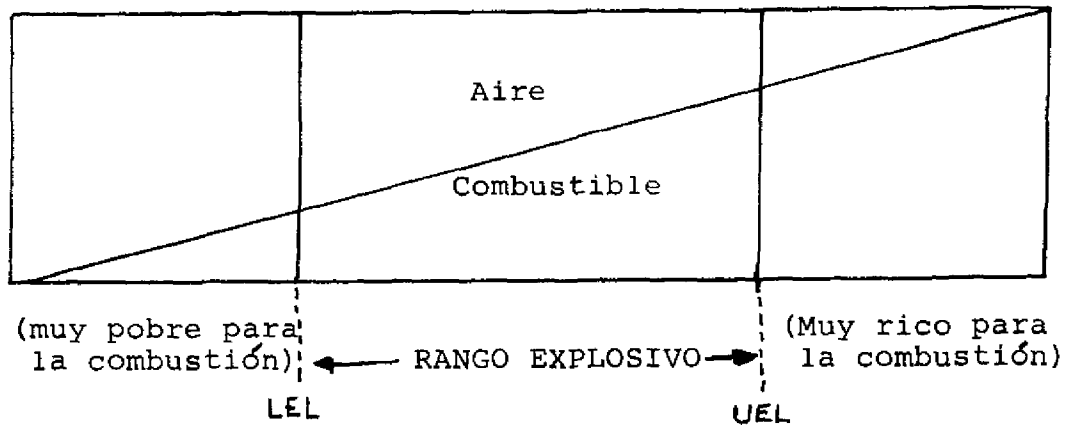
EFFECTOS POTENCIALES DE UNA ATMOSFERA DEFICIENTE DE OXIGENO

Contenido de oxígeno (Porcentaje en volumen)	Síntomas y Efectos (A presión atmosférica)
19,5	(Nivel mínimo permisible de oxígeno OSHA)
15 a 19	Disminuye la habilidad de efectuar trabajos vigorosos; puede disminuir la -- coordinación y pueden aparecer síntomas en personas con problemas coronarios, - pulmonares o circulatorios.
12 a 14	Incremento en la respiración y pulso; disminución en la coordinación, percepción y juicio.
10 a 12	Incremento fuerte de la respiración en frecuencia y profundidad; poco juicio; labios azules.
8 a 10	Fallas mentales, desfallecimiento; inconciencia; cara color ceniza; labios azules, náusea y vómito.
6 a 8	En ocho minutos - 100% fatal; en seis minutos 50% fatal; de cuatro a cinco minutos - hay recuperación con tratamiento.
4 a 6	Coma en 40 segundos; convulsiones; cese de la respiración; muerte.

del 10% sobre el límite inferior de inflamabilidad. Las atmosferas inflamables son típicamente causadas por ambientes enriquecidos de oxígeno, vaporización de líquidos inflamables, subproductos de algunos tipos de trabajos, reacciones químicas, concentración de -- combustibles en partículas y desabsorción de químicos desde superficies internas de espacios confinados *9.

Un ambiente o atmosfera se transforma en inflamable cuando hay presencia de oxígeno y combustible a una dada concentración para permitir que la mezcla sea inflamable y exista la fuente de ignición. Para que la combustión ocurra, esta mezcla inflamable - debe estar presente en una concentración bien definida denominada "límites explosivos o de inflamabilidad" (Ver Figura 1).

FIGURA 1
RANGO EXPLOSIVO DE SUBSTANCIAS EN EL AIRE



La concentración mas baja a la cuál una mezcla de aire/combustible es suficiente para producir un fuego o explosión es llamada el límite inferior explosivo (LEL) o el límite inferior inflamable (LFL). La concentración mas alta a la cual una mezcla aire/combustible es suficiente para causar un fuego o explosión es llamada límite superior explosivo (UEL) o límite superior inflamable (UFL). Estos límites generalmente vienen expresados en porcentaje por volumen.

En una atmosfera enriquecida de oxígeno, la inflamabilidad del contenido de un espacio confinado puede incrementarse significativamente poniendo en serio peligro de un fuego o explosión. Por lo tanto es de extrema importancia que el personal de rescate utilice luces de prueba de explosión y equipos de comunicaciones.

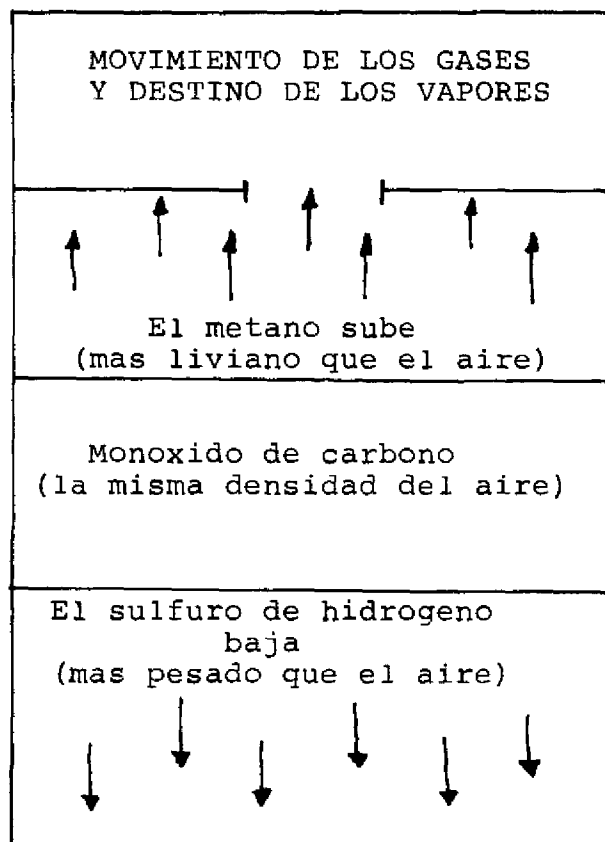
El enriquecimiento de oxígeno de un ambiente por encima del 21% causará un incremento en el rango de inflamabilidad siendo la ropa y el pelo capaces de absorber el oxígeno y encendiéndose violentamente.

Las atmosferas enriquecidas de oxígeno en las cuales aumenta el rango explosivo, pueden resultar de un impropio cerramiento de líneas de oxígeno, reacciones químicas que liberan oxígeno o ventilar inadvertidamente áreas con oxígeno en vez de aire *9.

Las atmosferas inflamables pueden acumularse a diferentes niveles en un espacio confinado. Esto es en razon que todos los gases tienen diferente peso o densidad de vapor (VD) comparada con el aire, la cual tiene un peso especifico de 1. Mientras algunos gases inflamables son mas pesados que el aire ($VD > 1$) y caén a los niveles inferiores en los espacios confinados, otros son mas livianos que el aire ($VD < 1$) y pueden estar situados en áreas supe-

riores (ver Figura 2). Por esta razón es importante chequear todos los niveles de una atmósfera en un espacio confinado.

FIGURA 2



Cuando chequeamos un espacio confinado, es importante recordar - que muchos detectores de gases - pueden solo medir gases combusti**ble**s a un nivel muy superior a la concentración peligrosa para la salud. Además, aunque un medi**do**r indique que el gas está a una concentración menor del 10% - de su nivel explosivo, todavía - puede existir una atmósfera tó**xica**.

Por ejemplo el disulfuro de carbono tiene un LEL del 1,3% o -- 13.000 partes por millon (PPM). Diez por ciento del LEL para este gas es 1300 PPM. Sin embargo el limite establecido por OSHA para esta sustancia es de sólo 20 PPM. A un 10% del LEL, la atmósfera excedería los niveles - de OSHA por 62 veces. A pesar - de que la atmósfera pudiera con**siderarse** segura para una posi**ble** explosión, un peligro serio para la salud todavía existiría *8.

Atmósferas tóxicas - OSHA iden**tifica** como "atmósferas tóxicas" aquellas que contienen gases, - vapores, humos o particulas de polvo finamente divididas que ejercen un efecto fisiológico - venenoso en el cuerpo humano.

Las atmosferas tóxicas pueden ser causadas por procesos - de manufactura, por un producto almacenado o por una operación rea**lizada** dentro de un espacio confinado. El efecto tóxico es indepen**diente** de la concentración de oxígeno, la cual de hecho puede ser - mayor del 20% *5.

Las atmosferas tóxicas son medidas en PPM o aproximadamen**te** miligramos de sustancia por metro cúbico de aire (mg/m3). De a**cuerdo** a OSHA cualquier atmósfera que exceda o que pueda razonable**mente** exceder los límites de exposición permisible (PEL) de cual -- quier sustancia especificada en la subparte Z de la CFR 29 Parte 1910 es considerada tóxica. Cuando no exista un PEL, los limites de exposición de (NIOSH) Recomendaciones para los estandares de salud

ocupacional 1986, o el Consejo Americano de Higienistas Industriales (ACGIH), o Indices de Exposición Biológica y valores límites y otras referencias, como las Hojas de Datos de Seguridad de Materiales (MS DS) deben ser consultados *10.

Mientras algunas atmosferas tóxicas pueden matar rápida - mente, otras pueden tener serios efectos que no se manifiestan sino años despues de la exposición. Por ejemplo el sulfuro de carbono a bajas concentraciones puede no causar signos inmediatos de exposi- ción, pero repetidas exposiciones inofensivas pueden acumularse pro- duciendo daño cerebral permanente. A altas concentraciones, la -- sustancia puede matar rápidamente *5. Finalmente, el hecho que un espacio confinado haya sido limpiado, vaciado o purgado no signifi- ca que la atmósfera allí sea segura para entrar.

SUBSTANCIAS TOXICAS

A pesar de la gran diversidad de gases que pueden encon - trarse en los espacios confinados, las dos sustancias tóxicas mas comunes son el monoxido de carbono y el sulfuro de hidrogeno *5.

Monóxido de carbono - El monóxido de carbono (CO) es la principal causa de envenenamiento en los Estados Unidos *11. Es realmente a- bundante, incoloro, inodoro e insaboro; tiene aproximadamente la -- misma densidad de vapor que el aire (VD=0,96). Adicionalmente el CO es indetectable por los sentidos humanos hasta en altas concentra- ciones.

Este gas es producido por la combustión incompleta de materiales -- orgánicos, como la gasolina, el gas natural, aceite, propano, car- -- bon y madera. Puede tambien formarse por la descomposicion de micro organismos de material orgánico en silos, cloacas y tanques de fer- mentación *4.

Cuando el CO es inhalado, ataca a la hemoglobina de la -- sangre colocándose en el lugar normalmente usado por el oxigeno. Debido a que el CO es 200 veces mas afin con la hemoglobina que el mismo oxigeno, el CO desplaza rapidamente al oxigeno de la hemoglo- bina *12. El resultado es una hipoxia celular. Los signos y sinto- mas relacionados con el envenenamiento de CO se producen principal- mente en el sistema nervioso y el miocardio, incluyendo cambios en el nivel de conciencia, conducta alterada y dolor de cabeza (Ver Ta- bla 4). El signo clásico de envenenamiento de CO de piel color ro- jo cereza, puede estar presente - pero a veces puede ocurrir rara- mente- *13.

Sulfuro de Hidrogeno - Así como el CO, el sulfuro de hidrogeno --- (H2S) es un gas incoloro. Pero a diferencia del CO, el H2S es infla- mable y un poco mas pesado que el aire (VD= 1,2) y tiene el carac- teristico olor de huevos podridos. Es producido naturalmente por - la descomposicion de materia orgánica que contiene sulfuro (tipica- mente petroleo y gas natural).

El H2S es extremadamente tóxico. A altas concentraciones causa el desplome inmediato y muerte despues de una a dos aspiradas. Otro detalle importante es que en concentraciones casi fatales, el - típico olor a huevo podrido no puede ser percibido porque ocurre una

TABLA 4

EFFECTOS POTENCIALES DE EXPOSICION AL MONOXIDO DE CARBONO

<u>Partes por millon</u>	<u>Síntomas y efectos</u>	<u>Tiempo</u>
50	(Nivel de exposición permisible)	8 horas
200	Ligero dolor de cabeza, desconfort	3 horas
400	Dolor de cabeza, desconfort	2 horas
600	Dolor de cabeza, desconfort	1 hora
1.000 a 2.000	Confusión, dolor de cabeza, nausea	2 horas
1.000 a 2.000	Tendencia al vertigo	1 1/2 horas
1.000 a 2.000	Palpitaciones cardiacas	30 minutos
2.000 a 2.500	Inconciencia	30 minutos
4.000	Fatal	Menos de una hora.

parálisis olfatoria y las personas (trabajadores normales o de rescate) piensan que el H₂S ya no está presente en el ambiente y se quedan en el espacio confinado, siendo entonces expuestos a concentraciones peligrosas o letales *7.

El H₂S afecta la respiración a nivel celular, produciéndose una hipoxia; este gas tambien causa hipoxia por inhibir directamente los centros respiratorios del cerebro. El H₂S irrita directamente los ojos, las membranas mucosas y el tracto respiratorio. Asi como el CO, los signos y sintomas de un envenenamiento con H₂S varian de acuerdo a la dosis (Ver Tabla 5).

TABLA 5

EFFECTOS POTENCIALES DE EXPOSICION AL SULFURO DE HIDROGENO

<u>Partes por millon</u>	<u>Efectos y Síntomas</u>	<u>Tiempo</u>
10	(Nivel de exposición permisible)	8 horas
50 a 100	Ligera irritación en los ojos; severa irritación respiratoria.	1 hora
200 a 300	Severa irritación a los ojos; severa irritación respiratoria	1 hora
500 a 700	Inconciencia; muerte	1/2 a 1 hora
+ 1.000	Inconciencia; muerte	en minutos

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ellis JN: "Plan confined-space fall protection before and beyond required rescue". Occupational Health and Safety. February 1992.
2. Grant HD: "Rescue and the EMS professional". Emergency Medical Services. October 1990.
3. Campbell CW: "All about confined spaces". Professional Safety. February 1990.
4. National Institute for Occupational Safety and Health: Alert-Request for Assistance in Preventing Occupation Fatalities in = confined spaces. Ohio: Centers for Disease Control, 1986.
5. "OSHA permit-required confined-space; notice of proposed rule-making, Proposed rule 29 CFR 1910.146". Federal Register: May 25, 1989.
6. Guthrie D: "Confined spaces not a dead end". Safety and Health. May 1990.

7. Dabney BJ, et al: "Evaluation and treatment of patients exposed to systemic asphyxiants". Emergency Care Quarterly. October 1990.
8. Rekus JF: "Avoid confined space hazards with comprehensive entry program". Occupational Safety and Health . September 1988.
9. National Institute for Occupational Safety and Health: Criteria for a recommended standard... Working in confined spaces. Ohio: Centers for Disease Control, 1979.
10. McCallister DR: "Complying with standard, team effort can prevent confined space accidents". Occupational Safety and Health. March 1992.
11. Ellenhorn MJ, Barceloux DG: Medical Toxicology - Diagnosis and - Treatment of Human Poisoning. New York: Elsevier, 1988.
12. Guyton AC: Textbook of Medical Physiology. Eighth Ed. Philadelphia W.D. Saunders Co., 1991.
13. Bronston PK, et al: "Carbon monoxide poisoning: a review. "Topics in Emergency Medicine. January 1987.