

## 4.3

### Acido nítrico

- 4.3.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
  - 4.3.1.1 SINONIMOS
  - 4.3.1.2 DESCRIPCION
  - 4.3.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
  - 4.3.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
  - 4.3.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
    - 4.3.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.3.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS
  - 4.3.2.1 PRODUCCION
    - 4.3.2.1.1 Procesos de Ácido Débil
    - 4.3.2.1.2 Procesos de Ácido Concentrado
  - 4.3.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
  - 4.3.3.1 INHALACION
  - 4.3.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
  - 4.3.3.3 INGESTION
  - 4.3.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
  - 4.3.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.3.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.3.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
  - 4.3.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
    - 4.3.5.1.1 Exposición en Ojos
    - 4.3.5.1.2 Exposición en la piel
    - 4.3.5.1.3 Inhalación
    - 4.3.5.1.4 Ingestión
    - 4.3.5.1.5 Rescate
  - 4.3.5.2 INCENDIOS
  - 4.3.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

- 4.3.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
  
- 4.3.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
  - 4.3.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA
  
- 4.3.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
  - 4.3.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
  - 4.3.8.2 ALMACENAMIENTO
  
- 4.3.9 USOS Y CONTROLES
  
- 4.3.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
  - 4.3.10.1 SUELO
  - 4.3.10.2 AIRE
  - 4.3.10.3 AGUA
  
- 4.3.11 ECOTOXICIDAD
  
- 4.3.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION
  
- 4.3.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.3.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

**Fórmula:** HNO<sub>3</sub>

**CAS:** 7697-37-2

**Número UN:** 2031

**Clase de Riesgo Principal UN:** 8

##### 4.3.1.1 SINÓNIMOS

Se conoce como Nitrato de Hidrógeno, Hidróxido de Nitrilo, Nital, Agua fuerte, Acido Azóico, WFNA por sus siglas en ingles de Acido Nítrico blanco fumante, RFNA por sus siglas en ingles de Acido Nítrico rojo fumante, Ácido de Grabadores<sup>(2,6)</sup>.

##### 4.3.1.2 DESCRIPCIÓN

El Acido Nítrico es un ácido fuerte, corrosivo y de vapores sofocantes; su forma común en la naturaleza corresponde a sales del tipo (X(NO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>) y no a su forma ácida debido a la alta reactividad que exhibe frente a muchas sustancias. Es un líquido incoloro o amarillento pero puede llegar a tomar coloraciones rojizas si contiene suficiente cantidad de Dióxido de Nitrógeno disuelto. Posee un olor irritante muy fuerte en concentraciones altas. Es completamente soluble en el agua formando un azeótropo a 69,2% de contenido de ácido. El Acido Nítrico se descompone por el calentamiento formando agua, oxígeno y Dióxido de Nitrógeno; este comportamiento hace difícil la determinación de muchas de sus propiedades a temperaturas arriba de los 50 °C. Se descompone también en presencia de alcoholes<sup>(1,3)</sup>.

HNO<sub>3</sub>

Acido nítrico

##### 4.3.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Componente	Contenido	Peligro
Acido Nítrico	50 – 70%	Sí
Agua	30 – 50%	No

###### 4.3.1.3.1 WFNA

Componente	Contenido	Peligro
Acido Nítrico	97.5%	Sí
Agua	2%	No
NO <sub>x</sub>	0.5%	Sí

###### 4.3.1.3.2 RFNA

Componente	Contenido	Peligro
Acido Nítrico	86%	Sí
Agua	5%	No
NO <sub>x</sub>	6-15%	Sí

##### 4.3.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS<sup>(1, 2, 3, 6)</sup>

Tabla 13. Propiedades físicas para el Acido Nítrico

PROPIEDAD	VALOR
<b>Peso Molecular (g/mol)</b>	63,0
<b>Estado físico</b>	Líquido
<b>Punto de Ebullición (°C) )(760 mmHg)</b>	83-87; 100% 121,8; 69,2% en agua 60; fumante rojo
<b>Punto de Fusión (°C)</b>	-41,6; 100% -41; 69,2% en agua -52; fumante rojo

**Tabla 13. Propiedades físicas para el Acido Nítrico (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Presión de Vapor (mmHg)	62; 100% 42; 69,2% en agua 103; fumante rojo
Densidad del Vapor (Aire = 1)	2-3; a ebullición de ácido nítrico puro
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,50; 100% 1,41; 69,2% en agua 1,55; fumante rojo
pH	1,0; solución acuosa 0,1M
Solubilidad en agua; g/100	Soluble en toda proporción
Límites de Inflamabilidad	No Inflamable
Temperatura de Auto Ignición	No Reportado
Punto de Inflamación	No Reportado

#### 4.3.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Acido Nítrico concentrado es un agente oxidante muy fuerte y ataca metales nobles como el Cobre y la Plata aunque no el oro y ni el Platino; no obstante, estas propiedades oxidantes desaparecen cuando se encuentra en forma diluida. De esta manera, el Acido Nítrico interviene de dos formas diferentes en las reacciones dependiendo de su concentración:



La primera de las semirreacciones corresponde a su forma concentrada y la segunda a la diluida.

Este ácido reacciona con metales de carácter básico liberando Hidrógeno y dando lugar al correspondiente nitrato del metal; si los metales se encuentran en forma de polvo, la reacción se desarrolla con un violento desprendimiento de energía generando por lo regular explosiones. El Acido Nítrico no ataca metales nobles como el oro, pero éste se puede disolver en una mezcla de tres partes de Acido Nítrico concentrado y una de Acido Clorhídrico concentrado conocida como agua regia. Cuando el Acido Nítrico ataca metales como el aluminio y el Cromo, se genera en la superficie de estos metales una capa de óxido que les impide seguir siendo atacados y los protege contra ataques posteriores de químicos de otra naturaleza, este fenómeno se conoce como pasivación <sup>(1,2,6)</sup>.

De forma general, ataca algunas formas de plásticos, cauchos y recubrimientos; reacciona de forma violenta con sustancias fácilmente oxidables como madera, combustibles y solventes como la Trementina o el Etanol <sup>(2,6)</sup>.

##### 4.3.1.5.1 Incompatibilidades

El Acido Nítrico concentrado es una sustancia oxidante muy fuerte y reacciona de forma violenta con materiales combustibles y reductores. Es un ácido fuerte y como tal reacciona violentamente con las sustancias básicas. Reacciona violentamente con sustancias orgánicas como Acetona, Acido Acético, Anhídrido Acético, Alcoholes, Trementina, causando riesgo de fuego y explosión. En presencia de Polvos Metálicos, Carburos y Sulfuro de Hidrógeno da lugar a reacciones explosivas <sup>(2,3,6)</sup>.

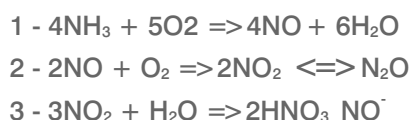
El Acido Nítrico concentrado libera calor y gases tóxicos cuando se mezcla con agua. Cuando se calienta genera Oxidos de Nitrógeno irritantes <sup>(2,3)</sup>.

## 4.3.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

### 4.3.2.1 PRODUCCIÓN

La materia prima para la producción del Acido Nítrico corresponde al amoniaco proveniente del proceso Haber-Bosh. El proceso global implica el desarrollo de tres reacciones: oxidación catalítica de amoniaco en aire, oxidación del

Monóxido de Nitrógeno del proceso anterior hasta Dióxido de Nitrógeno o tetraóxido de di Nitrógeno y finalmente la absorción del Dióxido de Nitrógeno para generar el ácido. Las reacciones correspondientes se describen a continuación:



El esquema general para el proceso de producción de Acido Nítrico recibe el nombre de su inventor, proceso Oswald. Las diferentes tecnologías existentes para la producción Acido Nítrico varían en la forma en la que se llevan a cabo estas reacciones <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.2.1.1 Procesos de Ácido Débil

La producción de Acido Nítrico a través de estos procesos incluye la oxidación del amoníaco, previamente tratado para eliminar agua e impurezas, con aire atmosférico, también acondicionado. En este primer paso se genera una corriente que contiene óxidos de Nitrógeno, vapor de agua y material no reactivo o sin reaccionar. Luego de un acondicionamiento de esta corriente que puede consistir en variaciones de temperatura o presión o los dos, la corriente gaseosa se alimenta a una torre de absorción con agua donde se produce en los fondos el Acido Nítrico cuya concentración está en el orden de 50% a 68% y en la cima una corriente gaseosa llamada gas de cola que por lo general contiene hasta unas 200 ppm de óxidos de Nitrógeno. La eficiencia de generación de ácido y de aprovechamiento de la energía de los diferentes tipos de procesos empleados se encuentra relacionada de una manera muy fuerte con la presión a la que se lleve a cabo la combustión del Amoníaco con el aire y de la presión en la que se efectúe el proceso de absorción de los óxidos de Nitrógeno en el agua. Las presiones de operación empleadas en cada tipo de tecnología dividen los procesos de producción de Acido Nítrico débil en procesos de presión baja, procesos de presión media, procesos de alta presión y procesos de presión dual <sup>(1)</sup>.



Acido nítrico

Los procesos de baja presión no se usan actualmente por su baja eficiencia. La oxidación del Amoníaco en estos procesos se llevaba a cabo a presión atmosférica y la absorción de los óxidos de Nitrógeno ocurre en torres a baja presión. Los procesos de presión media operan por lo común a presiones en el orden de 550 kPa. Los de presiones altas operan en presiones alrededor de 1 MPa y finalmente los procesos de presión dual operan en el mismo intervalo de presiones que los de presiones medias en la sección de oxidación catalítica del amoníaco pero a presiones altas en la sección de absorción de Oxidos de Nitrógeno en el agua <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.2.1.2 Procesos de Ácido Concentrado

Los procesos que usan torres de absorción con agua para generar Acido Nítrico no pueden lograr concentraciones de ácido mayores que el 68% o 69% debido a la presencia de un azeótropo del agua y el Acido Nítrico en este punto. Para generar ácido de concentraciones mayores se puede seguir una de dos metodologías, la directa o la indirecta.

#### 4.3.2.1.3 Proceso Directo

Emplea amoníaco y aire atmosférico como materias primas. El Amoníaco se oxida con aire primero en una combustión y luego pasa a un lecho catalítico. La corriente gaseosa generada contiene vapor de agua, óxidos de Nitrógeno y material no reactivo. Se induce la eliminación del vapor de agua por medio de un enfriamiento rápido. Los óxidos de Nitrógeno totalmente oxidados pueden seguir dos vías para producir Acido Nítrico concentrado; la primera es absorber los óxidos en Acido Nítrico concentrado que luego reacciona con ácido débil para generar más ácido concentrado; la segunda metodología implica el enriquecimiento de Acido Nítrico Azeotrópico con los Oxidos de Nitrógeno hasta producir un ácido de mayor concentración que la azeotrópica para luego por medio de una destilación obtener Acido Nítrico concentrado y Acido Nítrico Azeotrópico <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.2.1.4 Proceso Indirecto

El proceso indirecto opera con una tecnología conocida como destilación extractiva. Existen dos posibles vías en las que se puede obtener Acido Nítrico concentrado por medio de esta tecnología; proceso de ácido sulfúrico y

proceso de Nitrato de Magnesio. La idea fundamental en este tipo de tecnologías es aprovechar la mayor afinidad existente entre el agua y otro material que entre el agua y el Acido Nítrico. Así pues, se usa el ácido sulfúrico con una concentración mínima de 80% o soluciones de nitrato de magnesio de concentración del 72% para deshidratar Acido Nítrico Azeotrópico. La deshidratación se realiza en una torre donde se alimenta en la parte superior una de las dos sustancias deshidratantes y en algún punto lateral el Acido Nítrico diluido en forma de vapor. Las soluciones deshidratantes se reconcentran y se alimentan de nuevo al proceso y la corriente de Acido Nítrico concentrado (concentración mayor del 97% en peso) se pasa por un condensador y un desaireador para su acondicionamiento final <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.2.2 APLICACIONES Y USOS

De forma general se usa en la manufactura de nitratos orgánicos e inorgánicos, como intermediario en materiales colorantes, en la elaboración de medicamentos para veterinaria, en joyería, en la industria del fotograbado y en la industria de los explosivos <sup>(2)</sup>.

Su principal aplicación es la industria de los fertilizantes donde se consume en alrededor de un 75% del total producido. El Acido Nítrico en intervalos de concentraciones de 55% a 60% se usa aquí como materia prima en la producción de fertilizantes nitrogenados <sup>(1, 2)</sup>.

#### 4.3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

##### Acido Nítrico Concentración Mayor 20% <sup>(4)</sup>

**R8:** Peligro de fuego en contacto con materias combustibles

**R35:** Provoca quemaduras graves

##### Acido Nítrico Concentración entre 5% y 20% <sup>(4)</sup>

**R35:** Provoca quemaduras graves

El Acido Nítrico es una sustancia muy corrosiva e irritante de ojos, piel, tracto respiratorio y tracto digestivo. No es una sustancia combustible pero promueve la combustión en otras sustancias. Cuando se somete al calentamiento o a la llama, el Acido Nítrico emite gases tóxicos e irritantes muy peligrosos <sup>(2, 3)</sup>.

Cuando el Acido Nítrico entra en contacto con tejidos o membranas vivas como la boca, garganta, esófago y estomago, causa ulceraciones y quemaduras que dependiendo de la concentración del ácido pueden llegar a ser muy graves. Los síntomas de una exposición a Acido Nítrico incluyen irritación en los ojos, en las membranas mucosas y en la piel, de forma retardada se puede presentar edema pulmonar, bronquitis y erosión dental. La muerte por efecto de esta sustancia se da por lo regular a causa de shock y colapso circulatorio <sup>(2, 5)</sup>.

Personas con desordenes cardiopulmonares, oculares o cutáneos son mas sensibles a los efectos de exposiciones al Acido Nítrico <sup>(2)</sup>.

##### 4.3.3.1 INHALACIÓN

El Acido Nítrico no es una sustancia de uso domestico, solo se emplea a nivel industrial y en laboratorios y por tanto estos son los lugares donde existe mayor riesgo de exposición en niveles peligrosos para la salud de una manera aguda.

La fuente de exposición al Acido Nítrico en el aire obedece a que éste desprende humos tóxicos aun a temperatura ambiente; estos humos corresponden principalmente a oxido nítrico y Dióxido de Nitrógeno. La contaminación del aire con los humos del ácido se da de manera rápida y puede alcanzar niveles peligrosos si la habitación donde se encuentra la sustancia esta mal ventilada <sup>(3, 6)</sup>.

La exposición aguda a humos de Acido Nítrico provoca de manera inmediata irritación nasal, inflamación del tracto respiratorio, sensación de ahogo, laringitis y dolor en el pecho. Junto con estos efectos se puede presentar sangrado de las encías y de la nariz, ulceración de la mucosa nasal y oral, edema pulmonar, bronquitis crónica y neumonía. Los efectos descritos se pueden presentar de manera retardada en periodos de entre 4 y 30 horas

después de la exposición. Para el caso del edema pulmonar, los efectos reales se experimentan unas horas luego de la exposición y son agravados por actividades físicas fuertes <sup>(2,3,6)</sup>.

#### **4.3.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS**

El contacto con la piel ocurre por accidentes y manipulación inadecuada de esta sustancia en entornos laborales. Las personas del común en las ciudades están expuestas a concentraciones bajas de Acido Nítrico por causa de las lluvias ácidas que barren de la atmósfera óxidos de Nitrógeno producto de la combustión de fracciones de petróleo y otros combustibles o desechos que contienen Nitrógeno en su estructura o que contienen sustancias nitrogenadas como componentes o en trazas.

El contacto de la piel con gases concentrados de Acido Nítrico en periodos cortos provoca amarillamiento de la piel y dermatitis. Si la exposición es por tiempo prolongado se pueden dar quemaduras y ulceraciones profundas que son muy dolorosas. Cuando los ojos entran en contacto con nieblas de Acido Nítrico o sus gases se produce irritación, enrojecimiento y dolor agudo, existe erosión de la córnea y, dependiendo el grado del daño se puede perder la visión de forma permanente <sup>(2,3,6)</sup>.

#### **4.3.3.3 INGESTIÓN**

Esta es una de las formas menos comunes de contacto con el Acido Nítrico en concentraciones peligrosas. Se puede dar en incidentes accidentales o en casos de intento de suicidio. Debido a que el Acido Nítrico no está presente en el medio ambiente en concentraciones elevadas, este tipo de exposición no posee relevancia en los efectos gastrointestinales de la sustancia.

Los efectos de la ingestión de Acido Nítrico concentrado pueden ser muy severos e incluyen salivación, sed intensa, dificultad para tragar, escalofríos y dolor abdominal. Por causa de sus propiedades corrosivas, son comunes las quemaduras orales, de la garganta y en el estómago. En este tipo de exposición es muy probable que se presente colapso respiratorio. La dosis letal mínima aproximada de esta sustancia a concentraciones comerciales (mayores de 50%) se encuentra en el orden de los 5 ml para una persona de 70 Kg <sup>(2,3,6)</sup>.

#### **4.3.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

La exposición repetida o prolongada a nieblas o a vapores de alta concentración de Acido Nítrico pueden causar erosión de los dientes <sup>(6)</sup>. Se ha asociado la exposición crónica de nieblas o vapores de Acido Nítrico con riesgos de infecciones respiratorias en seres humanos; se puede generar daño a los bronquios <sup>(7)</sup>.

#### **4.3.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.3.3.5.1 Efectos Cardiovasculares <sup>(7)</sup>**

La absorción de óxidos de Nitrógeno puede conducir el desarrollo de pulso rápido y débil, dilatación del corazón, congestión en el pecho y colapso circulatorio.

##### **4.3.3.5.2 Efectos Musculares**

No se encontraron estudios referidos a los efectos musculares de la exposición, ingestión o contacto con Acido Nítrico.

##### **4.3.3.5.3 Efectos Renales**

No se encontraron estudios referidos a los efectos renales de la exposición, ingestión o contacto con Acido Nítrico.

##### **4.3.3.5.4 Efectos Inmunológicos**

No se encontraron estudios referidos a los efectos inmunológicos de la exposición, ingestión o contacto con Acido Nítrico.

##### **4.3.3.5.5 Efectos Hematológicos <sup>(7)</sup>**

Exposiciones a dosis altas de Acido Nítrico pueden llevara la conversión del  $Fe^{+2}$  de la hemoglobina en  $Fe^{+3}$  en virtud de la presencia de Oxido Nítrico (NO), causando fallas en el transporte de Oxígeno en la sangre.

HNO<sub>3</sub>

Acido nítrico

#### 4.3.3.5.6 Efectos Neurológicos

No se encontraron estudios referidos a los efectos neurológicos de la exposición, ingestión o contacto con Acido Nítrico.

#### 4.3.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

LDL<sub>50</sub> (Humanos): 430 mg/kg<sup>(11)</sup>

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): 65 ppm/4 horas<sup>(11)</sup>

El Acido Nítrico no se ha clasificado dentro del grupo de sustancias que tienen algún riesgo en la evolución de cáncer en seres humanos. El Dióxido y monóxido de Nitrógeno poseen riesgo de causar problemas reproductivos y del desarrollo en especies en gestación. El Dióxido de Nitrógeno además causa daños en el ADN siendo motivo para la generación de mutaciones y aberraciones en las especies expuestas<sup>(7)</sup>.

#### 4.3.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### 4.3.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

En casos de exposición severa o cuando se esté inseguro de la magnitud de las lesiones causadas por el contacto con Acido Nítrico, las víctimas se deben remitir a un centro asistencial para recibir atención médica en el menor tiempo posible.

##### 4.3.5.1.1 Exposición en Ojos

La víctima se debe retirar de la zona de peligro de forma inmediata. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición al ácido en el ambiente. Se deben lavar los ojos de la víctima con abundante agua por lo menos durante 15 minutos levantando los párpados superior e inferior ocasionalmente para retirar rastros de la sustancia que puedan estar adheridos a esta superficie. No se deben usar lentes de contacto cuando se este manipulando o trabajando con esta sustancia; si en la exposición, la víctima lleva puestos lentes de contacto, éstos se deben retirar de inmediato sin provocar lesiones adicionales. Si existe irritación severa en los ojos luego de administrar los procedimientos de primeros auxilios, la víctima se debe remitir a asistencia médica<sup>(2,3,6)</sup>.

##### 4.3.5.1.2 Exposición en la Piel

La víctima se debe retirar de la zona de peligro de forma inmediata. Si el grado de la exposición requiere la asistencia de otra persona, ésta debe llevar el equipo de seguridad apropiado para evitar la exposición al ácido en el ambiente. La zona de la piel afectada se debe lavar con agua y con jabón durante algunos minutos. La ropa contaminada se debe retirar de la víctima lo más pronto posible para evitar lesiones posteriores. En caso de que se presente irritación en la piel luego de los primeros auxilios, la víctima se debe remitir a un centro asistencial por atención médica<sup>(2,3,6)</sup>.

##### 4.3.5.1.3 Inhalación

La persona afectada se debe retirar del peligro y se debe ubicar en una zona donde tenga acceso a aire fresco. Las víctimas de este tipo de exposición deben permanecer en reposo ya que el ejercicio físico agrava las posibles lesiones pulmonares generadas por el contacto con el ácido. Si la víctima ha cesado de respirar se debe realizar el procedimiento de respiración artificial hasta que se recupere o hasta que llegue personal calificado de atención. En el caso de respiración dificultosa y si en las instalaciones existe equipo de respiración auxiliar con Oxígeno, este procedimiento se debe administrar hasta la llegada de personal de atención de emergencias calificado. Debido a que los efectos de este tipo de exposición son retardados, se recomienda control médico posterior para evitar complicaciones<sup>(2,3,6)</sup>.

##### 4.3.5.1.4 Ingestión

No se debe inducir el vómito en las víctimas por este tipo de exposición ya que se pueden producir más quemaduras en el tracto digestivo superior. Tampoco se debe intentar neutralizar el Acido Nítrico ingerido ya que se pueden presentar reacciones violentas con generación de calor o de gases tóxicos al interior de estómago. Si la víctima está consiente,



ésta se debe lavar la boca con abundante agua pero debe evitar tragarla. Para ayudar en la dilución de la sustancia en el estómago y siempre y cuando la víctima se encuentre consciente, se debe ingerir entre uno y dos vasos de agua o leche luego de los procedimientos de lavado bucal. Nunca se debe administrar ningún elemento por vía oral a víctimas que se encuentren en estado de inconsciencia. Si la víctima ha dejado de respirar, se debe aplicar el procedimiento de respiración artificial<sup>(2, 3, 6)</sup>.

#### 4.3.5.1.5 Rescate

Las víctimas siempre se deben retirar de la zona de exposición lo más rápido posible por personal que porte equipo de seguridad adecuado que evite su propia exposición. El personal que trabaje en ambientes donde se pueda presentar exposición de algún tipo al Acido Nítrico debe ser entrenado en procedimientos de emergencia adecuados para cada instalación específica. Se debe identificar la ubicación de los elementos de seguridad y de primeros auxilios antes que se presente la necesidad<sup>(6)</sup>.

Para situaciones de emergencia, se deben usar sistemas de respiración autocontenidos de presión positiva o de demanda de presión con pieza facial completa y ropa impermeable totalmente encapsulada. La ropa impermeable de caucho de Neopreno, Butilo / Neopreno, Clorobutilo o Polietileno presenta por lo general buena resistencia al Acido Nítrico<sup>(2)</sup>.

#### 4.3.5.2 INCENDIOS

Esta no es una sustancia inflamable pero puede inducir a otras sustancias a generar fuego o explosiones. Si el Acido Nítrico se ve envuelto directamente en situaciones de fuego, éste no se debe atacar con espuma de extinción. Si los contenedores de almacenamiento de Acido Nítrico se ven involucrados en incendios, se debe evitar su calentamiento por medio de la aplicación de abundante agua rociada sobre ellos. Si los contenedores se pueden retirar del área de fuego y ésta operación no presenta demasiado peligro en la situación específica, se recomienda retirarlos a un lugar seguro lejos del fuego para evitar complicaciones en el momento de la extinción del incendio<sup>(2, 3)</sup>.

Los fuegos pequeños se pueden apagar con agua, polvo químico seco o suspensiones de Oxido de Calcio. Los grandes incendios se deben tratar inundando el área de la emergencia con agua.

Toda persona que atienda un incendio donde está involucrado el Acido Nítrico debe portar equipo de seguridad adecuado que incluya ropa de protección contra químicos y gases corrosivos, sistemas de respiración autocontenidos con pieza facial completa, botas y guantes.

#### 4.3.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Las siguientes son recomendaciones para tratar fugas o derrames de Acido Nítrico:

- Ventilar el área de fuga o derrame
- En lo posible, coleccionar el líquido de escape en recipientes sellables herméticamente
- Diluir con agua el material que no se haya podido recoger
- Efectuar una neutralización con bases diluidas como Carbonato de Sodio o cal viva
- El Acido Nítrico no se debe intentar absorber sobre agentes combustibles como aserrín.

El área de fuga se debe evacuar de forma inmediata. Se debe aplicar ventilación para diluir y retirar los posibles gases generados por la fuga o el derrame. El personal innecesario y aquel que no porte equipo de seguridad apropiado se debe retirar de la zona de peligro hasta que se completen los procedimientos de limpieza<sup>(3, 6)</sup>.

#### 4.3.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 2 ppm; 5 mg/m<sup>3</sup> (1993 - 1994)<sup>(2, 3, 5)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 2 ppm; 5 mg/m<sup>3</sup> (1987)<sup>(2, 5, 6)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 2 ppm; 5 mg/m<sup>3</sup> (1987)<sup>(2, 5)</sup>

HNO<sub>3</sub>

Acido nítrico

**IDLH (NIOSH):** 100 ppm; 250 mg/m<sup>3</sup> (1978) <sup>(2)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 4 ppm; 10 mg/m<sup>3</sup> (1993 - 1994) <sup>(2, 3, 5)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.3.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de Acido Nítrico o líquidos que contengan Acido Nítrico que tengan un pH menor o igual a 2,5. Los empleados deben portar este mismo equipo de seguridad cuando estén expuestos de forma prolongada a soluciones de Acido Nítrico con pH mayor de 2,5.
- La ropa contaminada con Acido Nítrico se debe retirar de manera inmediata y se debe ubicar en un contenedor de cierre hermético hasta que se retire el Acido Nítrico de ella.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Acido Nítrico en forma líquida o en soluciones que contengan Acido Nítrico con pH igual o menor de 2, 5, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que Acido Nítrico líquido o en soluciones entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Acido Nítrico líquido o soluciones de Acido Nítrico con pH menor o igual a 2,5 entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

##### 4.3.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, se debe instituir un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 14. Protección respiratoria mínima para Acido Nítrico en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Concentración de partículas o vapores de hasta 250 mg/m <sup>3</sup>	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa que provea protección contra ácido nítrico. Una máscara de gases tipo mentón o con un cilindro de vapores de ubicación frontal o posterior que provea protección contra ácido nítrico Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa Un respirador de aire operado en demanda de presión u otro dispositivo en modo de presión positiva o flujo continuo
Concentración mayor a 250 mg/m <sup>3</sup> o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva Una combinación de respirador que incluya un respirador de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva o flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva

**Tabla 14. Protección respiratoria mínima para Acido Nítrico en el aire (continuación)**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m <sup>3</sup> (OSHA)
Lucha contra el fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva
Evacuación	Cualquier máscara de gases que contenga absorbentes no oxidables y provea protección contra ácido nítrico Cualquier aparato de evacuación con respiración autocontenida

Tomado de "OSHA; Occupational Health Guideline for Nitric Acid"(6)

#### 4.3.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Se debe evitar a toda costa el contacto con nieblas, humos de descomposición y soluciones de esta sustancia. El área de trabajo donde se manipule, almacene, transforme o produzca Acido Nítrico debe estar muy bien ventilada y debe incluir equipos de lavado de emergencia como duchas lava ojos o duchas de lavado corporal. Se debe prohibir el consumo de alimentos en instalaciones que tengan relación con el Acido Nítrico<sup>(3)</sup>.

Antes de trabajar con Acido Nítrico, el personal implicado en su manipulación se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además debe estar entrenado en el uso del equipo de protección personal.

##### 4.3.8.1 FRASES DE SEGURIDAD<sup>(4)</sup>

###### Acido Nítrico Concentración Mayor a 20%

- S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños
- S23:** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación adecuada a especificar por el fabricante]
- S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico
- S36:** Usese indumentaria protectora adecuada
- S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).

###### Acido Nítrico Concentración Entre 5% y 20%

- S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños
- S23:** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación adecuada a especificar por el fabricante]
- S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico
- S27:** Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada

##### 4.3.8.2 ALMACENAMIENTO

El lugar de almacenamiento del Acido Nítrico no debe contener ninguna de las sustancias que constituyen sus incompatibilidades, dentro de las que se encuentran sustancias reductoras, sustancias básicas, químicos orgánicos o combustibles, etc. El Acido Nítrico no se debe transportar o almacenar junto con alimentos o productos alimenticios intermedarios para evitar la contaminación de estos últimos<sup>(3)</sup>.

Los empaques unitarios donde se envase el Acido Nítrico deben ser de material irrompible. Aquellos envases que pueden sufrir ruptura como botellas de vidrio se deben introducir en contenedores más grandes de mayor resistencia a la ruptura. Como regla general, de forma industrial el Acido Nítrico se transporta y almacena en contenedores de acero inoxidable. El lugar de almacenamiento permanente debe estar proveído con un buen sistema de ventilación para evitar acumulación de vapores o gases tóxicos; de la misma forma, debe ser un lugar seco, fresco y que no presente cambios bruscos en su temperatura<sup>(1,3)</sup>.



Acido nítrico

### 4.3.9 USOS, GENERACION Y CONTROLES

**Tabla 15. Usos, generación y control de emisiones de Acido Nítrico**

Uso / Generación	Control
Usado en metalurgia; en la refinación de metales y en la recuperación de minerales metálicos.	Ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado en la acidificación de roca fosfórica y manufactura de soluciones de Nitrógeno para uso en la industria de fertilizantes	Ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado como reactivo de laboratorio; usado en la industria de la pulpa de madera.	Aislamiento de operación, ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal
Usado en la síntesis inorgánica en la manufactura de fertilizantes, explosivos, herbicidas, antibióticos, curado de la carne, cerámica y farmacéuticos .	Aislamiento de operación, ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal
Usado en la síntesis orgánica en la manufactura de agentes nitrantes y oxidantes, nylon, espumas, lubricantes, insecticidas, colorantes, explosivos, películas fotográficas, lacas y derivados de la celulosa.	Aislamiento de operación, ventilación local de la operación; ventilación de dilución general; equipo de protección personal

### 4.3.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Acido Nítrico está presente en la atmósfera por acción humana indirecta donde contribuye en los fenómenos de lluvia ácida. Los compuestos nitrogenados de carácter ácido, como los óxidos de Nitrógeno y el Acido Nítrico generan una amplia gama de efectos en el ambiente, incluyendo cambios en la composición de algunas especies de vegetación en ecosistemas acuáticos y terrestres, reducción de visibilidad, acidificación de cuerpos de agua dulce, eutrificación de aguas costeras y de estuarios e incrementos de toxinas peligrosas para peces y otros organismos acuáticos <sup>(7,8,9)</sup>.

#### 4.3.10.1 SUELO

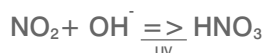
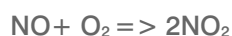
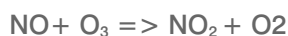
El Acido Nítrico puede alcanzar el suelo por acción de las lluvias que lo limpian de la atmósfera o por derrames directos producto de accidentes o malos manejos en las plantas de producción o transformación.

Gracias a sus características de alta reactividad no es una sustancia que se mantenga en su forma ácida por mucho tiempo. Reacciona con sustancias básicas en el suelo formando Nitratos que son luego transformados y asimilados por bacterias del suelo o por plantas y se incorpora a las cadenas alimenticias en forma de nutrientes. Por sus características oxidantes, reacciona con materiales orgánicos generando de nuevo los Oxidos de Nitrógeno de los cuales proviene <sup>(10)</sup>.

#### 4.3.10.2 AIRE

El Acido Nítrico está presente en la atmósfera gracias a la interacción de Oxidos de Nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub> principalmente) con Ozono y humedad atmosféricas en presencia de sustancias catalíticas como aerosoles metálicos y radiaciones ultravioleta del sol. Los Oxidos de Nitrógeno se liberan en la atmósfera como producto de los gases emitidos por vehículos a motor, la quema de Carbón, aceite o gas natural, en operaciones como la soldadura con arco eléctrico, electroplateado, la reacción del Acido Nítrico con celulosa o metales y explosión de dinamita. La presencia de Oxidos de Nitrógeno en la atmósfera varía de lugar a lugar y con la época del año <sup>(7,8,10)</sup>.

La generación de Acido Nítrico a partir de sus óxidos se esquematiza en el siguiente esquema de reacciones:



Estas reacciones son un paso de terminación dentro de una cadena de reacciones por radicales libres y es muy rápida en condiciones de atmósfera despejada de nubosidad, pudiendo producir una alta cantidad de Acido Nítrico en el lapso de pocas horas. Como resultado final de estos procesos se genera smog<sup>1</sup> y se retiran del aire radicales reactivos de Nitrógeno y de Hidroxilo<sup>(8)</sup>.

Durante la noche en lugares de atmósferas muy contaminadas y con alta presencia de ozono, el Oxido de Nitrógeno (V) ( $\text{N}_2\text{O}_5$ ) se transforma en Acido Nítrico por acción de una reacción heterogénea con agua. Esta reacción es despreciable durante el día debido a que el Trióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_3$ ), intermediario en la generación de  $\text{N}_2\text{O}_5$  se destruye con facilidad en presencia de radiaciones ultravioleta<sup>(8)</sup>.

El Acido Nítrico es la principal ruta de conversión los óxidos de Nitrógeno en la atmósfera y constituye una contribución importante en las deposiciones ácidas ambientales, que pueden ser de la forma seca o de la forma húmeda. El Acido Nítrico atmosférico puede seguir un camino húmedo y se puede retirar de la atmósfera por acción de las lluvias que lo conducen al suelo o a lechos acuosos. La vía seca implica la reacción en el aire con especies básicas como el amoníaco para formar aerosoles de nitrato de amonio. Por causa de estos fenómenos, la permanencia del Acido Nítrico en la atmósfera baja es de solo entre uno y diez días<sup>(7, 8, 9)</sup>.

$\text{HNO}_3$

Acido nítrico

#### 4.3.10.3 AGUA

Al igual que en la tierra, al Acido Nítrico entra en los lechos de agua por medio de la lluvia ácida y por derrames directos; también se genera en forma de Nitratos por acción de bacterias nitrificantes que transforman  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$ . En el agua, el Acido Nítrico se disocia completamente en sus iones constitutivos,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{H}^+$ , promoviendo la disminución del pH y generando un peligro muy alto para especies acuáticas aún en bajas concentraciones.

#### 4.3.11 ECOTOXICIDAD

El Acido Nítrico es considerado como una sustancia tóxica para la vida acuática.

##### Toxicidad en Peces

Pez Mosquito TLm, 96 horas: 72 ppm

#### 4.3.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

El principal problema que conlleva el uso o la producción de Acido Nítrico lo constituyen los gases liberados cuando se hace reaccionar con otras sustancias en ciertas condiciones, cuando sufre procesos de calentamiento excesivo o cuando se emiten en el proceso de producción. Estos gases están constituidos principalmente por monóxido (NO) y Dióxido ( $\text{NO}_2$ ) de Nitrógeno, que son sustancias muy tóxicas por vías respiratoria y cutánea. En países de Europa se estipula que el máximo permitido de emisiones de  $\text{NO}_x$  debe ser 200 ppm (1996) y que los gases y vapores generados solo se pueden descargar a la atmósfera cuando estén libres de coloraciones rojas o amarillas<sup>(1)</sup>.

Todas las plantas de producción de Acido Nítrico modernas incluyen operaciones de recuperación de emisiones de óxidos de Nitrógeno. La recuperación se realiza con métodos denominados de absorción mejorada, de depuración química, de reducción catalítica y de adsorción. Una descripción en algún detalle de cada uno de estos métodos se da en Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry<sup>(1)</sup>.

<sup>1</sup> La palabra smog proviene de la combinación de los vocablos ingleses "smoke" y "fog" que significan humo y niebla respectivamente.

El tratamiento de gases de emisión continua producto de la descomposición o generación del Acido Nítrico se desarrolla en torres de absorción con agua donde las principales variables que se tienen en cuenta para el diseño corresponden a la presión y temperatura de operación y las presiones parciales de los óxidos de Nitrógeno y Oxígeno en la corriente gaseosa <sup>(1)</sup>.

#### 4.3.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; *Ullmans Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 17; Quinta edición completamente revisada*; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). *Nitric Acid Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide* [en línea]. Octubre de 1985, revisado Noviembre de 1987 [citado junio 26 de 2003]. Disponible [http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical\\_Results?OpenView&Start=204](http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=204)
3. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Internacional Chemical Safety Cards, Nitric Acid* [en línea]. Abril de 1994 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc01/icsc0183.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc01/icsc0183.htm)
4. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
5. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Nitric Acid* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado enero de 1993 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_256600.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_256600.html)
6. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Safety and Health Guideline for Nitric Acid* [en línea]. Septiembre de 1978 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0447.pdf>
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Managing Hazardous Material Incidents, Nitrogen Oxides (NO, NO<sup>2</sup> and others)* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado abril de 2003 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg175.pdf>
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Environmental Health Criteria 188, Nitrogen Oxides (second edition)* [en línea]. 1997 [citado junio de 2003]. Disponible en <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc188.htm>
9. Environmental Protection Agency (EPA). *Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>)* [en línea]. 1997, revisado abril 2002 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/oar/oaqtrnd97/brochure/no2.html>
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *ToxFAQ's for Nitrogen Oxides (Nitric Oxide, Nitrogen Dioxide, etc.)* [en línea]. Abril de 2002 [citado junio 26 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts175.html>
11. Consejo Colombiano de Seguridad (CCS). *Software Dataquim. Hoja de Datos de Seguridad, Acido Nítrico. Última actualización 2003*. Bogotá, Colombia.