4.4 Acido sulfúrico

4.4.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

4.4.1.1 SINONIMOS

4.4.1.2 DESCRIPCION

4.4.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

4.4.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS

4.4.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

4.4.1.5.1 Incompatibilidades

4.4.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

4.4.2.1 PRODUCCION

4.4.2.1.1 Proceso de Cámara

4.4.2.1.2 Proceso de Contacto

4.4.2.2 APLICACIONES Y USOS

4.4.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

4.4.3.1 INHALACION

4.4.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS

4.4.3.3 INGESTION

4.4.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

4.4.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

4.4.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA

4.4.4.1 CANCER

4.4.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO

4.4.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS

4.4.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

4.4.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

4.4.5.1.1 Exposición en Ojos

4.4.5.1.2 Exposición en la piel

4.4.5.1.3 Inhalación

4.4.5.1.4 Ingestión

4.4.5.1.5 Rescate

4.4.5.2 INCENDIOS

4.4.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

4.4.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

4.4.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

4.4.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

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

4.4.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.4.8.2 ALMACENAMIENTO

4.4.9 USOS Y CONTROLES

4.4.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.4.10.1 SUELO

4.4.10.2 AIRE

4.4.10.3 AGUA

4.4.11 ECOTOXICIDAD

4.4.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

4.4.12.1 REDUCCIÓN DE GENERACIÓN DE DESECHOS

4.4.12.2 ALTERNATIVAS PARA TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS

4.4.13 BIBLIOGRAFÍA

4.4.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

Fórmula: H_2SO_4

CAS: 7664-93-9

Número UN:

1830 (Concentración menores de 65,25%)

1832 (Acido Sulfúrico Consumido)

1786 (Mezcla de Acido Sulfúrico y Acido Fluorhídrico)

Clase de Peligro UN: 8 – Corrosivos (Solución)

4.4.1.1 SINÓNIMOS

Acido de batería, BOV, Acido de Nordhausen, Aceite de Vitriolo, espíritu del Azufre, Acido Sulfúrico, Aceite café de Vitriolo, Sulfato de Hidrógeno, Acido fertilizante, Acido de cámara, Acido de inmersión, Acido Sulfúrico consumido. Sulfuric (sulphuric) Acid (Inglés), Acide Sulfurique (Francés), Schwefelsäure (Alemán), Acido Solforico (Italiano) [2].

4.4.1.2 DESCRIPCIÓN

En su forma pura, el Acido Sulfúrico es un líquido aceitoso, sin color y sin olor. Es muy corrosivo. En su forma comercial está usualmente impuro y su coloración es pardusca.

El Acido Sulfúrico puede formar soluciones con el agua en cualquier proporción. Las soluciones acuosas de Acido Sulfúrico se nombran de acuerdo con el porcentaje en peso de Acido en la solución; el Acido Sulfúrico concentrado es entonces H_2SO_4 100%, que se conoce como anhidro o como monohidrato de trióxido de Azufre [1].

El Acido Sulfúrico puede disolver cualquier cantidad de trióxido de Azufre (SO_3). Al introducir trióxido de Azufre sobre Acido Sulfúrico concentrado se genera óleum, que por lo general se comercializa en soluciones de 10 a 70% de contenido de trióxido de Azufre y que se conocen también como Acido Sulfúrico fumante [1, 2, 11].

4.4.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Se comercializa en solución acuosa de concentración entre 33 a 98%. Existen cuatro grados de comercialización: comercial, electrolito (de alta pureza para baterías), textil (bajo contenido de impurezas orgánicas) o grados de reactivo [2].

4.4.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS [1, 2, 7, 10, 11]

Tabla 16. Propiedades físicas para el Acido Sulfúrico

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	98,08
Estado físico	Líquido
Punto de Ebullición (ºC))(760 mmHg)	290; 100% 310-335; 98%
Punto de Fusión (ºC)	10,4-10,5; 100% 3; 98% -64; 65%
Presión de Vapor (mmHg)	< 0,001; 20 ºC 1; 146 ºC
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,841; 100%

Tabla 16. Propiedades físicas para el Acido Sulfúrico (continuación)

PROPIEDAD	VALOR
Densidad del Vapor (Aire = 1)	3,4
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No Encontrado
Solubilidad en Agua (g/ml)	Libremente
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No Aplica
Temperatura de Auto ignición (ºC)	No aplica
Punto de Inflamación (ºC)	No Aplica
pH	0.3; Solución 1 N 1,2; Solución 0,1 N 2,1; Solución 0,01 N

4.4.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Acido Sulfúrico es un Acido mineral fuerte y un oxidante fuerte. Se disocia en agua de acuerdo con dos equilibrios:

$$1) - H_2SO_4 + H_2O <=> H_3O + HSO_4$$

$$2) - HSO_4^- + H_2O <=> H_3O + SO_4^{2-}$$

El primero de ellos a proporciones de agua bajas y el segundo a proporciones altas; por esta razón el Acido Sulfúrico diluido actúa como un Acido dibásico. Estas características ácidas hacen que reaccione con metales básicos como el aluminio provocando la generación de Hidrógeno y los correspondientes Sulfatos y biSulfatos metálicos.

El Acido Sulfúrico concentrado y caliente es una sustancia altamente oxidante y ataca metales preciosos. En este mismo estado reacciona con carbono, fósforo y Azufre produciendo dióxido de Azufre (SO_2) [2].

El Acido Sulfúrico descompone las sales de muchos otros Acidos, lo cual representa una oportunidad industrial en diversos campos como en la producción de Sulfato de sodio (Na_2SO_4) y cloruro de Hidrógeno (HCl) a partir del cloruro de sodio (NaCl), la descomposición de sulfitos a dióxido de Azufre y la descomposición de fosfatos de calcio naturales ($Ca_3(PO_4)_2$) hasta Acido fosfórico (H_3PO_4) y Sulfato de calcio ($CaSO_4$) [1].

Sus características de higroscopicidad se deben a la formación de diferentes hidratos, los cuales corresponden al monohidrato ($H_2SO_4*H_2O$), el dihidrato ($H_2SO_4*2H_2O$), el trihidrato ($H_2SO_4*3H_2O$), el tetrahidrato ($H_2SO_4*4H_2O$) y por último el hexahidrato ($H_2SO_4*6H_2O$) [1].

Las reacciones del Acido Sulfúrico concentrado en el área de los compuestos orgánicos están muy influenciadas por las propiedades oxidantes e higroscópicas de éste; debido a estas características, reacciones de carbonización de carbohidratos y de condensación orgánica presentan mejor desempeño en su presencia [1].

El Acido Sulfúrico no es un material combustible en si mismo, pero por ser altamente reactivo es capaz de iniciar la ignición de sustancias combustibles cuando entra en contacto con ellas.

4.4.1.5.1 Incompatibilidades

Por sus características de oxidante fuerte, reacciona violentamente con materiales reductores. Cuando entra en contacto con combustibles finamente particulados provoca su ignición. Reacciona violentamente con bases. Es corrosivo para muchos metales comunes generando humos de dióxido de Azufre e Hidrógeno gaseoso, el cual es altamente explosivo. Debido a que es un material muy higroscópico, puede producir deshidratación de otras sustancias. Cuando entra en contacto con agua libera grandes cantidades de calor. Al calentarlo se generan Oxidos de

Azufre producto de su descomposición [6, 7, 10]. El contacto de Acido Sulfúrico con materiales orgánicos como cloratos, carburos, fulminatos o picratos puede causar fuego y explosiones [1, 7].

4.4.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

4.4.2.1 PRODUCCIÓN[1, 11]

Existen dos grandes procesos por los cuales se ha producido o se produce Acido Sulfúrico industrialmente: el proceso de cámara y el proceso de contacto. El primero de estos dos fue el más importante en los primeros años del siglo XX pero ahora ha caído en desuso.

4.4.2.1.1 Proceso de Cámara

En el proceso de cámara, el óxido de Azufre se oxida hasta trióxido de Azufre (SO_3), que posteriormente se combina con agua para generar el Acido Sulfúrico. Las reacciones involucradas en este proceso corresponden a:

$$1) - 2NO + O_2 \Rightarrow 2NO_2$$

$$2) - 2NO_2 + 2SO_2 + H_2O \Rightarrow H_2SO_4 + 2NO$$

En estas reacciones el dióxido de nitrógeno (NO_2) actúa como el agente oxidante. Los productos finales de este proceso, como se observa, son el Acido Sulfúrico y Oxidos de nitrógeno. Por este procedimiento se obtiene Acido Sulfúrico de concentración 78%, que es una de sus desventajas con respecto al proceso de contacto donde se logran concentraciones del producto de 98%.

4.4.2.1.2 Proceso de Contacto

El proceso de contacto es un proceso catalítico de mayor rendimiento y menor tiempo de proceso para las materias primas. En la producción de Acido Sulfúrico por esta metodología se diferencian varias operaciones importantes:

- Oxidación de Azufre hasta dióxido de Azufre
- Secado de los gases
- Oxidación catalítica de dióxido de Azufre hasta trióxido de Azufre
- Absorción de trióxido de Azufre
- Enfriamiento del Acido

4.4.2.1.3 Oxidación de Azufre Hasta Dióxido de Azufre

El objetivo en este caso es la generación de una corriente de gases con alta concentración de dióxido de Azufre. La materia prima fundamental en el proceso lo constituye el Azufre contenido en diversos minerales y que se usa en gran medida en procesos donde se consume formando Oxidos de Azufre que luego se alimentan a la planta de producción de Acido Sulfúrico. Como ejemplo, una de las industrias donde se aprovechan por tradición los gases de óxido de Azufre es la de la metalurgia. En procesos donde el producto de interés es el Acido Sulfúrico se parte por lo general de pirita, pero este procedimiento está siendo desplazado cada vez en mayor medida por aquellos que obtienen dióxido de Azufre como subproducto.

4.4.2.1.4 Secado de los Gases

Aquí el objetivo fundamental es secar los gases ricos en dióxido de Azufre que van a entrar a la oxidación catalítica para evitar la corrosión de los equipos más fríos en el proceso, causada por la formación de nieblas de Acido Sulfúrico, las que por lo general son muy difíciles de retirar. El secado de los gases ayuda a la protección del catalizador contra la formación de Acido Sulfúrico en su superficie cuando la planta entra en periodos de receso para reparación o mantenimiento.

4.4.2.1.5 Oxidación Catalítica de Dióxido de Azufre Hasta Trióxido de Azufre

La reacción se lleva a cabo sobre catalizadores de pentóxido de vanadio (V_2O_5), Platino, Oxidos de Hierro, Cromo, Cobre, Manganeso, Titanio y otros metales en torres empacadas conocidas como convertidores. El catalizador se empaca en diferentes capas de lecho, donde se lleva a cabo la reacción de forma adiabática, y entre cada capa de lecho se ubica un intercambiador de calor para retirar excesos de calor perjudiciales para los equipos y para la reacción en sí, ya que es una reacción exotérmica y por tanto favorecida en la termodinámica por las temperaturas bajas.

4.4.2.1.6 Absorción de Trióxido de Azufre

El gas de salida del convertidor es básicamente trióxido de Azufre. Este se absorbe sobre Acido Sulfúrico de concentración mínima de 98%; a la sustancia anterior se le adiciona agua para producir el Acido Sulfúrico final. La concentración del Acido de absorción asegura que no exista formación de nieblas de Acido Sulfúrico y que los gases de cola no posean trióxido de Azufre en concentraciones importantes.

En la mayoría de las plantas de producción, el dióxido de Azufre se pasa primero por todos los lechos catalíticos y luego se introduce a una absorción doble del trióxido de Azufre en torres de absorción consecutivas.

4.4.2.1.7 Enfriamiento del Acido

Esta operación juega un papel importante en la determinación de la eficiencia y operación segura de toda la planta de producción de Acido Sulfúrico. Los principales equipos de enfriamiento lo constituyen los intercambiadores de coraza y tubos y los intercambiadores de placas, ambos refrigerados con agua de proceso, o, en casos excepcionales con aire.

4.4.2.2 APLICACIONES Y USOS

La mayoría de los usos del Acido Sulfúrico no lo implican de forma directa como una materia prima sino como de uso indirecto en forma de catalizador. Por este motivo, muy poco Acido Sulfúrico aparece en los productos de las industrias donde interviene pero aparece como Acido consumido o como varios tipos de Sulfatos de desecho [1].

De forma general se usa en las industrias de pigmentos, Acidos, pegante, purificación del petróleo, baños de electroplateado, herbicidas, fertilizantes, en la refinación de Aceites minerales y vegetales, en la industria del cuero, como agente en la producción de explosivos, y otros. Tiene una amplia aplicación en la deshidratación de éteres, ésteres y gases [2].

Dentro de sus usos indirectos se encuentra en la industria de fertilizantes, generando Acido fosfórico a partir de roca fosfórica, que luego dará lugar a materiales fertilizantes como superfosfatos triples y Sulfatos de mono y diamonio. Cerca del 60% del Acido Sulfúrico producido se usa en esta industria [1, 11]. Una cantidad apreciable de Sulfúrico se usa en la industria petroquímica como deshidratante Acido en reacciones de nitración, condensación, deshidratación, y en la refinación donde se usa para refinar, alquilar, y purificar destilados de petróleo crudo. En la industria inorgánica se usa en la producción de pigmentos de TiO_2 y Acidos minerales. En el procesamiento de metales, se usa en el decapado, en el tratamiento de minerales de cobre, uranio y vanadio y en la preparación de baños electrolíticos para purificación de metales no ferrosos [1].

Uno de sus usos directos incluye su dispersión en forma de solución diluida en suelos muy alcalinos que van a ser usados con fines agrícolas; pero el uso directo más importante lo constituye la industria de la sulfonación orgánica, en donde se usa para la fabricación de detergentes. Otro de sus usos directos importantes es el de la industria de las baterías [1].

4.4.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Frases de Riesgo [8]

Soluciones de Acido Sulfúrico a Concentraciones mayores de 15%

R35: Causa quemaduras severas

Soluciones de Acido Sulfúrico a Concentración entre 5% y 15%

R36/38: Irritante para los ojos y la piel

Los efectos encontrados en la toxicidad del Acido Sulfúrico obedecen por completo a las interacciones del ion H^+ con los componentes celulares más que a la interacción del ion $(SO_4)^{2-}$ [1]. Es una sustancia corrosiva y provoca efectos directos locales en todos los tejidos corporales aún en bajas concentraciones. El contacto de cualquier tejido con Acido Sulfúrico concentrado provoca quemaduras profundas y de difícil sanado. Su alta reactividad frente a muchos compuestos lo hace peligroso por la generación de calor, por el potencial de explosión o por la generación de vapores tóxicos o inflamables. Debido a que la hidratación del trióxido de Azufre produce Acido Sulfúrico, las consecuencias sobre la salud de las personas es equivalente en estas dos sustancias [1, 2, 11].

La inhalación de vapores de Acido Sulfúrico concentrado provoca tos aguda y daños severos en los pulmones y en todo el tracto respiratorio. El contacto con los ojos puede provocar perdida total de la visión. En la piel genera quemaduras y necrosis severa. La ingestión de Acido Sulfúrico concentrado en cantidad aproximada a una cucharada es mortal para adultos; esta ingesta puede provocar perforación del ducto gástrico, peritonitis y un colapso circulatorio posterior. El shock es la causa inmediata más común de muertes. La exposición crónica a esta sustancia puede generar traqueo bronquitis, gastritis e irritación cutánea [1, 2, 11].

Un peligro importante en la manipulación del Acido Sulfúrico lo constituye su dilución en agua. Cuando el Acido Sulfúrico se mezcla con agua, se produce una gran cantidad de calor, que dependiendo de la cantidad relativa de las dos sustancias puede provocar un incremento considerable en la temperatura de la solución e incluso puede generar ebullición violenta. Este comportamiento es más marcado y peligroso en procedimientos de mezcla donde se adiciona agua sobre el Acido concentrado y por eso no se recomiendan [1, 2, 7, 11].

Los riesgos de explosión se dan por el contacto de esta sustancia con químicos como la acetona (CH_3-CO-CH_3), los alcoholes, combustibles, las bases fuertes concentradas y algunos metales finamente divididos. La emisión de gases tóxicos, que en general corresponden a Oxidos de Azufre SO_x, se da por el calentamiento del Acido, descomponiéndose por completo a temperaturas del orden de 340 °C [1, 7].

En cuanto a los gases inflamables, estos se restringen casi con exclusividad al Hidrógeno, desprendido en reacciones del Acido con metales básicos [7, 11].

Los peligros mas graves de exposición al Acido Sulfúrico se dan en derrames accidentales durante su transporte y manipulación. Niveles mucho más bajos están presentes en la atmósfera por oxidación de óxido de Azufre generado en plantas donde se libera como emisión. El grado de afectación a los diferentes individuos se ve agravado por enfermedades respiratorias crónicas como asma, a nivel respiratorio; enfermedades gastrointestinales crónicas, como gastritis, a nivel gástrico y enfermedades oculares o cutáneas, como conjuntivitis crónica o dermatitis [2].

4.4.3.1 INHALACIÓN

La exposición aguda por inhalación no es común fuera de las plantas de transformación o producción del Acido Sulfúrico. En entornos laborales, la respiración de pequeñas gotas de Acido Sulfúrico es la vía más común de exposición. Gracias a reacciones de combustión de carbón, de Aceite y de gas, que liberan dióxido de Azufre a la atmósfera, existe la posibilidad de exposición en exteriores debido a la oxidación lenta del dióxido de Azufre hasta trióxido de Azufre y posterior reacción con la humedad atmosférica. Las personas que habitan cerca de lugares de disposición de desperdicios que contengan Acido Sulfúrico se encuentran en mayor riesgo de exposición por

inhalación. Para estas personas, pasar el tiempo en el aire abierto y especialmente ejercitarse en este tipo de ambiente puede incrementar el riesgo de exposición [2, 6, 7, 11].

Existen varios factores que definen el impacto del daño por la inhalación de Acido Sulfúrico. Estos incluyen la concentración de exposición, que define el grado de la lesión, el tamaño de las partículas, que define la ubicación de la lesión en el tracto respiratorio, el tiempo de exposición y finalmente la regularidad respiratoria, que influye en el contacto real con la sustancia [11].

La posibilidad de evaporación del Acido Sulfúrico a temperatura ambiente no es un riesgo a causa de su baja presión de vapor, por tanto, no es un gas cuando se encuentra en la atmósfera sino que se presenta en forma de un aerosol de diferentes tamaños de partícula, generado por absorción de SO_3 sobre humedad o por dispersión del Acido en forma líquida en el aire. Los tamaños de gotas pueden clasificarse como ultra finos de menos de 0,1 micrones, pequeños de entre 0,1 y 1 micrones, medianos de en el intervalo de 1 a 5 micrones y grandes del orden de 5 a 30 micrones. En el medio ambiente se encuentran típicamente tamaños de 0,3 a 0,6 micrones, mientras que los aerosoles industriales pueden ser tan grandes como 14 micrones [7, 10, 11]. En ambientes con aerosoles de Acido Sulfúrico, el tamaño de las gotas y la profundidad de la respiración definen el grado de penetración y deposición de ésta sustancia en el tracto respiratorio. Las gotas más pequeñas se depositan preferencialmente en los pulmones mientras que las más grandes solo alcanzan la boca y el tracto respiratorio superior. De igual forma, si se respira con la boca y no con la nariz se genera mayor consumo de partículas del Acido [11].

Estudios en animales [11] para exposición aguda de 8 horas por inhalación en partículas de Acido Sulfúrico de 1 micrómetro, muestran que a concentraciones entre 370 y 420 mg/m^3 se genera la muerte de la mitad de los animales de estudio, ratas en este caso. Las muertes son causadas por hemorragias pulmonares severas y corrosión del tracto respiratorio. En humanos, exposiciones a concentraciones de orden de 20 mg/m^3 en condiciones de atmósferas con alta humedad provocan tos, dolor en el pecho, dificultad en para la respiración, sabor Acido en la boca e irritación nasal [6, 11]. Exposiciones de alrededor de 30 minutos a una hora en concentraciones de 1 mg/m^3 genera disminución de la capacidad respiratoria pero no posee efectos letales.

Los principales efectos a concentraciones moderadas de Acido Sulfúrico corresponden a tos aguda, dificultad respiratoria, irritación en boca, nariz, garganta y pulmones [2, 6, 11].

El Acido Sulfúrico como tal no se absorbe ni distribuye por el cuerpo. Debido a que en la respiración se produce exhalación de amoniaco en concentraciones que pueden ir de 120 hasta 1280 ppb, parte o el total del Acido Sulfúrico se neutraliza minimizando en algún grado la exposición personal. El Acido Sulfúrico restante se disocia rápidamente y pasa al torrente sanguíneo en forma del ion Sulfato, el cual no posee efectos tóxicos en concentraciones razonables. Finalmente, los productos de la inhalación del Acido se eliminan por la orina o el sudor [2, 11].

4.4.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

La exposición aguda al Acido Sulfúrico por vía ocular o cutánea puede ocurrir comúnmente en personas que deben manipular baterías en trabajos relacionados con automóviles. En el hogar se genera Acido Sulfúrico en bajas cantidades cuando algunas sustancias liberadas por el corte de cebollas ingresan en los ojos reaccionando con el agua en ellos presente. En laboratorios e industrias donde se maneja esta sustancia pueden ocurrir casos de exposición significativa por esta vía gracias a malos manejos y derrames en circunstancias de transporte y almacenamiento.

Cuando se entra en contacto con Acido Sulfúrico concentrado y éste no se retira en el término de unos pocos minutos, se generan lesiones que dependiendo del tiempo de exposición pueden llegar a alcanzar el nivel de necrosis y quemadura de tercer grado por acción del calor desarrollado. Concentraciones de 10% de Acido

Sulfúrico aplicadas sobre la piel en periodos de 4 horas no poseen efectos irritantes aparentes [11]. Los aerosoles de Acido Sulfúrico en las mismas concentraciones que afectan las vías respiratorias presentan efectos irritantes en la piel y los ojos. Para personas que se exponen a aerosoles de Acido Sulfúrico y que poseen equipo respiratorio adecuado, el tipo principal de lesión que presentan corresponde a quemaduras e irritación en la piel.

El contacto ocular con Acido Sulfúrico concentrado posee efectos muy nocivos para los ojos. Dentro de los efectos reportados [6, 11] se incluye la disolución de la zona ocular frontal, glaucoma y caratas. La pérdida de la visión es un efecto seguro en este grado de exposición si el tiempo de contacto es significativo. Exposición de animales a soluciones de Acido Sulfúrico de 1 a 2% de concentración no poseen efectos irritantes apreciables, sin embargo no se ha definido la concentración para la cual se presentan efectos directos en los ojos. Al igual que los efectos a nivel respiratorio, los efectos nocivos en los ojos dependen de la humedad ambiente en la que se dé la exposición [6, 11]. Concentraciones de Acido Sulfúrico de 20, 8 mg/m^3 en humedad de 91% son insoportables de inmediato mientras que en niveles de 39,4 mg/m^3 en humedad de 63% solo se presentan efectos irritantes menores.

4.4.3.3 INGESTIÓN

Esta es una de las formas menos comunes de contacto con el Acido Sulfúrico. Se puede dar en incidentes accidentales o en casos de intento de suicidio. Debido a que el Acido Sulfúrico no está presente en el medio ambiente en concentraciones elevadas, este tipo de exposición no posee relevancia en los efectos gastrointestinales de la sustancia [11].

La naturaleza altamente corrosiva de la sustancia puede provocar serias quemaduras en la boca y el esófago en primera instancia [10]. Se presenta dolor a nivel abdominal, sensación de ardor y quemadura y en algunos casos shock [7]. El Acido Sulfúrico concentrado puede generar úlceras estomacales que pueden conllevar a la muerte [11].

Efectos estudiados en ingestas accidentales de Acido Sulfúrico de diferentes concentraciones muestran que los efectos comunes en orden ascendente de concentración corresponden a irritación superficial de la mucosa, en concentraciones bajas, ulceraciones superficiales moderadas de los tejidos gástricos, en concentraciones intermedias y ulceraciones severas, extensas y profundas en concentraciones altas [11].

4.4.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

Las principales consecuencias de exposición crónica están encaminadas a la afectación del sistema respiratorio; exposiciones crónicas a 1,4 mg/m^3 de Acido pueden generar la evolución de bronquitis crónica; la exposición a aerosoles de Acido Sulfúrico en seres humanos trae consigo de forma general una disminución de la capacidad respiratoria y un incremento en la incidencia de bronquitis. Al igual que las exposiciones a otros Acidos, ésta sustancia provoca el desarrollo de erosión dental al cabo de periodos crónicos repetitivos o continuos de permanencia en ambientes contaminados [6, 11].

4.4.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

4.4.3.5.1 Efectos Cardiovasculares [11]

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en el sistema cardiovascular tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.4.3.5.2 Efectos Hematológicos [11]

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en la sangre tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.4.3.5.3 Efectos Musculares [11]

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

4.4.3.5.4 Efectos Hepáticos [11]

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en el hígado tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.4.3.5.5 Efectos Renales [11]

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en los riñones tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.4.3.5.6 Efectos Endocrinos [11]

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en glándulas tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.4.3.5.7 Efectos Inmunológicos [11]

No hay evidencia que permita concluir que el Acido Sulfúrico cause efectos adversos en el sistema inmunológico tanto en forma crónica como en forma aguda para exposiciones en la piel, por ingestión o inhalación.

4.4.3.5.8 Efectos Neurológicos [11]

Se reporta mareo, pesadez y dolor de cabeza en personas expuestas accidentalmente a nieblas de Acido Sulfúrico.

4.4.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL_{50} (Oral, ratas): 1240 mg/kg [12]

CL_{50} (Inhalación, ratas) CL_{50}: 510 mg/m^3/2 horas [12]

4.4.4.1 CANCER

No existe información acerca de la generación de cáncer por causa directa del contacto con Acido Sulfúrico y por esta razón organismos de vigilancia de la salud de la población en otros países no lo han clasificado como cancerígeno por si solo. La IARC (Agencia Internacional para la Investigación Sobre el Cáncer) cree que existe evidencia suficiente para afirmar que la exposición ocupacional a nieblas fuertes de Acido Sulfúrico son cancerígenas para los humanos a nivel del tracto respiratorio, no obstante la IARC tampoco ha clasificado el Acido Sulfúrico como cancerígeno [2, 6, 11, 12].

4.4.4.2 EFECTOS REPRODUCTIVOS Y DEL DESARROLLO [11]

No se encontró información con referencia a efectos adversos reproductivos o del desarrollo en seres humanos producto de exposiciones crónicas o prolongadas a Acido Sulfúrico por vía oral, cutánea o respiratoria. Estudios en animales no muestran desarrollo de malformaciones fetales por causa de exposiciones a Acido Sulfúrico durante la gestación.

4.4.4.3 EFECTOS GENOTOXICOS [11]

Directamente el Acido Sulfúrico no es una sustancia que cause mutaciones celulares; sin embargo, si existen posibilidades de generación de anormalidades a nivel celular en linfocitos humanos por causa del pH Acido que puede inducir la presencia de esta sustancia.

4.4.5 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.

4.4.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

La exposición aguda al Acido Sulfúrico puede requerir una descontaminación de la víctima. Para casos de exposición aguda es necesario que la víctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior.

4.4.5.1.1 Exposición en Ojos

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Los ojos se deben lavar inmediatamente con abundante agua durante por lo menos 15 minutos levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior para evitar su acumulación en estas áreas. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica [2, 10].

4.4.5.1.2 Exposición en la Piel

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura tanto para la víctima como para la persona que se encuentra prestando la asistencia. La zona afectada se debe lavar de inmediato con agua y jabón. Cuando Acido Sulfúrico o sus soluciones logren penetrar a través de la ropa, la ropa contaminada se debe retirar de inmediato y la piel que entre en contacto con la sustancia se debe lavar con agua y jabón. Una vez se hayan administrado los procedimientos de primeros auxilios, la persona afectada se debe remitir a evaluación médica [2, 10].

4.4.5.1.3 Inhalación

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde se pueda tener acceso al aire fresco. El personal de atención de primeros auxilios debe evitar verse involucrado en el contacto con la sustancia cuando se lleve a cabo el procedimiento de primeros auxilios. Si la víctima ha cesado de respirar se debe administrar respiración artificial. La persona afectada se debe mantener caliente y en reposo. La víctima siempre debe recibir atención médica inmediata [2, 10].

4.4.5.1.4 Ingestión

No se debe inducir el vómito a las víctimas que han ingerido esta sustancia. Tampoco se debe tratar de neutralizar con soluciones básicas. Las victimas se deben lavar la boca con gran cantidad de agua pero evitando tragar cantidades apreciables de ella. Luego que la victima se lave la boca, debe ingerir agua o leche en cantidad de 2 vasos para diluir los contenidos estomacales; sólo se debe administrar agua o leche a las víctimas que se encuentren consientes y alerta. La victima debe recibir atención medica inmediatamente [2, 10].

4.4.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras antigas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo del rostro. Debe ser usado también un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en polietileno, saranex, neopreno, caucho de butilo o caucho natural [2, 10].

4.4.5.2 INCENDIOS

El Acido Sulfúrico no es combustible, sin embargo muchas reacciones en las que se involucra pueden causar fuego o explosiones.

Los incendios que involucren pequeñas cantidades de combustible se pueden sofocar con polvo químico seco, espuma o dióxido de carbono. No se recomienda el uso de agua directamente sobre el Acido Sulfúrico debido a la alta generación de calor que se promueve y los peligros que ello representa; pero si se presenta

fuego de gran magnitud, y el único método de extinción disponible es agua, se debe atacar el fuego desde una distancia segura con una manguera de alta presión y con chorros atomizados [2]. Si el fuego involucra los tanques de almacenamiento del Acido Sulfúrico, estos se deben retirar del área de incendio si no representa riesgo o se deben mantener fríos con chorros de agua evitando el contacto directo del agua con el Acido [7].

4.4.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS [2, 10]

Siempre que existan derrames o fugas de Acido Sulfúrico se deben efectuar los siguientes pasos:

- Ventilar el área de fuga o derrame
- Recolectar el material derramado en la manera mas conveniente para su reciclaje o para su disposición en un relleno de seguridad apropiado. El Acido Sulfúrico se debe absorber en vermiculita, arena seca o un material similar que no sea combustible. Puede ser diluido y neutralizado para su disposición con bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) o soda diluida. Se puede usar también oxido de calcio e hidróxido de calcio para neutralizar.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben evacuar de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

4.4.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

TLV (TWA; 8 horas; ACGIH): 1 mg/m^3 (1998) [2, 7, 9, 10, 11]
PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general): 1 mg/m^3 (1998) [2, 11]
PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción): 1 mg/m^3 (Fecha de estudio no reportada) [9]
IDLH (NIOSH): 80 mg/m^3 (1978) [2]
STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH): 3 mg/m^3 (1998) [11, 9]

TLV: Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).
PEL: Permissible Exposure Limit (Límite Permisible 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)

4.4.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL [10]

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de Acido Sulfúrico concentrado o de soluciones acuosas que contengan Acido Sulfúrico en concentración mayor que el 1%.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a Acido Sulfúrico concentrado o a soluciones de Acido Sulfúrico en concentraciones mayores a 1% en peso, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con Acido Sulfúrico se debe remover prontamente y no se debe usar hasta que el Acido sea removido por completo.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de Acido Sulfúrico entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que Acido Sulfúrico o soluciones de éste con contenido mayor de 1% de Acido en peso entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

4.4.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA [10]

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, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

Tabla 17. Protección respiratoria mínima para Acido Sulfúrico en el aire

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m^3 (OSHA)
Concentración de hasta 50 mg/m^3	Una mascara de gases de tipo mentón o cilindro para gases ácidos frontal o trasero con un filtro de partículas de alta eficiencia. Un respirador con filtro de partículas de alta eficiencia con pieza facial completa. Cualquier respirador de suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparto de respiración auto contenido con pieza facial completa.
Concentración de hasta 100 mg/m^3	Un respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva o con pieza facial completa, yelmo o capucha operada en modo de flujo continuo. Aparatos de respiración autocontenidos con pieza facial completa operados en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva.
Concentración de mas de 100 ppm o concentraciones desconocidas	Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con careta completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Una mascara de gases de tipo mentón o un cilindro para gases ácidos frontal o trasero con filtro de partículas de alta eficiencia. Cualquier aparato de evacuación de respiración autocontenido.

Tomada de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Sulfuric Acid" (10)

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

Antes de trabajar con Acido Sulfúrico, las personas involucradas se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

Debido a la posibilidad de generación de Hidrógeno inflamable y combustible por el contacto del Acido Sulfúrico con algunos metales, se debe prohibir fumar en zonas de almacenamiento, manejo o procesamiento de esta sustancia. En las mismas zonas, se deben revisar las líneas de conducción eléctrica para garantizar ausencia de cortos que puedan ocasionar chispas y posteriores explosiones e incendio si existe Hidrógeno presente producto de la reacción del Acido con algunos metales con los que entre en contacto [(2)].

Cuando se diluya el Acido, éste debe ser siempre agregado al agua en cantidades reducidas. Nunca usar agua caliente o agregar agua al Acido. El agua agregada al Acido puede causar ebullición incontrolada y salpicaduras violentas. Cuando se destapen contenedores con este material no usar herramientas que produzcan chispas debido a la posibilidad de existencia de Hidrógeno gaseoso. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos debido a que retienen residuos de producto (vapores, líquido) [(7)].

4.4.8.1 FRASES DE SEGURIDAD [(8)]

Soluciones de Acido Sulfúrico a Concentraciones mayores de 15%

S1/2: Manténgase bajo llave y fuera del alcance de los niños

S26: En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediata y abundantemente con agua y acuda a un médico

S30: Nunca agregue agua a este producto

S45: En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible muestre la etiqueta)

Soluciones de Acido Sulfúrico a Concentración entre 5% y 15%

S1/2: Manténgase bajo llave y fuera del alcance de los niños

S26: En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediata y abundantemente con agua y acuda a un médico

4.4.8.2 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento se debe realizar en lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No almacenar en contenedores metálicos. No fumar en zonas de almacenamiento o manejo por causa del peligro de la presencia de Hidrógeno en tanques metálicos que contengan Acido. Evitar el deterioro de los contenedores, se debe procurar mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos se deben separar del resto. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción.

El almacenamiento se debe realizar en recipientes irrompibles y/o en contenedores de acero inoxidable. La bodega de almacenamiento debe estar provista con piso de concreto resistente a la corrosión. En el transporte de esta sustancia no se deben llevar comida o alimentos en el mismo vehículo [7].

4.4.9 USOS, GENERACION Y CONTROLES [10]

Tabla 18. Usos, generación y control de emisiones de Acido Sulfúrico

Uso / Generación	Control
Usado en la manufactura de fertilizantes y ácido fosfórico.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en al refinación del petróleo como catalizador para la producción de gasolina de alto octanaje, producción de combustibles, kerosén, aceites blancos, aditivos para aceites y en la preparación de catalizadores para crackeo.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de pigmentos y colorantes.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la manufactura de explosivos industriales y militares.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la producción de alcoholes, fenoles y sulfatos inorgánicos.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en el procesamiento de minerales ferrosos; usado en la limpieza de metales y en el plateado; usado en la fabricación de cable galvanizado; en el anodinado de metales y en electro plateado.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la producción de detergentes.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la industria del plástico para la manufactura de rayón, celofán, celulosa, acetato caprolactama y otros; usado en baterías de plomo como electrolito.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en procesamiento de alimentos en la manufactura de azúcares para cerveza; manufactura de celulosa, refinación de aceites minerales y vegetales.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la preparación de insecticidas; usado en la producción de caucho natural y sintético.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.

Tabla 18. Usos, generación y control de emisiones de Acido Sulfúrico (continuación)

Uso / Generación	Control
Usado para el secado de gases ácidos y corrosivos; usado en el tratamiento de aguas industriales para control de pH.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado en la producción de textiles; usado en la industria del cuero.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.
Usado como reactivo de laboratorio como solvente o para análisis químico; usado en la síntesis química de ácidos, de intermediarios para medicinas, de esteres y de ácidos grasos.	Aislamiento del proceso; ventilación local; equipo de protección personal.

4.4.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

Gracias a la naturaleza de Acido fuerte del Acido Sulfúrico, está presente en el medio ambiente en forma disociada. Esta propiedad también implica que el Acido Sulfúrico no se acumula a lo largo de las cadenas alimenticias.

La ocurrencia de Acido Sulfúrico en forma natural se da principalmente por la hidrólisis de Oxidos de Azufre producidos por procesos de combustión y posterior deposición húmeda. Las emisiones acuáticas ocurren en localidades de manufactura industrial aunque por lo general en plantas con buenas prácticas ambientales, estas emisiones se dan luego de un proceso de neutralización en donde el Acido se transforma en Sulfatos [4, 6, 11].

4.4.10.1 SUELO

De forma transitoria en algunos lugares donde se usa el Acido Sulfúrico con fines agrícolas, éste puede encontrarse en el suelo. Debido a que su uso corresponde al tratamiento de suelos muy básicos, su forma activa como Acido posee una corta vida. Los derrames de este material sobre el suelo se contrarrestan por la presencia de otros químicos como el amoniaco, que se generan naturalmente por la descomposición de material orgánico y por el metabolismo de algunos microorganismos [11]. En el suelo la presencia de Acido Sulfúrico se da como su ión Sulfato, el que se reduce en algunos casos por la acción de bacterias anaeróbicas que lo llevan a Azufre y a sulfuro de Hidrógeno [11].

4.4.10.2AIRE

En el aire la forma común del Acido Sulfúrico corresponde a la de aerosoles que se encuentran asociados con otras partículas contaminantes sólidas o líquidas, las que poseen un amplio intervalo de tamaños [6].
Las vías por las que el Acido Sulfúrico puede alcanzar la atmósfera se enumeran a continuación, aunque sin un orden específico [4, 6, 11]:

- Emisión directa a partir de fuentes industriales
- Transformación de Oxidos de Azufre hasta Acido Sulfúrico
- Oxidación de sulfuro de Hidrógeno en el aire

La generación a partir del dióxido de Azufre se inicia con la combustión de materiales como carbón, Aceite y gas que poseen átomos de Azufre en su estructura o que poseen compuestos azufrados como componentes. El óxido de Azufre se transforma lentamente en trióxido de Azufre que reacciona con la humedad del aire para dar lugar al Acido Sulfúrico. Varios procesos intervienen en la transformación del dióxido de Azufre, entre ellas se cuentan procesos fotoquímicos en presencia de hidrocarburos, oxidación catalítica en presencia de material particular que contiene compuestos de Hierro y Manganeso [6, 11].

Las partículas líquidas de Acido recién formadas suspendidas en el aire crecen rápidamente de tamaño por causa de la alta higroscopicidad del Sulfúrico hasta que logran un estadio de equilibrio con el medio [6]. Estas partículas pueden durar suspendidas por largos periodos de tiempo.

El Acido Sulfúrico se limpia de la atmósfera por barrido con la lluvia, que genera lluvia ácida. Parte del Acido en aerosol reacciona con amoniaco ambiente transformándose en sales de amonio parcial o totalmente neutralizadas que también permanecerán es estado de aerosol [6].

4.4.10.3AGUA

El Acido Sulfúrico en las vías de agua se presenta por causa de las precipitaciones en forma de lluvia ácida. Derrames accidentales son causa también de la presencia del Acido Sulfúrico en el agua, éstos son representativos solo en la medida de la cantidad liberada.

El Acido Sulfúrico disuelto en agua se disocia y su anión se asocia con otros cationes como calcio, magnesio y aluminio. En capas superficiales del océano, el ion Sulfato se forma por la disolución de dióxido de Azufre que posteriormente se transforma a Acido sulfuroso y finalmente en Acido Sulfúrico. Este fenómeno no se presenta con tanta severidad en aguas dulces debido a la ausencia de sales presentes en ellas. Las sustancias que intervienen en la generación de Acido Sulfúrico en medio acuoso pueden incluir iones como ClO_4^{-2}, VO_2^{+}, Fe^{+2}, Fe^{+3}, Mn^{+2} y Ni^{+2} [4, 6, 11].

4.4.11 ECOTOXICIDAD

Las fugas de Acido Sulfúrico son muy nocivas para las aguas superficiales y subterráneas. La sustancia es muy nociva tanto para algas como para peces. Cualquier concentración mayor de 1200 mg/m^3 se considera letal para peces; concentraciones mayores de 6300 mg/m^3 causa la muerte en el transcurso de 24 horas [11].

Toxicidad para Peces

Lepomis macrochirus CL_{50} 96 horas: 16 – 28 mg/l [11]
Brachydanio rerio CL_{50} 24 horas: 82 mg/l [11]

Toxicidad para Plantas Acuáticas

Fitoplancton NOEC, Concentración Mínima Para la Cual no se Presentan Efectos Adversos (No Observed Effect Concentration): 0,13 mg/l [11]

Toxicidad para Microorganismos

Pseudomona fluorescens NOEC, Concentración Mínima Para la Cual no se Presentan Efectos Adversos (No Observed Effect Concentration): 6900 mg/l [11]

Toxicidad Crónica para Peces

NOEC, Concentración Mínima Para la Cual no se Presentan Efectos Adversos (No Observed Effcet Concentration): 0,058 mg/l [11]

4.4.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

4.4.12.1 REDUCCION DE GENERACIÓN DE DESECHOS

La mayoría del Acido Sulfúrico no termina su vida útil en los productos finales sino en forma de soluciones ácidas diluidas, Sulfatos metálicos y otros residuos. En el caso de las soluciones ácidas con bajos niveles de otros contaminantes se puede emplear el método de la concentración con óleum, que no es otra cosa que la mezcla de cierta cantidad de óleum con el Acido Sulfúrico diluido para llevarlo a una concentración deseada [1, 11].

Otra forma de recuperación de soluciones diluidas de Acido Sulfúrico consiste en el método de la regeneración, aunque este método resulta más costoso que la producción del mismo Acido Sulfúrico en su planta de

producción. Este procedimiento consiste de dos pasos: concentración de la solución diluida de Acido hasta el máximo posible y descomposición de las sales de Sulfato en la solución. De forma general, la regeneración se realiza por evaporación de agua de la solución diluida con precipitación de sales e impurezas. La evaporación transcurre en diferentes etapas, algunas de las cuales se realizan con adición de calor y en vacío y otras por adición solo de calor. Una detallada explicación del procedimiento se describe en Ullman´s Encyclopedia of Industrial Chemistry, volumen 24 [1].

4.4.12.2 ALTERNATIVAS PARA TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS

La forma tradicional de disposición de Acido Sulfúrico consiste su adsorción sobre materiales como vermiculita, arena seca o tierra; luego de lo cual se envasa en contenedores herméticamente cerrados que se disponen en un lugar aprobado por la reglamentación local. El Acido Sulfúrico se puede transformar en una sustancia sin propiedades tóxicas o peligrosas para el medio ambiente o los seres humanos por medio de procedimientos de neutralización con una base adecuada. Por lo común, el Acido se diluye en una gran cantidad de agua para evitar peligros de excesiva generación de calor y se agrega lentamente a una solución de hidróxido de sodio y cal apagada. El Acido así tratado se puede verter en el alcantarillado previa revisión de normas y reglamentos aplicables de manera local o nacional.

4.4.13 BIBLIOGRAFÍA

1. *Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman´s Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 24; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.*

2. *Environmental Protection Agency (EPA). Sulfuric Acid Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide [en línea]. Octubre de 1985, revisado noviembre de 1987 [citado Abril 26 de 2003]. Disponible http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?OpenView&Start=291*

3. *Environmental Protection Agency (EPA). Emergency Planning and Community Right to Know Act, Section 313: List of Toxic Chemicals [on line]. Marzo de 2001 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en http://www.epa.gov/tri/chemical/chemlist2001.pdf*

4. *Environmental Protection Agency (EPA). Sulfur Oxides (SO_x) [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Abril de 2002 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en http://www.epa.gov/ebtpages/pollchemicsulfuroxides.html*

5. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry; Managing Hazardous Material Incidents, Sulfur Dioxide [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Abril de 2003 [citado Abril 26 de 2003]. Disponible en http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg116.pdf*

6. *Organización Mundial de la Salud (OMS); Environmental Health Criteria 8, Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter [en línea]. 1979 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc008.htm*

7. *Organización Mundial de la Salud (OMS); International Chemical Safety Cards, Sulfuric Acid [en línea]. Octubre de 2000 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc03/icsc0362.htm*

8. *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 abril 26 de 2003]. Disponible en http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm*

9. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA); Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Sulfuric Acid [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Enero de 1999 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_268700.html*

10. *Occupational Safety & Health Administration (OSHA); Occupational Safety and Health Guideline for Sulfuric Acid [en línea]. Septiembre de 1978 [citado abril 26 de 2003]. Disponible en http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0577.pdf*

11. *United Nations Environmental Programme. SIDS Initial Assessment Report for 11 SIAM, Sulfuric Acid [en línea]. Enero de 2001 [citado abril de 2003]. Disponible en http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/volume10/v10_2/sidsv10_2_7664939.pdf*

12. *Mallinckrodt Baker, Inc. Material Safety Data Sheet, Sulfuric Acid, 52 – 100% [en línea]. Febrero de 2002 [citado julio de 2003]. Disponible en http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/S8234.htm*