

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

**DESARROLLO DE EMULSIÓN EXPLOSIVA
GASIFICABLE PARA USO EN MINERÍA SUPERFICIAL,
EN INDUSTRIAS CACHIMAYO S.A.**

PRESENTADO POR:

Br. FELIX CUEVA CUEVA

Br. SADITH SILVIA POMPILLA CAMACHO

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

ASESORA:

Dra. AMANDA ROSA MALDONADO FARFAN

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

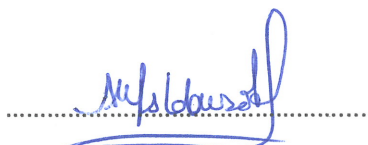
La que suscribe, asesora del trabajo de investigación: “**DESARROLLO DE EMULSION EXPLOSIVA GASIFICABLE PARA USO EN MINERIA SUPERFICIAL, EN INDUSTRIAS CACHIMAYO S.A.**” presentado por: **Felix CUEVA CUEVA** con DNI Nro.: 70382742 y **Sadith Silvia POMPILLA CAMACHO** con DNI Nro.: 70169275 para optar al Título Profesional de Ingeniero Químico. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de laUNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en condición de asesora, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 16 de enero de 2025



Dra. Ing. Amanda Rosa MALDONADO FARFAN

DNI: 23822559

ORCID: 0000-0002-4870-7078

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:
<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:421368675?locale=es-MX>

FELIX CUEVA CUEVA / SADITH SILVIA POMPILLA ...

DESARROLLO DE EMULSIÓN EXPLOSIVA GASIFICABLE PARA USO EN MINERÍA SUPERFICIAL, EN INDUSTRIAS CACHIMAY

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:421368675

Fecha de entrega

16 ene 2025, 3:46 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

16 ene 2025, 3:52 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

DESARROLLO DE EMULSIÓN EXPLOSIVA GASIFICABLE PARA USO EN MINERÍA SUPERFICIAL, EN IN....pdf

Tamaño de archivo

4.6 MB

151 Páginas

23,346 Palabras

123,104 Caracteres

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
15 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mis seres más queridos: mi padres y hermanos en especial a mi hermana Marleny (Bruja) quienes siempre estuvieron presentes en toda mi formación profesional.

Felix Cueva Cueva

A mi padre Hilber Lucas: A través de este trabajo, quiero dedicarte a ti, mi héroe silencioso, quien con amor infinito ha sembrado las semillas de la perseverancia en mi corazón. Cada página es un tributo a la paciencia y sacrificio que has invertido en mi educación.

A mi madre Norma, hermanos Monica, Antonio, sobrinos y Manuel: Este logro es un testimonio de la unión y apoyo que siempre he encontrado en ustedes. Gracias por ser mi familia, mi red de seguridad y mi fuente constante de motivación.

Sadith Pompilla Camacho

Agradecimiento

A la casa de estudios de la Universidad Nacional San Antonio Abad de Cusco por la enseñanza brindada durante nuestra formación profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, en especial a nuestra asesora Dra. Amanda Maldonado Farfán, quien contribuyo en el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación.

A Dios por darnos la fuerza, salud y energía para culminar el presente trabajo de investigación

A Industrias Cachimayo por facilitarnos las instalaciones para el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Gerente de producción Ing. Jesús Sullca Retamozo, jefe de producción Ing. Celestino Luque Saavedra y subgerente de producción Ing. Eduardo Mondragón Puma, por la apertura, disponibilidad y ser guía en nuestro desarrollo profesional.

Felix Cueva Cueva

Sadith Silvia Pompilla Camacho

Presentación

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

Señores Miembros del Jurado.

De conformidad con el Estatuto Universitario y el Reglamento de Grados y Títulos vigente de la Facultad de Ingeniería de Procesos y con el propósito de optar al Título de Ingeniero Químico, se pone a vuestra disposición el presente trabajo de tesis titulado:

“DESARROLLO DE EMULSION EXPLOSIVA GASIFICABLE PARA USO EN MINERÍA SUPERFICIAL, EN INDUSTRIAS CACHIMAYO S.A.”

Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar una emulsión explosiva gasificable para uso en minería superficial, en Industrias Cachimayo S.A., de esta forma se logrará generar para la empresa un nuevo producto, novedoso en el mercado, y con mejores características tanto técnicas como económicas para aquel cliente que lo aplique.

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Química por los conocimientos impartidos durante nuestra formación.

Atentamente.

Felix Cueva Cueva

Sadith Silvia Pompilla Camacho

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Presentación.....	v
Tabla de contenido.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
Introducción	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	16
CAPÍTULO I	18
GENERALIDADES	18
1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.1. Definición del problema	18
1.1.2. Problema general	19
1.1.3. Problemas específicos.....	19
1.2. Justificación e importancia	19
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II	23
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	23
2.1. Antecedentes.....	23

2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Explosivo	28
2.2.2. Emulsión explosiva.....	28
2.2.3. Componentes de una Emulsión Explosiva	31
2.2.4. Propiedades de las Emulsiones	36
2.2.5. Reacción química de los Explosivos	38
2.2.6. Emulsión explosiva gasificable	41
2.2.7. Sensibilización de Emulsiones Explosivas.....	43
2.2.8. Industrias Cachimayo	49
2.3. Marco Conceptual	53
CAPÍTULO III.....	55
MATERIALES Y MÉTODOS	55
3.1. Lugar de estudio	55
3.2. Materiales.....	55
3.2.1. Equipos e instrumentos.....	55
3.2.2. Materiales	55
3.2.3. Reactivos.....	56
3.3. Alcance diseño y tipo de investigación	56
3.3.1. Alcance de la Investigación.....	56
3.3.2. Diseño de la Investigación.....	57
3.3.3. Tipo de Investigación	57
3.4. MÉTODOS.....	57
3.4.1. Evaluación del nitrito de sodio en la gasificación de la emulsión explosiva.....	57

3.4.2.	Estudio de la influencia de la tiourea, ácido acético en la gasificación de la emulsión explosiva.....	59
3.4.3.	Parámetros de tiourea y ácido acético en la emulsión explosiva.....	61
3.4.4.	Formulación de la emulsión explosiva	62
3.4.4.1.	Determinación de la cantidad de nitrato de amonio y combustible.....	63
3.4.4.2.	Determinación de la cantidad de emulsificante.	65
3.4.4.3.	Formulación de la emulsión.....	66
3.4.5.	Caracterización físico-química de la emulsión explosiva gasificable.	67
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	68
4.1.	Evaluación del nitrito de sodio en la gasificación de la emulsión explosiva.....	68
4.2.	Influencia de la tiourea, ácido acético en la gasificación de la emulsión explosiva.	69
4.3.	Parámetros de tiourea y ácido acético en la emulsión explosiva.....	75
4.4.	Formulación de la emulsión explosiva gasificable.	76
4.4.1.	Resultados de la cantidad de nitrato de amonio y combustible.....	76
4.4.2.	Cantidad de emulsificante en la emulsión	79
4.4.3.	Formulación de la Emulsión.....	81
4.5.	Características físico-químicas de la emulsión.....	83
	CONCLUSIONES	86
	RECOMENDACIONES.....	87
	BIBLIOGRAFÍA	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>a, b, c estructuras de las emulsiones</i>	30
Figura 2: <i>VOD como función de la densidad.</i>	38
Figura 3: <i>Proceso de sensibilización química de emulsión matriz.</i>	47
Figura 4: <i>Preparacion de solución oxidante.</i>	50
Figura 5: <i>Preparacion de solucion combustible.</i>	51
Figura 6: <i>Preparacion de emulsión.</i>	52
Figura 7: <i>Ubicación de Industrias Cachimayo</i>	55
Figura 8: <i>Diagrama de proceso de formulacion de emulsion explosiva.</i>	62
Figura 9: <i>Grafica de efectos principales para tiempo</i>	73
Figura 10: <i>Contornos de la superficie de respuesta estimada</i>	74
Figura 11: <i>Representación gráfica de la influencia del emulsificante con respecto a la viscosidad</i>	81
Figura 12: <i>Toma de temperatura de la emulsión</i>	84
Figura 13: <i>Control de densidad de la emulsión</i>	84
Figura 14: <i>Medición de la viscosidad</i>	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Orden de la aparición de explosivos.</i>	29
Tabla 2: <i>Variación del tamaño de partícula de los explosivos.</i>	30
Tabla 3: <i>Principales propiedades del nitrato de amonio.</i>	32
Tabla 4: <i>Solubilidad de diferentes sales oxidantes</i>	33
Tabla 5: <i>Valores de HBL para distintos emulsificantes</i>	35
Tabla 6: <i>Características técnicas de la matriz gasificable SanG.</i>	43
Tabla 7: <i>Adición de ácido acético al 50% p/p (N-17)</i>	48
Tabla 8: <i>Variación de densidad como función de la cantidad de nitrito de sodio</i>	59
Tabla 9: <i>Variables y niveles.</i>	60
Tabla 10: <i>Plan experimental</i>	60
Tabla 11: <i>Tabla de recolección de datos de viscosidad a distinto porcentaje de emulsificante</i>	66
Tabla 12: <i>Componentes de la emulsión ajustados a 100%</i>	67
Tabla 13: <i>Características fisicoquímicas de la emulsión.</i>	67
Tabla 14: <i>Variación de densidad como función de la cantidad de nitrito de sodio.</i>	68
Tabla 15: <i>Resultados experimentales del tiempo de gasificación.</i>	70
Tabla 16: <i>Prueba de normalidad Shapiro-Wilk</i>	71
Tabla 17: <i>Efecto de tiourea y ácido acético en el tiempo de gasificación química.</i>	72
Tabla 18: <i>Análisis de Varianza para el tiempo de gasificación.</i>	73
Tabla 19: <i>Tiempo de gasificación calculado con la ecuación 15</i>	75
Tabla 20: <i>Resultados de ecuación 9, 10 y 11.</i>	76
Tabla 21: <i>Resultado de energía y mezclas.</i>	77
Tabla 22: <i>Viscosidad de la emulsión en función al porcentaje de emulsificante.</i>	80
Tabla 23: <i>Formulación de emulsión</i>	82
Tabla 24: <i>Características de emulsión explosiva gasificable formulada.</i>	83

ÍNDICE DE APÉNDICE

Apéndice 1: <i>Tablas de Primera, segunda y tercera prueba</i>	91
Apéndice 2: <i>Tablas de cuarta, quinta y sexta prueba.....</i>	93
Apéndice 3: <i>Tablas de séptima, octava y novena prueba.....</i>	95
Apéndice 4: <i>Variación de densidad y temperatura de solución oxidante.</i>	96
Apéndice 5: <i>Parámetros físico-químicos de materias para emulsiones explosivas.</i>	96
Apéndice 6: <i>Coeficiente del estadístico de Shapiro – wilk.....</i>	97
Apéndice 7: <i>Distribución estadística de Shapiro – wilk.....</i>	98
Apéndice 8: <i>Propiedades termodinamicas de diversas sustancias a 298.15K.....</i>	99

INDICE DE ANEXO

Anexo 1: Hoja MSDS de nitrato de amonio ACROM RUSO.....	101
Anexo 2: Hoja MSDS de petróleo biodisel DB5	114
Anexo 3: Hoja MSDS de emulsificante NB2400.....	127
Anexo 4: Hoja MSDS de tiourea.....	133
Anexo 5: Hoja MSDS de ácido acético.....	137
Anexo 6: Hoja MSDS de nitrito de sodio.....	140

Introducción

En un contexto donde la innovación y la diversificación son cruciales para el éxito empresarial, Industrias Cachimayo S.A. se enfrenta al desafío de expandir su oferta de productos en el sector de explosivos para minería. Con un enfoque en la producción de nitrato de amonio en diversas presentaciones, la empresa ha decidido investigar la formulación de una emulsión explosiva gasificable.

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la influencia de diferentes aditivos en la gasificación de la emulsión. A través de experimentación a detalle, se identificó la cantidad óptima de nitrito de sodio, así como el impacto significativo del ácido acético en el tiempo de gasificación. Los resultados obtenidos revelan una formulación equilibrada que cumple con los estándares industriales necesarios. La combinación de componentes y sus proporciones específicas subrayan el potencial de esta emulsión en aplicaciones mineras, asegurando no solo la efectividad sino también la seguridad en su uso.

La formulación final no solo cumple con los estándares de calidad, sino que también abre nuevas oportunidades para el desarrollo industrial de este producto en el mercado. En este sentido, la capacidad de Industrias Cachimayo para adaptarse y crecer en un entorno competitivo depende de la implementación efectiva de estas innovaciones en su línea de producción.

Resumen

Industrias Cachimayo S.A. es una empresa privada, cuyo negocio principal es la producción de nitrato de amonio, en diferentes presentaciones tales como grado ANFO, grado técnico y emulsión a granel, para uso en minería. Actualmente Industrias Cachimayo tiene el reto de ampliar y diversificar sus productos.

Este estudio tuvo como objetivo general la formulación de una emulsión explosiva gasificable, determinando la cantidad de nitrito de sodio como agente gasificante y evaluando la influencia de la cantidad de tiourea y ácido acético en la gasificación química de la emulsión.

Con los cálculos se determinó que la cantidad de nitrito de sodio requerida para lograr reducir la densidad de la emulsión hasta 1.15 g/cm^3 fue de 1.85 gramos de solución de nitrito de sodio al 20% por kilogramo de emulsión.

Se determinó que el ácido acético ejerce el mayor efecto en el tiempo de gasificación. Un aumento en su concentración, de 0.3% a 0.5%, resultó en una disminución del tiempo de gasificación de 14.33 minutos en promedio. En comparación, la cantidad de tiourea también afecta el tiempo de gasificación, pero en menor medida; un aumento del 0.1% al 0.2% provoca una disminución en el tiempo de gasificación de solo 5 minutos. Esto muestra la importancia del ácido acético como el componente principal, influyendo directamente en la eficacia de la gasificación. Se determinó que para un tiempo de gasificación de 15 min se requiere 0.34% de ácido acético y 0.15% de tiourea.

Se logró formular una emulsión explosiva gasificable con la siguiente composición: Nitrato de amonio 80.29%, agua 12.48%, tiourea 0.15%, ácido acético 0.34%, petróleo Diesel 5.54%, y

emulsificante 1.20%, que presenta como propiedades una densidad de 1.33 g/cm³ a 20 °C, viscosidad de 32500 cP y tiempo de gasificación de 15 minutos. Estas propiedades cumplen con los estándares requeridos para emulsiones de este tipo.

La formulación desarrollada cumple con las características de tiempo de gasificación, viscosidad, balance de oxígeno y densidad, lo que permitirá que Industrias Cachimayo S.A. puede producir industrialmente este producto.

Palabras clave: Emulsión explosiva, gasificación química, tiempo de gasificación, formulación.

Abstract

Industrias Cachimayo S.A. is a private company whose main business is the production of ammonium nitrate, in different presentations such as ANFO grade, technical grade and bulk emulsion, for use in mining. Currently, Industrias Cachimayo has the challenge of expanding and diversifying its products.

This study had as its general objective the formulation of a gasifiable explosive emulsion, determining the amount of sodium nitrite as a gasifying agent and evaluating the influence of the amount of thiourea and acetic acid in the chemical gasification of the emulsion.

With the calculations it was determined that the amount of sodium nitrite required to achieve a reduction in the density of the emulsion to 1.15 g/cm^3 was 1.87 grams of 20% sodium nitrite solution per kilogram of emulsion.

It was determined that acetic acid exerts the greatest effect on the gasification time. An increase in its concentration, from 0.3% to 0.5%, resulted in a decrease in the gasification time by 14.33 minutes on average. In comparison, the amount of thiourea also affects the gasification time, but to a lesser extent; an increase from 0.1% to 0.2% causes a decrease in the gasification time by only 5 minutes. This shows the importance of acetic acid as the main component, directly influencing the gasification efficiency. It was determined that for a gasification time of 15 min, 0.34% acetic acid and 0.15% thiourea are required. A gasifiable explosive emulsion was formulated with the following composition: Ammonium nitrate 80.29%, water 12.48%, thiourea 0.15%, acetic acid 0.34%, diesel oil 5.54%, and emulsifier 1.20%, which has properties of a density of 1.33 g/cm^3 at 20°C , viscosity of 32500 cP and gasification time of 15 minutes. These properties meet the standards required for emulsions of this type.

The developed formulation meets the characteristics of gasification time, viscosity, oxygen balance and density, which will allow Industrias Cachimayo S.A. to industrially produce this product.

Keywords: Explosive emulsion, chemical gasification, gasification time, formulation.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Definición del problema

La tendencia actual en la industria minera, es el uso de emulsiones explosivas gasificables en los procesos de voladura, por presentar mejor potencia y resistencia al agua. Industrias Cachimayo actualmente comercializa agentes de voladura como Nitrato de Amonio Grado ANFO (Amoniun Nitrate Fuel oil), En el año 2019, la empresa no producía emulsiones, un producto clave utilizado en diversas industrias, incluida la minería, donde se requiere para la preparación de explosivos. Sin embargo, hasta la actualidad, la empresa viene produciendo emulsiones, principalmente para clientes de otras áreas. El principal desafío radica en cómo aprovechar la capacidad productiva de emulsiones que ya se ha establecido. La problemática de esta tesis se centra en la identificación y análisis de los factores clave que deben ser considerados para adaptar la producción de emulsiones a las necesidades del sector minero, estableciendo una estrategia de penetración de mercado en este campo. Además, se debe evaluar la viabilidad técnica, tecnológica y ambiental, así como los requerimientos regulatorios y de calidad que demanda la minería.

en la oferta de emulsiones explosivas gasificables. Esta situación crea nuevos desafíos en Industrias Cachimayo; empresa dedicada a la producción de nitrato de amonio, obligando a que la compañía busque entrar en competencia al mercado, desarrollando e innovando nuevas formulaciones que se ajusten a los estándares requeridos por el cliente, también se ve en la necesidad de diversificar su cartera de productos mediante la producción de emulsión explosiva

gasificable para uso en la industria minera, ofreciendo soluciones prácticas e innovadoras, en los procesos de voladura.

1.1.2. Problema general

¿Cuáles son las características de una emulsión explosiva gasificable producida en Industrias Cachimayo para uso en minería superficial?

1.1.3. Problemas específicos

- ¿Cuál es la cantidad de nitrito de sodio que logre la reducir la densidad de la emulsión explosiva?
- ¿Cuál es el efecto de la cantidad de tiourea y ácido acético en el tiempo de gasificación de la emulsión?
- ¿Cuáles es la cantidad de tiourea y ácido acético en la formulación de la emulsión explosiva gasificable?
- ¿Cuál es la formulación de la emulsión explosiva gasificable?
- ¿Cuáles serán las propiedades fisicoquímicas de la emulsión explosiva gasificable producida?

1.2. Justificación e importancia

Los resultados de la investigación abordaran temas importantes como:

✓ Justificación Técnica:

La tendencia creciente en la industria minera es el uso de emulsiones explosivas gasificables debido a sus ventajas operativas frente a los explosivos tradicionales, como el ANFO (Amonium Nitrate Fuel Oil). Las emulsiones explosivas presentan características superiores, como una mayor potencia de voladura y resistencia al agua, lo que las hace más efectivas en ambientes de minería húmedos o subterráneos. Ante esta evolución del mercado, es crucial que Industrias

Cachimayo aproveche su capacidad de producción de emulsiones, para desarrollar productos que cumplan con los requerimientos técnicos de este sector.

A nivel técnico, la producción de emulsiones explosivas gasificables requiere un proceso preciso de formulación y control de calidad, para garantizar que los productos ofrecidos sean de alto rendimiento y seguridad. Además, la adaptación de la producción actual a las especificaciones del mercado minero, como la estabilidad en diversas condiciones de temperatura y humedad, es un reto que la empresa debe superar. Esta adaptación implica una revisión de sus capacidades de manufactura y la integración de procesos que garanticen la fiabilidad y consistencia de las emulsiones.

✓ **Justificación Tecnológica:**

La tecnología detrás de las emulsiones explosivas gasificables es fundamental para lograr productos con características óptimas para el sector minero. La mejora continua de los procesos de producción y la innovación en las formulaciones son cruciales para mantener una ventaja competitiva en este mercado altamente demandante. La adaptación de la empresa a estas nuevas demandas tecnológicas incluye la incorporación de tecnología avanzada en la mezcla, estabilización y control de la calidad de las emulsiones.

La diversificación hacia la producción de emulsiones también plantea la necesidad de inversión en equipamiento especializado, como sistemas de emulsificación y equipos para pruebas de calidad más rigurosas. Esto incluye la implementación de procesos de automatización que optimicen la producción, reduzcan los márgenes de error y mejoren la eficiencia. La capacidad para desarrollar nuevas formulaciones que ofrezcan una mejor resistencia a factores ambientales, como la humedad y las altas temperaturas, será esencial para satisfacer las exigencias de los clientes de la minería.

✓ **Justificación Ambiental:**

En el contexto ambiental, la producción y uso de explosivos, incluidos los basados en emulsiones, debe cumplir con estrictas normativas sobre el manejo de productos químicos y la mitigación de impactos ecológicos. Las emulsiones explosivas gasificables presentan beneficios ambientales en comparación con los explosivos tradicionales, ya que su formulación permite una mejor eficiencia en las voladuras, reduciendo la cantidad de residuos y la liberación de sustancias tóxicas en el ambiente.

Al integrar la producción de emulsiones para la minería, Industrias Cachimayo tiene la oportunidad de cumplir con los estándares internacionales de seguridad y sostenibilidad, promoviendo el uso de productos con menor impacto ambiental. Las emulsiones modernas pueden contribuir a la reducción de la contaminación en las zonas mineras, dado que generan menores emisiones de gases y residuos, lo que, a su vez, favorece la imagen de la empresa frente a los stakeholders comprometidos con la protección ambiental.

Asimismo, el desarrollo de una gama de productos innovadores y más eficientes también puede contribuir a la reducción del uso de materiales más peligrosos y menos ecológicos, permitiendo que la minería opere de manera más responsable y alineada con los principios de sostenibilidad. De esta forma, la entrada de Industrias Cachimayo al mercado de emulsiones para minería no solo responde a una necesidad comercial, sino también a un compromiso con la mejora continua en términos de seguridad y cuidado ambiental

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar una emulsión explosiva gasificable en Industrias Cachimayo S.A, para uso en minería superficial.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de nitrito de sodio que logre reducir la densidad de la emulsión explosiva.
- Establecer el efecto de la cantidad de tiourea y ácido acético en el tiempo de gasificación de la emulsión.
- Determinar parámetros de tiourea y ácido acético en la formulación de la emulsión explosiva gasificable.
- Determinar la formulación de la emulsión explosiva gasificable para uso en minería superficial.
- Caracterizar fisicoquímicamente la emulsión explosiva gasificable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes

El trabajo desarrollado por Lu & Liu (2008) “A novel mathematical model of formulation design of emulsion explosive”, Este modelo matemático calculó el calor de explosión, el balance de oxígeno y el costo de la materia prima en función de los ingredientes explosivos, la solución del modelo matemático se obtuvo mediante el programa MS Excel. Los efectos de los diferentes contenidos de NH_4NO_3 , NaNO_3 , H_2O y span-80 y el fuel-oíl compuesto sobre el calor de explosión y el volumen específico de emulsión explosiva se discutieron con base en el modelo matemático propuesto. Los resultados muestran que (1) con el aumento del contenido de NH_4NO_3 , el calor de explosión y el volumen específico aumentan. (2) El mejor contenido de NaNO_3 , H_2O y Span-80 en la formulación de la emulsión explosiva es 7% ~ 9%, 9% ~ 10%, 1.5% ~ 2% respectivamente, y esta formulación da como resultado un balance de oxígeno de cero o cercano a cero

La investigación desarrollada por Muñoz J. (2017) titulada **“Emulsión gasificada bombeable y su impacto en la productividad - Mina Huaron - Pan American Silver S.A.”** evaluó el impacto de la emulsión gasificada bombeable en la productividad de la mina, la investigación fue del tipo aplicada con alcance descriptivo ya que se debe comparar el uso de la emulsión propuesta con la utilizada en la mina, se tomaron como muestra 13 disparos, distribuidos en las zonas de labor y preparación de la mina. Se obtuvo una productividad de 3.52 m/disparo con la emulsión propuesta, comparada a la productividad de 3.14 m/disparo con la emulsión utilizada, lo que implica un 12% de incremento en la productividad.

En el desarrollo de investigación por Alcoccer & Salas (2020) titulada: **“Propuesta del uso de emulsión gasificada en el carguío de taladros para reducir los costos en voladuras en una mina a tajo abierto con depósitos tipo Skarn, Arequipa 2020”** estableciendo una propuesta para implementar el uso de emulsión gasificada en el carguío de taladros en una mina a tajo abierto para reducir los costos de voladura. El método fue empírico, se utilizó la observación y se formuló la hipótesis para el experimento, además de concluir con el análisis estadístico. El proyecto solo tuvo como alcance el área de voladura. Se realizaron 7 pruebas de emulsiones gasificadas. Se realizaron las experimentaciones en el desmonte, altura de agua, a fin de verificar cuál de las emulsiones aportaría mejor ahorro en la mina. Con la emulsión Fortis Advantage 100, a una densidad de 1.0 g/cm^3 se obtiene un ahorro del 11% comparado al carguío de taladros actual.

Un punto importante en el desarrollo de las emulsiones son las viscosidad y estabilidad de las emulsiones, el trabajo de Calvo (2019) titulada **“Evaluación de estabilidad fisicoquímica de dos tipos de explosivos en emulsión fabricados por Indumil Colombia”** planteó la evaluación fisicoquímica de la estabilidad en dos presentaciones de explosivos en emulsión, los cuales son distribuidos en forma de cartucho y bombeable. En la evaluación de la estabilidad se tuvo en cuenta el tamaño de partícula, viscosidad, grado de cristalización, entre otros. Este estudio fue importante porque se da respuesta a los problemas de estabilidad desde el punto de vista fisicoquímico. Sobre todo, en minería y en construcción que el uso de agentes de voladura es bastante frecuente y durante el transporte y almacenamiento se produce la disminución de la velocidad de detonación porque se pierde la estabilidad. Como conclusión se obtuvo que la mezcla de ambos explosivos confiere mayor estabilidad a las emulsiones en diferencia de que se trabaje por separado, lo que garantiza buenos valores de viscosidad para el transporte y almacenamiento de las emulsiones.

Las formulaciones de emulsiones usualmente son usadas con mezclas Heavy ANFO, el trabajo de investigación de Maslo (2019) titulada “**Mezcla explosiva granulada bombeable a granel**” estuvo dirigida a composiciones explosivas bombeables caracterizadas porque comprenden a) una emulsión matriz, la cual, a su vez, comprende i) nitrato de amonio grado técnico o fertilizante en una proporción entre 60% y 75%; ii) nitrato de sodio de 1 % a 20%; iii) urea desde 0.1% a 8%; iv) tiourea desde 0.1% a 2% v) agua desde 5% a 20% vi) 0.1% a 2% de ácido acético o ácido sulfónico vii) agentes tensoactivos de naturaleza no iónica o polimérica desde 0.5 a 3%; y viii) un hidrocarburo que puede ser petróleo o aceite mineral de base parafínica o nafténica de 4% a 10% y en donde el segundo componente de la composición b) son prills de nitrato de amonio grado técnico y/o fertilizantes de una densidad de 0.85 g/cm³ a 0.99 g/cm³. La mezcla explosiva está constituida por 50% a 95% de emulsión matriz y 5% a 50% prills (gránulos) de nitrato de amonio grado técnico y/o fertilizantes.

El trabajo de análisis por Berto (2019) titulado “**Análisis del uso de emulsión gasificable SANG-G APU, Para optimizar la fragmentación de voladuras primarias- Compañía minera Antamina S.A – Huaraz**” realizó un análisis en el cual la emulsión gasificable SANG APU desarrolla una velocidad de detonación (VOD) promedio de 5829,4 m/s lo cual es un 3.1% mayor respecto al promedio del ANFO pesado 73 gasificado, esto se vio reflejado en el resultado de la fragmentación de material volado, con el cual se obtuvo una disminución del P80 de 27.4 cm a 18.91 cm. El factor de potencia teórico se redujo en 3.5%. La eliminación del costo de fabricación del ANFO y el menor costo por tonelada de la emulsión gasificable con lo cual se obtiene una reducción del 8.42% del costo por tonelada fragmentada. Post-voladura no se obtuvo presencia de

gases nitrosos, debido a la no utilización de ANFO en la mezcla explosiva y consiguientemente el buen balance de oxígeno propio de la mezcla a base de emulsión pura.

En el trabajo de tesis de Llacma (2017) **“Evaluación técnico económica con el uso de emulsión gasificado en voladura Mina Cuajone”** en su investigación realizó la evaluación para mostrar resultados de las voladuras con un nuevo agente explosivo, una mezcla explosiva gasificable, y los beneficios que genera. Los resultados obtenidos en la mina con la aplicación integral de la mezcla explosiva gasificada, se ve reflejado en un ahorro de más de 5 millones de dólares, además que se consigue una fragmentación del 7% y un 10% de la velocidad de excavación de las palas.

En el trabajo de tesis de Vilela (2014) titulado **“Análisis de factibilidad para el uso de ANFO pesado a base de emulsión gasificable en Minera Yanacocha”**, se analizó la viabilidad técnica, económica y operativa de un nuevo tipo de emulsión, por ello evaluó las posibles ventajas de este producto en el área de Perforación y Voladura. Se midió la densidad, que es un aspecto crítico para determinar costos y calidad, durante el proceso de voladura, se midió la velocidad de detonación. Posterior a ello analizó la fragmentación del material, presencia de humos y la tasa de excavación de los equipos de minado. Se determinó que el producto tiene ventajas económicas y operativas respecto al explosivo utilizado en mina actualmente, no se afecta a la tasa de excavación y se logra eliminar la generación de gases nitrosos. Se concluyó de todos modos que no es posible un reemplazo al 100% debido a que en una mezcla común resulta más económico el uso de la emulsión actual y se obtiene los mismos resultados en la fragmentación del material.

Según Ruben (2009) en **“Manual técnico para el uso de explosivos utilizados en voladuras a cielo abierto en vías terrestres”** presentó el manual que sirva de guía para la utilización de explosivos en trabajos de construcción de vías terrestres y considerando diversos factores que puedan presentar el terreno. Se realizó un análisis de los explosivos, las diferentes clases de explosivos en el mercado, características físicas y comparación de emulsiones y ANFOS, y también los agentes de voladuras, proceso de perforación, diseño de las mallas, características del macizo rocoso, resultados de la voladura en fragmentación, ruido, proyecciones y vibraciones. Además de un estudio de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, con la selección de rocas para voladuras, la geología y sus efectos en la voladura, los factores relacionados con la distribución de la carga explosiva para concluir con la voladura en obras viales, su optimización y la aplicación con ejemplos prácticos.

Richard L. M. & J.C. Clarke (1987) "Emulsions: Theory and Practice". En sus estudios, estos autores describen la formulación típica de una emulsión explosiva gasificable, indicando que la mezcla de nitrato de amonio (NA) puede representar entre el 60-70% del total de la mezcla, mientras que el aceite (usualmente aceite de parafina) puede componer entre el 15-25%. Los tensioactivos, que son fundamentales para estabilizar la emulsión, suelen representar entre el 0.5-3%, dependiendo de la estabilidad requerida para la mezcla.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Explosivo

Un explosivo es una sustancia sólida o líquida (o mezcla de sustancias) que, de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que pueden ocasionar daños a su entorno. (Naciones Unidas, 2011).

2.2.2. Emulsión explosiva

Las emulsiones por definición son dispersiones de dos fases inmiscibles. La estabilidad de dicha mezcla depende de la rigurosidad del mezclado y la compatibilidad de la fase dispersa y la fase continua. En caso de las emulsiones explosivas, que son del tipo agua en aceite (w/o), la fase discontinua es la solución oxidante (sales oxidantes en agua) y la fase continua es la mezcla de combustibles líquidos y emulsificante.

Las dos fases, acuosa y oleosa, no se mezclan por sí mismas. No es fácil formar una emulsión a menos que se utilicen emulsificantes que reduzcan la tensión superficial y la mezcla tenga una acción de cizallamiento rápida (Mahadevan, 2013).

Este agente de voladura es de más reciente aparición en el mercado de los explosivos, mantiene propiedades de los hidrogeles, pero a su vez mejora dos características consideradas fundamentales: excelente resistencia al agua y potencia.

Desde los comienzos de la década de los 60 se investigaban las necesidades de un explosivo para producir un proceso de detonación combinando sustancias oxidantes con aceite mineral. La forma física de estos componentes cambia drásticamente.

En la tabla 1 se resume el desarrollo de los explosivos, sales oxidantes, combustibles y sensibilizantes empleados para su fabricación siendo uno de los primeros las dinamitas que aún en la actualidad se utilizan en el ámbito minero y la construcción. Su almacenamiento es seguro hasta

un cierto tiempo ya que luego se vuelve inestable y peligroso. El ANFO, los hidrogeles y los emulsionantes son los más novedosos y efectivos en la actualidad, debido a su gran estabilidad, densidad y seguridad.

Tabla 1:

Orden de la aparición de explosivos.

Explosivo	Oxidante	Combustible	Sensibilizante
Dinamitas	Solidos Nitratos	Solidos Materias absorbentes (sensibilizantes)	Líquidos Nitroglicerina Gasificantes
ANFOS	Solidos nitratos	Líquido aceites	Poros
Hidrogeles	Solido/líquido Nitratos Soluciones salinas	Solido/líquido Aluminio Sensibilizante	Sólido y líquido, TNT Aluminio en polvo
Emulsiones	Líquido soluciones salinas	Líquido aceites parafinas	Gasificantes

Nota: Adaptado de (Pernia, Lopez, Ortiz, & Carlos, 1987)

En la Tabla 2 se muestra la variación en la apariencia física junto con la reducción de tamaño de partícula pasando desde sólidos a soluciones y por último a microgotas de emulsión explosiva. Se ve reflejada la dependencia de la velocidad de detonación en función al diámetro de partícula de cada explosivo.

La dificultad en la fabricación de emulsiones explosivas radica en la fase oleosa, por imperativo del balance de oxígeno, entre el 6-8% de peso representa la solución combustible la cual tiene abarcar los restantes 94% de solución oxidante para formar microgotas como se puede observar en la figura 1

Tabla 2:

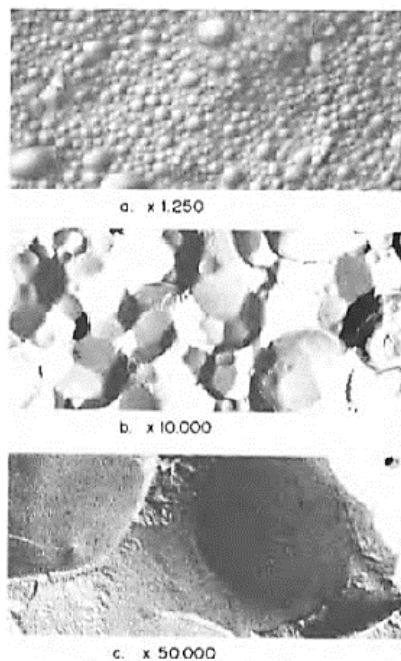
Variación del tamaño de partícula de los explosivos.

Explosivo	Tamaño (mm)	Estado	Velocidad de Detonación (Km/s)
ANFO	2	Sólido	3.2
Dinamita	0.2	Sólido	4.0
Hidrogel	0.2	Sólido/Líquido	3.3
Emulsión	0.001	Líquido	5.0-6.0

Nota: Adaptado de (Pernia, Lopez, Ortiz, & Carlos, 1987)

Figura 1:

a, b, c estructuras de las emulsiones



Nota: Adaptado de (Monografía, s.f.)

2.2.3. Componentes de una Emulsión Explosiva

Una emulsión explosiva está compuesta por una solución oxidante que conforma la fase dispersa y una solución combustible que conforma la fase continua. La solución oxidante a su vez está conformada por una mezcla de sales oxidantes (nitrato de amonio, nitrato de sodio, nitrato de calcio, etc.) disueltas en agua, siendo el nitrato de amonio la sal con mayor porcentaje; por otra parte, la solución combustible es una mezcla de combustibles líquidos (diésel, aceite mineral, cera, etc.) y emulsificante.

2.2.3.1. Fase dispersa

Comprende una solución de sales oxidantes, algunos aditivos y reguladores de pH; la función principal de la fase dispersa es la de suministrar oxígeno en el proceso de detonación. Los principales componentes son:

Nitrato de amonio

Es una sal formada por iones de nitrato y amonio cuyas propiedades tales como: la solubilidad en agua y gradiente de temperatura, la convierten en uno de los principales productos para la fabricación de explosivos y agentes de voladura. En la fabricación de emulsión el fenómeno de polimorfismo que es la variación de la forma de los cristales de nitrato de amonio con la temperatura, afecta la estabilidad de la emulsión (Erode, 2013)

Propiedades del nitrato de amonio:

En la Tabla 3 se muestra las principales propiedades del nitrato de amonio en donde se puede observar que tiene un calor de formación alto, un balance de oxígeno alcanzable, y una temperatura de flama alta que lo hace medianamente seguro, el calor de explosión es alto lo que hace que tenga un buen alcance en su utilización.

Tabla 3:

Principales propiedades del nitrato de amonio.

Propiedades importantes del nitrato de amonio	
Peso molecular	80 g/mol
Calor de formación	1098 cal/g
Calor de explosión	346 cal/g
Densidad	1.725g/cm ³
Balance de oxígeno	20%
Temperatura de flama estimada	1500 °C

Nota: Adaptado de (Erode, 2013)

Solubilidad del nitrato de amonio.

El nitrato de amonio muestra un particular aumento pronunciado de la solubilidad con el aumento de la temperatura, especialmente en el rango más bajo (0-30 °C). Puede mejorarse más aun desarrollando eutécticos mediante la adición de otras sales con el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 y urea (Erode, 2013).

Agua

El agua cumple varias funciones en la preparación de las emulsiones tales como: medio por el cual las sales oxidantes, combustible y los sensibilizadores entran en estrecho contacto entre sí; contribuye al volumen de gas cuando se convierte en vapor, a más que el agua es uno de los componentes más baratos y ayuda a regular la reología del explosivo (Erode, 2013).

La Tabla 4 muestra la solubilidad de las sales oxidantes como el nitrato de amonio cuya solubilidad es proporcional a la temperatura; el nitrato de sodio alcanza una mayor solubilidad de 120 g/100 cm³ a los 60 °C; el perclorato de sodio presenta su más alta solubilidad (74 g/100 cm³)

a los 60 °C mientras que a los 10 y 20 °C no presenta solubilidad lo que indica que trabajar a una temperatura ambiental no sería lo recomendable.

Tabla 4:

Solubilidad de diferentes sales oxidantes

Solubilidad de sales oxidantes en agua a diferentes temperaturas			
Temperatura °C	Solubilidad (g/100 cm ³) de Nitrato de amonio	Solubilidad (g/100 cm ³) de Nitrato de sodio	Solubilidad (g/100 cm ³) de Perclorato de sodio
0	20	70	60
10	150	80	-
20	190	90	-
30	230	-	70
40	280	100	-
60	400	125	74
80	620	-	-

Nota: Adaptado de (Erode, 2013)

Ácido acético y tiourea

Estos compontes son muy importantes para el proceso de sensibilización por gasificación química de la emulsión. El ácido acético se encarga de romper algunas microgotas de emulsión para que el nitrito de sodio del entre en contacto con el nitrato de amonio, es en este punto la acción de la tiourea la cual cataliza la reacción química, incrementando la velocidad de reacción entre el nitrito de sodio y nitrato de amonio, generando una rápida gasificación (Erode, 2013).

2.2.3.2. Fase Continua

La fase continua comprende una mezcla de combustibles y emulsificantes. El combustible se compone de aceites y ceras, en lo que respecta al aceite, hay varias opciones: de origen sintético y aceites vegetales/comestibles. La disponibilidad podría depender a veces de las condiciones y el

costo. Generalmente se evitan los aceites comestibles naturales debido a su costo y autooxidación. Dependiendo de la viscosidad final de la emulsión requerida se seleccionan combustibles a base de petróleo, la vaselina o el aceite mineral blanco producirán un producto más fluido. Los más reactivos se utilizan para emulsiones de pequeño diámetro para obtener un mejor rendimiento in situ. Las ceras de mayor punto de fusión se utilizan cuando se requiere un producto más rígido (Mahadevan, 2013).

El producto que más se utiliza es el fuel-oil ($(\text{CH}_2)_n$), que frente a otros combustibles líquidos como la gasolina, el kerosene, etc. Presenta la ventaja de no tener un punto de volatilidad tan bajo y, por consiguiente, menor riesgo de explosión de vapores (Pernia, Lopez, Ortiz, & Carlos, 1987).

Combustible diésel

El combustible diésel, también conocido como gasóleo o gasoil, se obtiene a partir de la destilación y la purificación del petróleo crudo, Para ello se utiliza una torre de craqueo donde se introduce el petróleo y se calienta. Cuando alcanza el grado de ebullición, los vapores se condensan y los residuos se preparan para hacer grasas, aceites pesados o fibras textiles. (REPSOL, 2024)

Emulsificante

Una de las materias primas utilizadas para preparar una emulsión explosiva, es el emulsificante, si éste no funciona como se necesita, no habrá posibilidad de formar un explosivo, puesto que una simple mezcla de la fase oxidante y la fase combustible no será suficiente para formar una emulsión; aunque estos se encuentren en proporciones adecuadas. El porcentaje de emulsificante varía entre un 0.5 a 2% en peso (Erode, 2013).

Para preparar emulsiones explosivas, se utilizan emulsificantes del tipo W/O (del inglés water/oil). Con rangos de HBL (del inglés Balance Hidrofílico Lipofílico) que se encuentran

normalmente entre 4 y 6. En la Tabla 5 se muestran valores de HBL para diversos emulsificantes existentes en el mercado, siendo aptos para su utilización los que se encuentran al lado derecho.

Tabla 5:

Valores de HBL para distintos emulsificantes

EMULSIFICANTE	HBL	EMULSIFICANTE	HBL
Ácido oleico	1.0	Monooleato de sorbitán	4.3
Triolerato de sorbitán	1.8	Monolaureato de propilenglicol	4.5
Triolerato de sorbitán	2.1	Monoestearato de sorbitán	4.7
Monoestearato de propilenglicol	3.4	Monoestearato de dietilenglicol	4.7
Sesquioleato de sorbitán	3.7	Monopalmiato de sorbitán	6.7
Monoestearato de glicerol	3.8		

Nota: Obtenido de (Erode, 2013)

Balance hidrofílico lipofílico

Uno de los criterios para seleccionar un emulsificante para formar la emulsión es el balance hidrofílico lipofílico (HBL), este valor indica la solubilidad del tensoactivo en agua o aceite; para formar una emulsión del tipo agua en aceite (W/O) se recomienda tensoactivos con HBL menores a 8; para emulsiones del tipo aceite en agua (O/W) se recomienda tensoactivos con HBL mayores a 14 (Erode, 2013).

2.2.4. Propiedades de las Emulsiones

Densidad

Los explosivos con densidad menor a 1.0 g/cm^3 no pueden hundirse en agua, mientras que los explosivos con densidades superiores a 1 g/cm^3 pueden hundirse en el agua presente en los taladros de perforación.

La densidad de un explosivo a granel vertido desde un saco o camión se mejora con un buen acoplamiento a lo largo del taladro de voladura. La densidad se modifica un poco por el tamaño de partículas y la altura de caída de la mezcla (INDUMIL, 2022).

Viscosidad

Se estandarizó el valor de viscosidad en la mayoría de los fabricantes de emulsión la cual no debe variar considerablemente con el rango de temperatura de operación (depende del tipo de emulsificante empleado) permite la residencia de la emulsión dentro de los taladros evitando la dispersión a través de las grietas presentes en este (FAMESA, 2020).

Resistencia al agua

La capacidad de un explosivo de resistir la exposición al agua sin perder el poder desensibilizarse se denomina resistencia al agua. La resistencia al agua generalmente se expresa como la cantidad de horas que un producto puede permanecer sumergido bajo el agua y aun así detonar de manera confiable, los fabricantes clasifican la resistencia al agua de buena a mala. Muchos explosivos comerciales se mezclan con la perspectiva de su posible exposición al agua en mente. La energía de detonación de las mezclas ANFO que han estado expuestas al agua en pozos de perforación es mucho menor que la de dichas mezclas colocadas en pozos secos (Erode, 2013).

Sensibilidad

Se puede definir la sensibilidad de un explosivo como el mayor o menor grado de una energía de iniciación que hay que transmitirle para que se produzca su iniciación y, a continuación, su detonación (INDUMIL, 2022).

El término sensibilidad, en lo que se refiere a explosivos, tiene dos significados que pueden parecer, a primera vista, contradecirse. Sin embargo, la contradicción se resuelve, ya que: El primer significado de la sensibilidad en lo que refiere a explosivos hace referencia a varios aspectos de seguridad y describe la facilidad con la que un explosivo puede detonarse o su sensibilidad a la detonación accidental por choque, impacto fricción, descarga electrostática y calor (INDUMIL, 2022).

El segundo significado tiene que ver con la sensibilidad a la capacidad de propagación de un explosivo. En este sentido, la cantidad de energía (generalmente de calor u choque) requerida para producir de manera confiable una detonación determina la sensibilidad bajo esta definición puede medirse de varias maneras. Dos pruebas que son más aplicables a explosivos comerciales son: sensibilidad del casquete, que mide la capacidad de un explosivo para detonarse con un fulminante N°8; y sensibilidad de espacio, que mide la capacidad de una detonación para propagarse a través de un espacio, denominado espacio de separación, entre dos cargas que se han colocado adyacentes entre sí (INDUMIL, 2022).

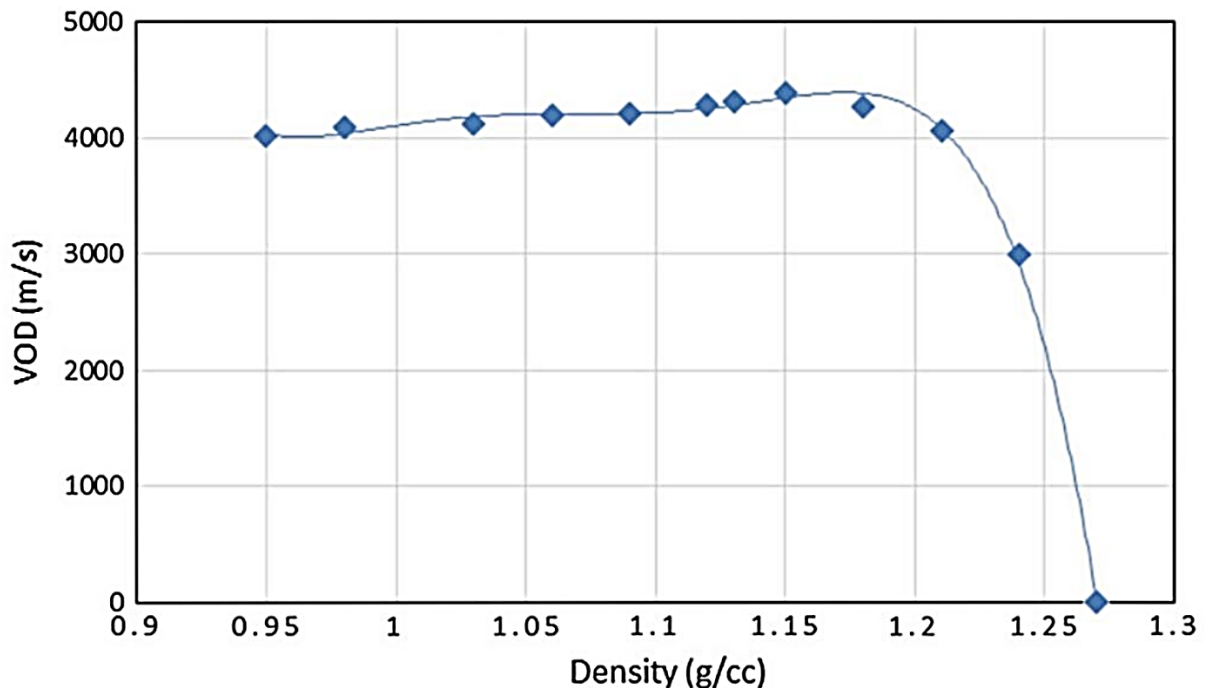
Velocidad de detonación (VOD)

La velocidad de detonación (VOD) de un explosivo es la velocidad a la que la detonación, alcanza un estado estable; viaja a través del explosivo. Este valor es función de la formulación, la densidad, el diámetro de taladro, el tamaño del cebador y el confinamiento (Vilela, 2014).

La figura 2 muestra la variación de la velocidad de detonación de una carga explosiva a base de emulsión explosiva en función a la densidad, donde se puede observar que se tiene un mayor VOD a la densidad de 1.15 g/cm³, a partir de 1.20 g/cm³s puede observar una desensibilización de la emulsión hasta llegar a no detonar, el punto de no detonación se denomina densidad critica.

Figura 2:

VOD como función de la densidad.



Nota: Obtenido de (Mishra, 2017)

2.2.5. Reacción química de los Explosivos

2.2.5.1. Calor de reacción

Se reconoce que un explosivo que sufre una detonación libera mucho calor (energía). En la práctica, esta gran liberación de energía térmica acelera la reacción química y permite la acumulación de presión en una escala de tiempo super rápida.

El calor de reacción, también denominado en ciertos casos como calor de detonación, es la diferencia de la energía entre los reactivos y los productos. La entalpía es la medida empleada para cuantificar la energía en una sustancia química.

$$\Delta H_{Rx} = H_P - H_R \quad (1)$$

Donde:

ΔH_{Rx} : Entalpía de reacción (kJ/kg).

H_P : Entalpía de productos (kJ/kg).

H_R : Entalpía de los reactantes (kJ/kg).

Aunque el calor de las reacciones se puede encontrar empíricamente, los calores de reacción (ΔH) son algo inconsistentes ya que el tipo y la cantidad de productos obtenidos dependen de varios parámetros relacionados con el explosivo en sí y las condiciones bajo las cuales detona, densidad inicial, el grado de confinamiento, composición incluyendo la presencia de metales, tamaño de partícula y estructura. Para la determinación experimental de gases de producto, se prefieren las pruebas cualitativas y cuantitativas, pero en condiciones de campo de voladura no son nada fáciles de recopilar (Calvo, 2019).

Reglas de jerarquía

Se obtiene una aproximación razonable de ΔH_{Rx} siguiendo ciertas reglas de jerarquía de manera consistente para que los productos obtenidos estén cerca de los ideales:

1. Todo el nitrógeno presente en las moléculas de los reactivos se convierte en N_2 .
2. Todo el oxígeno disponible de los reactantes pasa primero a convertir el hidrogeno en agua.
3. El oxígeno sobrante del paso 2 convierte el carbono en CO.
4. El oxígeno sobrante del paso 3 convierte el carbono en CO_2 .

5. El oxígeno sobrante del paso 4 está presente como O_2 , disponible para su uso en reacciones.
6. Cualquier resto de carbón se convierte en un residuo sólido.

Algunos investigadores abogan por la conversión de todo el oxígeno restante después de la formación del agua para ir hacia la formación de CO_2 . Este método produce una estimación más alta de calor de reacción que el primero (Calvo, 2019).

Los valores de las entalpías para los reactivos y productos están bien publicados por muchas fuentes. Se ha sugerido un método novedoso para estimar los productos de reacción a un valor cercano al obtenido por el método más sofisticado. Aquí el primer uso de oxígeno es para formar CO y el oxígeno restante se divide entre CO e H_2 para producir CO_2 y H_2O . Dado que los valores de entalpia dependen de las concentraciones del producto, se supone que el cálculo de la energía térmica liberada es una aproximación. Los productos de detonación que emergen de la zona de reacción de una onda de detonación tienen una existencia transitoria la reacción con otros componentes y forman nuevos productos (Calvo, 2019).

2.2.5.2. Cálculo del balance de Oxígeno (BO)

El concepto surge de la reacción de oxidación, que es la base de la energía explosiva. La energía explosiva ligada a la producción de calor/productos gaseosos depende del equilibrio de oxígeno presente en el explosivo. Esto es aplicable a mezclas químicas que actúan como una composición explosiva (Challa Gutierrez, 2014).

El conocimiento de la influencia de los balances de oxígeno sobre las propiedades explosivas ayudará la formulación de un explosivo con un rendimiento óptimo.

El calor de reacción de un explosivo alcanza su máximo cuando tiene suficiente oxígeno para convertir todo su combustible (C, H) a su estado de oxidación superior (CO₂, H₂) (Calvo, 2019).

Los cálculos del balance de oxígeno están bien estandarizados como se muestra en la ecuación:

$$\%BO = \frac{O - 2C - 0.5H}{PM} \times 1600 \quad (2)$$

O = Numero de átomos de oxígeno.

C = Numero de átomos de carbono.

H = Numero de átomos de hidrogeno.

PM = Peso Molecular de la sustancia (g/mol)

1600=Factor de conversión ((g/mol).%).

Se ha visto que, para mantener el equilibrio de oxígeno de un explosivo, es posible que se tenga que agregar combustible si es rico en oxígeno o agregar una sustancia que proporcione oxígeno si se tiene deficiencia de oxígeno; el recomendado teóricamente es lograr un balance de oxígeno de 0%; en la práctica se observan mejores resultados en calidad de gases post voladura con balance de oxígeno de cercanos a -3%.

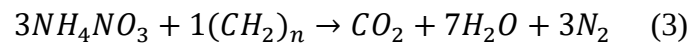
2.2.6. Emulsión explosiva gasificable

Muñoz (2017) indica que es una mezcla tipo agua en aceite, donde la solución acuosa de nitrato de amonio es la fase dispersa, y una mezcla de aceite y ceras es la fase continua. Ambas fases se encuentran estabilizadas por un agente emulsificante. Esta formulación no contiene sustancias explosivas. La sensibilidad de esta emulsión es conseguida con microburbujas de gas, microesferas de vidrio o ANFO (Anomium nitrate fuel oil).

De acuerdo con Puma (2020) son explosivos a base de una emulsión sensible que químicamente son formulados para generar reacción con nitrito de sodio que es un agente potenciador; la mezcla explosiva generalmente es de densidad baja que depende de la adición del agente potenciador, las características que presenta este explosivo a base de una emulsión aireada en comparación al ANFO y ANFO pesado son:

- Altas velocidades de detonación, 5600 m/s
- Resistencia inherente al agua
- Amplios rangos de densidad (0.80- 1.20 g/cm³)
- Buena aireación de las rocas gracias a la alta viscosidad

Reacción química del ANFO (Amonium nitrate fuel oil).



La ecuación 3 representa una la reacción química entre el nitrato de amonio y fuel oil, si bien el fuel-oil no presenta una ecuación química definida la podemos representar mediante (CH₂)_n.

Una de emulsión matriz gasificable más conocida es el SanG, que se compone principalmente de una mezcla oxidante dispersa en una fase combustible continua que es estabilizada por un emulsificante; la emulsión SanG es capaz de ser sensibilizada en el lugar en el que se pretende darle uso, justo antes ser llenado en los taladros con la solución gasificante dando lugar a un explosivo de menor densidad, resistente al agua y muy viscoso, con mayor velocidad de detonación que el ANFO, las características principales del SanG se muestran en la tabla 6

Tabla 6:

Características técnicas de la matriz gasificable SanG.

Parámetro	Valor
Densidad relativa de la matriz (g/cm ³)	1.32±3%
Densidad relativa de la matriz sensibilizada (g/cm ³)	0.80 - 1.20
Viscosidad de la matriz en condiciones normales (cP)	Mín. 12000
Velocidad de detonación de la matriz sensibilizada (m/s)	4800 – 5800
Presión de detonación (Kbar)	51- 98
Energía (Kcal/Kg)	805

Nota: Obtenido de (López, 2021)

2.2.7. Sensibilización de Emulsiones Explosivas

En el diseño y carga de voladura en banco, esta propiedad de sensibilización es muy importante y se debe tener en cuenta ya que puede ocasionar degeneración en cortes y fallos en voladuras. Es importante antes de someter a un explosivo a condiciones exigentes como temperaturas bajas o barrenos de gran profundidad, tener en cuenta la completa seguridad de que la energía de ignición que va a recibir es la más adecuada (Muñoz J. , 2017).

Los explosivos que se sensibilizan con burbujas de gas, tienen más probabilidad a sufrir del fenómeno de desensibilización por presión, este puede ser causado por factores como (Muñoz J. , 2017).

- El choque o muerte por presión dinámica, que es la onda generada por la detonación previa de un barreno adyacente, que comprime la carga explosiva en mayor o menor nivel hasta su inutilización completa.

- Los gases de detonación previa pueden meterse entre los espacios vacíos del terreno fracturado y pueden alcanzar la carga explosiva, generando una presión elevada y ocasionando en mayor o menor medida que pierda su sensibilidad.
- La presión hidrostática de la misma columna del explosivo, puede someterlo a presiones elevadas que ocasionan dificultad para su ignición. Este es un factor significativo para barrenos de gran longitud y por eso las formulaciones de emulsiones tienen que ser sensibilizadas con microesferas de vidrio que pueden aumentar por encima de 30 veces su resistencia a este fenómeno.
- En terrenos con demasiada fractura o con defectos de perforación la onda de choque de un barreno puede iniciar la detonación de la carga. Esto dependerá de la sensibilidad de los explosivos.
- El efecto canal es muy especial, donde los gases viajan entre el cartucho y las paredes del barreno a gran velocidad y puede comprimir excesivamente el explosivo que todavía no se detonó.

Una sensibilidad alta de explosivos puede ocasionar degeneración en situación de alto riesgo. Los explosivos tipo emulsión tienen una sensibilidad muy reducida al impacto, siendo bastante seguros en su manipulación y garantizando una mayor seguridad en caso de barrenos fallidos.

La necesidad de impartir a una emulsión explosiva de manera eficaz y efectiva sin emplear ingredientes auto explosivos ha dado lugar a diferentes sistemas:

2.2.7.1. Atrapamiento de Aire por Agitación Mecánica

Cada emulsión tiene la propiedad de absorber aire/gas hasta una cantidad definida cuando se agita. Esto es especialmente pronunciado cuando la emulsión se forma a temperaturas más altas y se enfría con agitación.

En el caso de mezclas mecánicas en mezcladores abiertos como uno de doble hélice con enfriamiento simultáneo, el aire es arrastrado en forma de pequeñas burbujas cuyo tamaño puede variar desde un diámetro de 0.5 a 100 micras. Si el mezclador es un recipiente cerrado y otros gases como el N_2 y CO_2 se introducen deliberadamente a través de un rociador entonces las microburbujas que contienen N_2 o CO_2 son más estables que las con aire en cuanto a crecimiento y movimiento. La temperatura a la que la densidad de una emulsión cae repentinamente mientras se agita y enfría se puede identificar por el cambio de color de la emulsión, de blanquecino (amarillo) a blanco, y se conoce como temperatura de oclusión. La cristalización de las sales al enfriarse también influye en la oclusión. Las temperaturas de oclusión para las emulsiones más comunes para explosivos se encuentran en el rango de 42 a 45 °C, generalmente, en una emulsión estándar con una relación de cera a aceite de 1:1, en la mezcla de combustible. Al enfriarse mientras se mezcla, habrá una caída en la densidad de 1.38 a 1.16 g/cm³ (alrededor del 15%). Se puede lograr un rango de caída del 10% - 20% (porcentaje volumen) dependiendo de la composición de la mezcla de combustible. La estabilidad de dicho aire en la matriz durante el almacenamiento es distinta para diferentes composiciones y dependerá de la rigidez que alcance la emulsión durante el almacenamiento a condiciones ambientales y su capacidad para resistir la degradación térmica. (FAMESA, 2020)

2.2.7.2. Gasificación Química

En la última década se ha recurrido cada vez más a la gasificación química, ya que presenta una mejor productividad (menos tiempo de mezcla) en el proceso por lotes y se puede utilizar en línea en plantas de producción continua.

El principio básico consiste en agregar ciertos químicos a la matriz de la emulsión cuando se está fabricando. Estos químicos tienen la capacidad de producir gas al interactuar con la sal oxidante (nitrato de amonio) presente en la matriz (FAMESA, 2020). Para mejorar la dispersión, los productos químicos se utilizan como soluciones o como líquidos miscibles con la fase oleosa. Los líquidos son de naturaleza orgánica y provienen de compuestos de hidracina, azoaminobenceno, hidratos de hidracina y compuestos nitrosos. Se prefieren los sistemas de gasificación inorgánica debido al costo y fácil disponibilidad; estos pertenecen a grupos de nitritos, bicarbonatos y peróxidos (Berto, 2019).

Actualmente los sistemas de gasificación química utilizados en la práctica son:

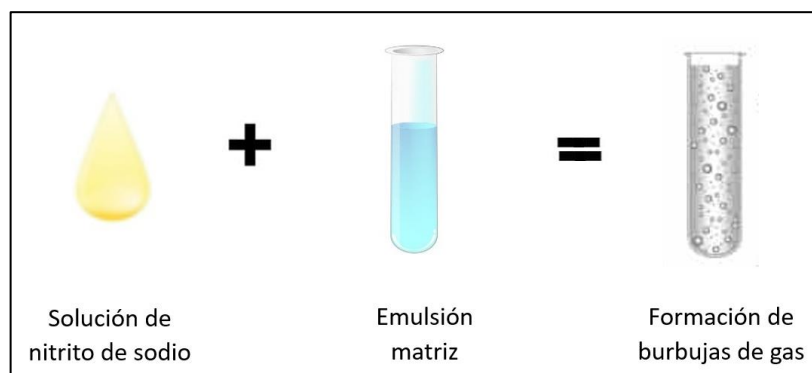
- Nitrito de sodio / tiourea
- Nitrito de sodio / tiocianato de sodio
- Hidrato de hidracina / dicromato de sodio
- Bicarbonato de sodio / ácido acético
- Nitrato de etanolamina, urea / nitrito de sodio / tiocianato de sodio

Gasificación química con nitrito de sodio/ tiourea

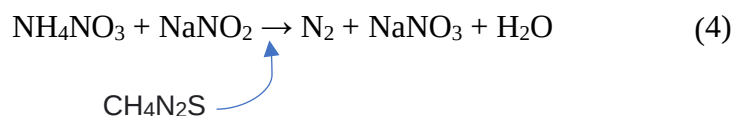
Uno de los métodos de sensibilización de las emulsiones por medio de gasificación es el uso del sistema nitrito de sodio/ tiourea la figura 3 esquematiza el proceso de sensibilización química de una emulsión matriz con la adición de solución de nitrito de sodio.

Figura 3:

Proceso de sensibilización química de emulsión matriz.



La formación de burbujas es el resultado de la reacción química entre el nitrito de sodio presente en la solución gasificante y el nitrato de amonio presente en la emulsión, esta reacción se desarrolla según la ecuación química 4



La velocidad de reacción entre el nitrito de sodio y nitrato de amonio a temperaturas menores a 60 °C es imperceptible, para poder mejorar este tiempo de gasificación es importante la adición del catalizador tiourea con la cual la reacción se puede desarrollar a temperatura menores a 60 °C.

Cantidad de ácido acético requerida para gasificar una emulsión

Challa (2014) Sugiere la Tabla 7 para la adición de N-17 (Ácido acético al 50% p/p) basado en pruebas de laboratorio, donde a mayor temperatura se requiere la adición de menor cantidad de N-17, viendo la posibilidad de trabajar a una temperatura donde no se tenga que añadir una cantidad considerable.

Tabla 7:

Adición de ácido acético al 50% p/p (N-17)

Temperatura °C	N – 17 (%)
35	0.30
30	0.30
25	0.40
20	0.50
15	0.60
10	0.85
5	1.10
0	1.25

Nota: Obtenido de (Challa Gutierrez, 2014)

2.2.7.3. Sensibilización con Microesferas

Para evitar la incertidumbre en la generación del tamaño y número de burbujas deseados en el tiempo y momento adecuado, se ha recurrido al uso de partículas huecas que contiene aire o gas en su interior. La producción de mayores volúmenes de microesferas que también están siendo destinadas para otras aplicaciones, reduciendo costos a niveles asequibles para el uso en la industria de los explosivos. Los diferentes tipos de partículas huecas que ofrece el mercado son:

- Micro globos de vidrio
- Productos a base de resina
- Perlitas
- Poliestireno

Actualmente para obtener un costo/beneficio aceptable el uso de micro esferas huecas es muy reducido. Si bien la gasificación química proporciona una caída sustancial de la densidad y

la generación de burbujas de gas es alto, el uso de microesferas incluso en porcentajes más pequeños asegura estabilidad a largo plazo y alta velocidad de detonación (VOD) (Muñoz M. E., 2020).

2.2.8. Industrias Cachimayo

INDUSTRIAS CACHIMAYO S.A. empresa privada dedicada a la producción, venta y distribución de nitrato de amonio (grado ANFO, técnico y fertilizante) y emulsiones matrices; para la fabricación de estos utiliza materias primas completamente renovables: aire y agua como suministro básico la energía eléctrica; Industrias Cachimayo dentro de las instalaciones cuenta con las siguientes plantas:

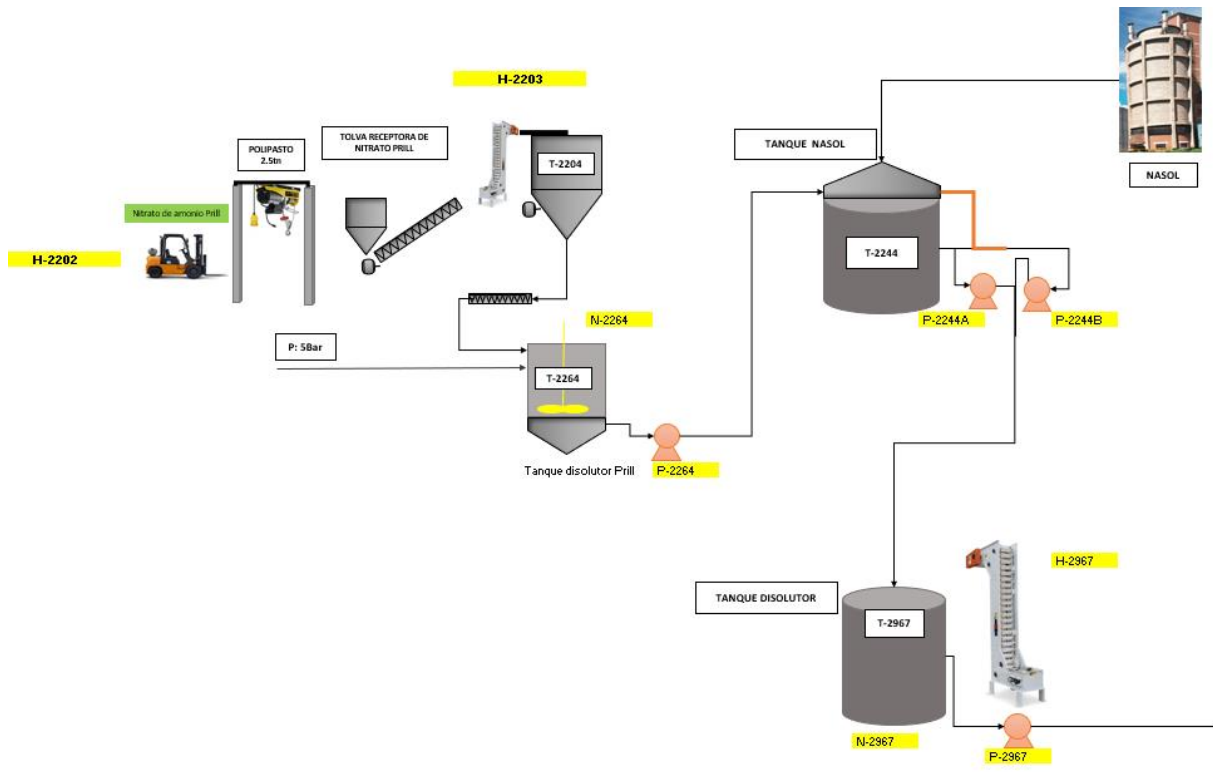
Tratamiento de aguas primario, tratamiento de agua secundario, planta de fraccionamiento de aire, planta de electrolisis, planta de síntesis de amoniaco, planta de producción de ácido nítrico, planta de nitrato de amonio y emulsión.

2.2.8.1. Planta de Emulsión

Primera Etapa: preparación de solución Oxidante

Figura 4:

Preparacion de solución oxidante.



La producción de emulsión se divide en 3 etapas la primera etapa está formada por la preparación de solución oxidante, segunda etapa preparación solución combustible y la tercera la formación de emulsión.

El nitrato prill es abastecido a la tolva receptora de nitrato prill para luego ser almacenada a un silo de almacenamiento T-2204, este nitrato es alimentado a través de un tornillo transportador a un tanque preparador de solución de nitrato de amonio T-2264, para mejorar el tiempo de dilución se abastece agua caliente del tanque T-2246.

La solución de nitrato almacenada es bombeada al tanque preparador de solución oxidante T-2967 donde se agregan las materias primas, agua, tiourea y Ácido acético, esta solución es mezclada por 3 minutos, controlando parámetros tales como densidad, temperatura y pH parámetros importantes para seguir con el proceso de fabricación.

Segunda Etapa preparación de solución combustible

Preparacion de solucion combustible.



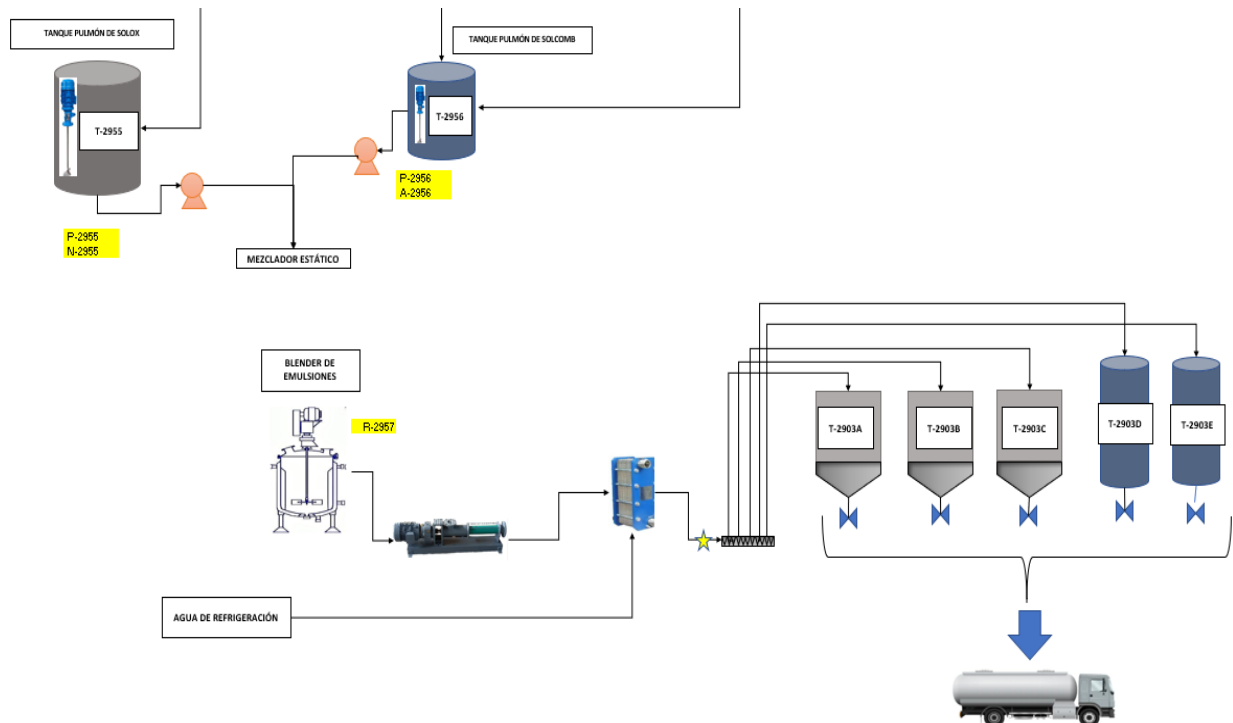
El petróleo y emulsificante es suministrado en cisternas para ser almacenados en tanques receptores T-2920 de petróleo y T-2950 tanque de emulsificante.

El petróleo y emulsificante estas dos materias primas son fundamentales para la fabricación de la emulsión, el petróleo como el emulsificante estos ingresan al tanque mezcla T-2952 agitándose por un tiempo de 2 min obteniendo solución combustible, la solución combustible obtenida es almacenado en tanques T-2954 A / B para las producciones que se requiera, los parámetros a determinar son densidad 0.830 g/cm^3 y temperatura $35\text{-}40^\circ\text{C}$ para continuar con el proceso y ser alimentado al tanque pulmón T-2956 (Industrias Cachimayo S.A., 2018).

Tercera Etapa: Preparación de emulsión

Figura 6:

Preparacion de emulsión.



Obteniendo las dos soluciones Solox T-2955 y Solcomb T-2956 en los tanques pulmones con los parámetros adecuados y estandarizados, esta solución se trasporta mediante bomba con

variador de frecuencia al tanque preparador de emulsión T-2952 para empezar con la producción de la Pre-Emulsión, con la razón de producción adecuada, pasando a través de un mezclador estático para homogenizar estas soluciones, se controla la velocidad de agitación del reactor, el tiempo de remanencia y la presión de descarga para obtener una emulsión con una viscosidad dentro del estándar requerido para luego ser almacenada en los silos de almacenamiento (Industrias Cachimayo S.A., 2018).

2.3. Marco Conceptual

- **Balance de oxígeno (BO):** Es la disponibilidad de oxígeno de un compuesto para generar una combustión completa, en caso de compuestos oxidantes como el caso de nitrato de amonio este será positivo y en caso de combustibles como el petróleo el balance de oxígeno será negativo.
- **Nitrato de amonio (NA):** Sal oxidante usada como materia prima para preparar explosivos.
- **Velocidad de onda de detonación (VOD):** Velocidad a la cual se transforma un explosivo en gases a elevadas temperaturas a lo largo de un barrenado, durante el proceso de detonación.
- **NASOL:** Nitrato de amonio en solución.
- **Solución oxidante (SOLOX):** Solución saturada de materias primas (nitrato de amonio, tiourea, ácido acético, etc.)
- **Solución combustible (SOLCOM):** Mezcla de petróleo, emulsificante, ceras, aceite mineral, etc.)
- **Balance hidrofílico lipofílico:** El balance hidrofílico-lipofílico (HBL) indica la solubilidad en agua o aceite de un tensoactivo, y por lo tanto indica que emulsión se tenderá a formar.
- **ANFO (Amonia nitrate fuel oil):** Mezcla de nitrato de amonio en prill con petróleo.
- **Heavy ANFO:** Mezcla de emulsión matriz con ANFO en proporciones variadas.

- **Taladro:** Agujeros cilíndricos destinados a alojar explosivos y sus accesorios en su interior.
- **Emulsión:** Dispersión de dos líquidos inmiscibles.
- **Entalpia:** Es la cantidad de energía que un sistema termodinámico intercambia con su medio ambiente en condiciones de presión constante.
- **Microesfera de vidrio:** Burbujas de vidrio utilizadas para la sensibilización de la emulsión.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El desarrollo de la emulsión explosiva gasificable se realizó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Planta de Emulsión dentro de las instalaciones de Industrias Cachimayo, localizada en la Provincia de Anta, Región Cusco. Con coordenadas geográficas latitud: -13.4772, longitud: -72.0678, a una altura de 3427msnm. En la figura 7 se muestra dicha ubicación.

Figura 7:

Ubicación de Industrias Cachimayo



- Probeta
- Perilla de succión
- Vasos de precipitados
- Bagueta

3.2.3. Reactivos

- Tiourea grado técnico
- Ácido acético glacial
- Emulsificante NB (Nelson Brothers)
- Diesel D-2 B5
- Nitrato de amonio técnico
- Agua tratada
- Nitrito de sodio grado técnico

3.3. Alcance diseño y tipo de investigación

3.3.1. Alcance de la Investigación

La investigación tiene un alcance explicativo ya que se estudió y determinó las materias primas involucradas en el desarrollo de emulsiones explosivas, la relación de los insumos requeridos en el proceso de gasificación, formulación en porcentaje de materias primas e insumos involucrados para el desarrollo de emulsión explosiva gasificable. Además, que según los resultados obtenidos se explicarán debidamente para poder realizar las conclusiones de la investigación.

3.3.2. Diseño de la Investigación

Se utilizó diseño experimental debido a que se modificaron las variables para conseguir la mezcla emulsionante; además, de ver su comportamiento y de esta forma poder conseguir la emulsión explosiva gasificable.

3.3.3. Tipo de Investigación

La investigación es del tipo aplicada ya que se aplicaron conocimientos existentes para la formulación de emulsión explosiva gasificable, además de que se pretende con este estudio el desarrollo a gran escala en Industrias Cachimayo.

3.4. MÉTODOS

3.4.1. Evaluación del nitrito de sodio en la gasificación de la emulsión explosiva.

De acuerdo a la ecuación 4, producto de la reacción entre el nitrito de sodio y nitrato de amonio se obtuvo nitrógeno gaseoso, agua y nitrato de sodio, de los cuales el nitrógeno fue atrapado en el interior de la emulsión haciendo que la emulsión incremente en volumen y reduzca la densidad.

Se consideró:

- 1.- Reacción completa entre nitrito de sodio y nitrato de amonio
- 2.- La reacción se llevó a cabo bajo condiciones ambientales (0.655 atm y 22°C),.
- 3.- Todo el nitrógeno generado fruto de la reacción quedo retenido en la emulsión formando burbujas de gas (N₂)

De la ecuación 4 se estableció que un mol de nitrito de sodio genera un mol de nitrógeno gaseoso, por lo tanto, se estableció la siguiente relación:

$$V_{N_2} = \frac{m_{NaNO_2}}{PM_{NaNO_2}} * \frac{22.4 \text{ l } N_2}{1 \text{ mol } NaNO_2} * 1000 \quad (5)$$

$$V_{N_2} = \frac{m_{NaNO_2}}{PM_{NaNO_2}} * 22400 \quad (6)$$

V_{N_2} : Volumen de nitrógeno gaseoso (cm³)

m_{NaNO_2} : masa en gramos de nitrito de sodio (g).

PM_{NaNO_2} : Peso molecular del nitrito de sodio(g/g-mol).

22400: factor de conversión (cm³/g-mol)

El volumen de gas generado quedo atrapado en la emulsión reduciendo la densidad por incremento de volumen, por lo tanto, la densidad final se expresó bajo la siguiente relación siguiente relación:

$$\rho_f = \frac{m_{emulsión}}{\frac{m_{emulsión}}{\rho_{emulsión}} + V_{N_2}} \quad (7)$$

$$\rho_f = \frac{m_{emulsión}}{\frac{m_{emulsión}}{\rho_{emulsión}} + \left(\frac{m_{NaNO_2}}{PM_{NaNO_2}} * 22400 \right)} \quad (8)$$

ρ_f : Densidad final en g/cm³

$m_{emulsión}$: masa en gramos de emulsión matriz.

$\rho_{emulsión}$: Densidad de emulsión matriz en g/cm³

La solución de estas ecuaciones nos permitió obtener la cantidad de nitrito de sodio requerido para reducir la densidad de la emulsión.

.Tabla 8:

Variación de densidad como función de la cantidad de nitrito de sodio

Cantidad de $\text{NaNO}_2(\text{g})$	Densidad final (g/cm^3)
0.22	
0.27	
0.32	
0.37	
0.42	
0.47	
0.52	
0.57	
0.62	
0.67	
0.72	
0.77	

En la tabla 8 se detalló la variación de la densidad final de la emulsión en función de la cantidad de nitrito de sodio agregado.

3.4.2. Estudio de la influencia de la tiourea, ácido acético en la gasificación de la emulsión explosiva.

Se conoce que la reacción entre el nitrito de sodio y nitrato de amonio es imperceptible a temperatura ambiente, para acelerar esta reacción se requirió de la adición de catalizadores: ácido acético y tiourea.

Con la dosificación adecuada de nitrito de sodio determinada en el punto 3.4.1, se procedió a regular el tiempo de gasificación, para lo cual se evaluaron las cantidades la tiourea y ácido acético a adicionar. Realizando la variación en la dosificación de tiourea y ácido acético en rangos de acuerdo a la referencia de la tabla 7. Bajo esta consideración, la tabla 9 muestra las variables y niveles y la tabla 10 el plan experimental, considerando: diseño factorial por triplicado 3^2 (9 ensayos) con prueba por triplicado, el tiempo se obtuvo con un cronometro hasta obtener la densidad requerida, la densidad se toma con picnómetro calibrado a 500 cm^3 .

Tabla 9:*Variables y niveles.*

Variables	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Ácido acético (%)	0.30	0.40	0.50
Tiourea (%)	0.10	0.15	0.20

Tabla 10:*Plan experimental*

VARIABLES INDEPENDIENTES			VARIABLES DEPENDIENTE
Ensayo	Ácido Acético (%)	Tiourea (%)	Tiempo de Gasificación (min)
1	0.30	0.10	
2	0.30	0.15	
3	0.30	0.20	
4	0.40	0.10	
5	0.40	0.15	
6	0.40	0.20	
7	0.50	0.10	
8	0.50	0.15	
9	0.50	0.20	

En la herramienta de recolección de datos tabla 10, se plasmaron los resultados obtenidos de los 9 ensayos realizados.

Para determinar el tiempo de gasificación de la emulsión se preparó emulsión matriz con los porcentajes de ácido acético y tiourea según la tabla 10, posterior a ello se mezcló emulsión matriz

con solución de nitrito de sodio (mezcla manual por 2 min), seguidamente se vertió la mezcla en un picnómetro de 500 cm³, se pesó en una balanza analítica y calculo la densidad. Se inició con la toma de tiempo, cada minuto se retiró el excedente de la emulsión producto del incremento de volumen y consiguiente reducción de densidad, hasta obtener una densidad final de 1.15 g/cm³. Con los datos de obtenidos de la tabla 10 se realizó la prueba de normalidad para determinar la herramienta a usar para el análisis de datos, la cantidad de datos es menor a 50 se aplicó el test de normalidad de Shapiro – Wilk con la siguiente hipótesis.

Hipótesis nula (H_0): la variable tiene distribución normal.

Hipótesis alterna (H_1): la variable tiene distribución no normal.

3.4.3. Parámetros de tiourea y ácido acético en la emulsión explosiva.

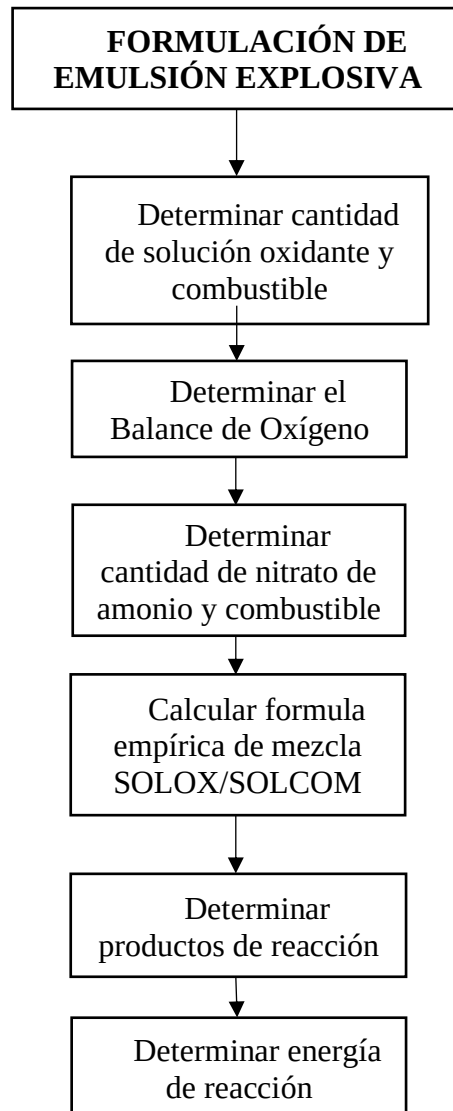
Se realizó la discusión de los datos obtenidos referidos al tiempo de gasificación y se procedió al análisis estadístico que comprendió la determinación de los efectos de las variables independientes sobre la variable dependiente, la significancia de las variables y se estableció el modelo matemático que relaciona las variables en estudio.

Con los resultados obtenidos en la tabla N° 10, donde se varió el porcentaje de ácido acético en 0.3%, 0.4% y 0.5% y tiourea en 0.10%, 0.15% y 0.20%, para cada tres pruebas, se evaluaron los distintos tiempos de gasificación, de los cuales se tomaron los valores más aproximados al tiempo de gasificación requerido de 15 min, tiempo promedio que transcurre desde que una emulsión es cargada a un taladro y confinada para su detonación.

3.4.4. Formulación de la emulsión explosiva

Figura 8:

Diagrama de proceso de formulacion de emulsion explosiva.



La figura 8 detalla el proceso seguido para formular la emulsión explosiva.

3.4.4.1. Determinación de la cantidad de nitrato de amonio y combustible.

Para determinar los porcentajes de nitrato de amonio y petróleo diésel, se tomó como referencia el trabajo de: Ming Lu y Qifa Liu, (2019). En el presente punto solo se consideró el balance de oxígeno (BO) y energía. Para el cálculo de balance de oxígeno se tomó la ecuación (2) y se evaluó para distintas concentraciones de nitrato de amonio en la solución oxidante (SOLOX) y la cantidad de solución de combustible (SOLCOM) requerida para mantener el balance de oxígeno en -3%.

En el presente trabajó se mantuvo constante el balance de oxígeno en -3%, este valor negativo indica que se tiene un exceso de combustible. En la práctica se observó que cuanto más cercano a 0% el balance de oxígeno, se inicia formación de gases nitrosos (gases no deseados en una voladura). Según Italo Farje Vergaray (2019), el balance de oxígeno -3.04% asegura una buena calidad de gases, (nula formación de gases nitrosos), razón por la cual se tomó en consideración este valor de balance de oxígeno.

Para el cálculo de balance de oxígeno se tomó como base de cálculo 1000g de emulsión la cual está compuesta por nitrato de amonio en solución y combustible. Se plantearon las ecuaciones 9 y 10, las cuales nos permitirán evaluar el comportamiento de las cantidades de solución oxidante y combustible para obtener un balance de oxígeno constante.

$$\%H_2O + \%NA + \% combustible = 100\% \quad (9)$$

$$\%H_2O(\%BO_{H_2O}) + \%NA(\%BO_{NA}) + \% combustible(\%BO_{combustible}) = -3\% \quad (10)$$

$$C = \frac{\%NA}{\%H_2O + \%NA} \quad (11)$$

C = Concentración de nitrato de amonio (%) p/p.

$\%BO_{H_2O}$: Balance de oxígeno del agua expresado en porcentaje

$\%BO_{NA}$: Balance de nitrato de amonio expresado en porcentaje

$\%BO_{combustible}$: Balance de oxígeno del combustible expresado en porcentaje

El cálculo de estas ecuaciones se realizó haciendo uso del programa Microsoft Excel. Con la solución de sistema de las ecuaciones anteriores se determinó los porcentajes de agua, nitrato de amonio y combustible. Los valores de balance de oxígeno se tomaron del apéndice 5.

Como siguiente paso, se tomó como base de cálculo 1000 g de mezcla agua, nitrato y combustible, con los porcentajes calculados anteriormente se determina la cantidad en masa de cada componente, con lo cual se calculó una fórmula empírica para la mezcla como muestran las ecuaciones 12.

$$m_{H_2O} + m_{NA} + m_{Combustible} = C_a H_b O_c N_d \left\{ \begin{array}{l} d = \frac{(m_{NA}) * \%N}{PA_N} + \frac{(m_{H_2O}) * \%N}{PA_N} + \frac{(m_{Combustible}) * \%N}{PA_N} \\ b = \frac{(m_{NA}) * \%H}{PA_H} + \frac{(m_{H_2O}) * \%H}{PA_H} + \frac{(m_{Combustible}) * \%H}{PA_H} \\ a = \frac{(m_{NA}) * \%C}{PA_C} + \frac{(m_{H_2O}) * \%C}{PA_C} + \frac{(m_{Combustible}) * \%C}{PA_C} \\ c = \frac{(m_{NA}) * \%O}{PA_O} + \frac{(m_{H_2O}) * \%O}{PA_O} + \frac{(m_{Combustible}) * \%O}{PA_O} \end{array} \right\} \quad (12)$$

Donde:

PA_N : Peso atómico del nitrógeno ($\frac{g}{mol}$)

PA_H : Peso atómico hidrógeno ($\frac{g}{mol}$)

PA_O : Peso atómico del oxígeno ($\frac{g}{mol}$)

PA_C : Peso atómico del carbono ($\frac{g}{mol}$)

N : nitrógeno ($\frac{g}{mol}$)

O : oxígeno ($\frac{g}{mol}$).

H : Hidrógeno ($\frac{g}{mol}$).

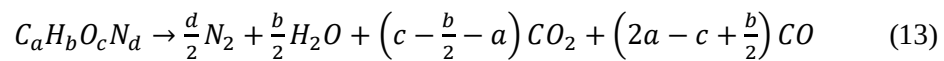
C : Carbono ($\frac{g}{mol}$)

a, b, c, d : coeficientes de la fórmula empírica.

La solución de estas ecuaciones proporcionó la cantidad átomo gramo de cada componente con lo cual se procedió con el cálculo de energía.

Para el cálculo de la energía se tomó en cuenta la jerarquía de reacciones para la ecuación química (3) recomendada por: Erode G. Mahadevan (2019). Y las ecuaciones propuestas por (Lu & Liu, 2008).

Con la masa obtenida de la solución de la ecuación 12 se calculó los productos de combustión de la mezcla como muestra la ecuación 13



Con los productos obtenidos de la ecuación 17 tomando en cuenta la ecuación 1 se calculó la energía que libera la mezcla.

$$\Delta H_{reacción} = \frac{d}{2} \Delta H_{N_2} + \frac{b}{2} \Delta H_{H_2 O} + \left(c - \frac{b}{2} - a\right) \Delta H_{CO_2} + \left(2a - c + \frac{b}{2}\right) \Delta H_{CO} - \left(\frac{m_{NA}}{PM_{NA}} \Delta H_{NH_4 NH_3} + \frac{m_{H_2 O}}{PM_{H_2 O}} \Delta H_{H_2 O} + \frac{m_{Combustible}}{PM_{Combustible}} \Delta H_{Combustible}\right) \quad (14)$$

Estos cálculos se realizaron haciendo uso del software Microsoft Excel para cada valor de concentración obtenida en la ecuación 11. Los valores de las entalpías de reacción fueron obtenidos de valores bibliográficos (APENDICE 8)

3.4.4.2.Determinación de la cantidad de emulsificante.

La cantidad de emulsificante se determinó mediante pruebas experimentales por triplicado, donde se varió el porcentaje de emulsificante y se obtuvo como resultado la viscosidad. La viscosidad se midió haciendo uso de un viscosímetro de marca Brookfield con aguja N° 07 a 20 rpm y temperatura de 20 °C.

La tabla 10 muestra el instrumento de recolección de datos para las pruebas desarrolladas para evaluar la viscosidad en función a la cantidad de emulsificante. La cantidad de emulsificante se varió tomando en cuenta la sugerencia del fabricante del emulsificante (Nelson Brothers) quien recomienda hacer uso del emulsificante desde 1.10 a 1.9 %

Tabla 11:

Tabla de recolección de datos de viscosidad a distinto porcentaje de emulsificante

Nº	% EMULSIFICANTE	Viscosidad (Cp)
1	1.10	
2	1.20	
3	1.30	
4	1.40	
5	1.50	
6	1.60	
7	1.70	
8	1.80	
9	1.90	

3.4.4.3. Formulación de la emulsión

Para la formulación de la emulsión se tomó los datos de las secciones anteriores:

Cantidad de tiourea y ácido acético de la sección 3.4.3

Cantidad de nitrato de amonio, agua y combustible se tomó de la sección 3.4.4

Para la solución gasificante, se tomaron los resultados calculados en la sección 3.4.1

Los cuales fueron ajustados para un totalizado de 100% y se detallan en el instrumento de recolección de datos Tabla 12.

Tabla 12:*Componentes de la emulsión ajustados a 100%*

Componente	Porcentaje
Solución oxidante	
Nitrato de amonio	
Agua	
Tiourea	
Ácido acético	
Solución combustible	
Petróleo Diesel	
Emulsificante	

3.4.5. Caracterización físico-química de la emulsión explosiva gasificable.

Con los datos obtenidos de las pruebas anteriores, se preparó la emulsión a escala laboratorio, y se procedió con la determinación de las características, las cuales se consignaron en la tabla 13, estas características se tomaron en función a la ficha técnica de la emulsión matriz requerida por el cliente, minas de Quellaveco, Constancia y Antapacay.

Tabla 13:*Características físicoquímicas de la emulsión.*

	Parámetro	Unidad	Valor
Emulsión	Temperatura	°C	
	Densidad	g/cm ³	
	Viscosidad	cP	
	Tiempo de gasificación	Minutos	
Solución Oxidante	Temperatura	°C	
	Densidad	g/cm ³	
	pH	-	
Solución combustible	Temperatura	°C	
	Densidad	g/cm ³	

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del nitrito de sodio en la gasificación de la emulsión explosiva.

La evaluación del nitrito de sodio se realizó haciendo uso de la ecuación 8. Tomando como base de cálculo 1000 g de emulsión y variando la cantidad de nitrito de sodio, como se muestra en la solución presentada:

$$\rho_f = \frac{1000 \text{ g (emulsión)}}{\frac{1000 \text{ g(emulsión)}}{1.33 \text{ g/cm}^3} + \left(\frac{0.37 \text{ g(NaNO}_2\text{)}}{69 \text{ g/mol}} * 22400 \right)}$$
$$\rho_f = 1.15 \text{ g/cm}^3$$

Bajo las consideraciones siguientes: condiciones normales de presión y temperatura, densidad inicial de la emulsión 1.33g/cm³, peso molecular nitrito de sodio 69 g/mol.

La tabla 14 muestra los resultados calculados con en el programa Microsoft Excel para distintos valores de nitrito de sodio.

Tabla 14:

Variación de densidad como función de la cantidad de nitrito de sodio.

Cantidad de NaNO ₂ (g)	Densidad final (g/cm ³)
0.22	1.21
0.27	1.19
0.32	1.17
0.37	1.15
0.42	1.13
0.47	1.11
0.52	1.09
0.57	1.07
0.62	1.05
0.67	1.03
0.72	1.01
0.77	1.00

Como se observa en la tabla 14 la densidad final de la emulsión varía en función a la cantidad de nitrito de sodio, según los datos calculados, para poder obtener una densidad de 1.15 g/cm³ se requiere 0.37 g de nitrito de sodio. En la figura 2 se observó la dependencia de la VOD con la densidad, donde a la densidad de 1.15 g/cm³ se obtiene la mayor VOD razón por la cual en el presente trabajo se trabajó con esta densidad.

La adición de nitrito de sodio se realizó en solución acuosa al 20% p/p, por lo tanto, se realizó un cálculo para determinar la cantidad de solución de nitrito de sodio al 20 % requerido para agregar 0.37 g de nitrito de sodio.

$$m_{sol.NaNO_2} = 1.85 \text{ g sol. nitrito de sodio}$$

Por lo tanto, para poder reducir la densidad de una emulsión matriz a 1.15g/cm³ es necesario la adición de 1.85 g de solución de nitrito de sodio al 20% por cada kilogramo de emulsión.

En comparación, Challa Gutierrez David Yesmani, (2014), utilizo un agente gasificante que contiene 20% p/p de nitrito de sodio para reducir la densidad de una emulsión a 1.15g/cm³. Para la adición de este agente gasificante considero que la cantidad de solución de nitrito requerida es de 1.3 g/ Kg de emulsión, en comparación al resultado calculado en el presente trabajo que es de 1.85 g/Kg de emulsión. Un punto importante a tomar en cuenta son las condiciones ambientales; el trabajo de Challa Gutierrez, se desarrolló a alturas entre 3150 y 3500 msnm, que difiere de la presente investigación la cual se desarrolló a bajo condiciones ambientales.

4.2. Influencia de la tiourea, ácido acético en la gasificación de la emulsión explosiva.

La tabla 15 muestra los resultados experimentales del tiempo de gasificación en función a las variables ácido acético y tiourea.

Tabla 15:*Resultados experimentales del tiempo de gasificación.*

VARIABLES INDEPENDIENTES			VARIABLES DEPENDIENTE
Ensayo	Ácido Acético (%)	Tiourea (%)	Tiempo de Gasificación (min)
1	0.30	0.10	21
2	0.30	0.15	19
3	0.30	0.20	16
4	0.40	0.10	12
5	0.40	0.15	10
6	0.40	0.20	7
7	0.50	0.10	7
8	0.50	0.15	4
9	0.50	0.20	2

Los tres primeros ensayos (1, 2 y 3) se realizaron manteniendo constante el ácido acético en 0.3% y variando el catalizador de tiourea en 0.10%, 0.15% y 0.20%, se obtuvo los siguientes tiempos de gasificación: 21 minutos, 19 minutos y 16 minutos respectivamente. De las tres pruebas realizadas, la prueba 3, con 0.3% de ácido acético y 0.20% de tiourea es la que más se aproxima al tiempo de gasificación deseado que es 15 min.

Los ensayos 4, 5 y 6 se realizaron manteniendo constante el valor del ácido acético en 0.4 % y variando el catalizador tiourea en 0.10%, 0.15% y 0.20%, obteniéndose los siguientes tiempos de gasificación: 12 minutos, 10 minutos y 7 minutos respectivamente. De los tres experimentos realizados ninguno cumplió con el tiempo de gasificación requerido de 15 min.

Finalmente, los ensayos 7, 8 y 9 donde se mantuvieron constantes los valores de ácido acético 0.5% y variando los valores de tiourea en 0.10%, 0.15% y 0.20% se obtuvieron los siguientes resultados: 7 minutos, 4 minutos y 2 minutos. Los tiempos de gasificación obtenidos fueron rápidos, los cuales distan del objetivo que es 15 min.

Test de normalidad Shapiro – Wilk

Tabla 16:

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

n	Tiempo de gasificación (y)	Y²	a_i	Y_{n-i+1}-Y_i	a_i(Y_{n-i+1}-Y_i)
1	2	4	a=0.5880	19	11.172
2	4	16	b=0.3244	15	4.866
3	7	49	c=0.1976	9	1.7784
4	7	49	d=0.0947	5	0.4735
5	10	100	-	-	-
6	12	144	-	-	-
7	16	256	-	-	-
8	19	361	-	-	-
9	21	441	-	-	-
Sumatoria	98	1420			18.2899

$$\bar{y} = 10.89$$

$$b = \sum a_i(y_{n-i+1} - y_i) = 18.2899$$

$$s^2 = \sum y_i^2 - n\bar{y}^2 = 352.67$$

$$w_c = \frac{b^2}{s^2} = 0.9475$$

$$w_{tabla, \alpha=0.05} = 0.829$$

w_c: Coeficiente del estadístico de shapiro Wilk (calculado)

w_{tabla}: Coeficiente del estadístico de shapiro Wilk (Tabulado)

s^2 : varianza

$\bar{y}$: media aritmética

Según los datos calculados para una significancia del 5% se obtuvo, $W_c > W_{\text{tabla}}$ ∴ por lo tanto, se tiene una distribución normal.

Análisis estadístico utilizando STATGRAPHICS

En la tabla 17, figura 9 y muestran el efecto de la tiourea y ácido acético sobre el tiempo de gasificación química.

Tabla 17:

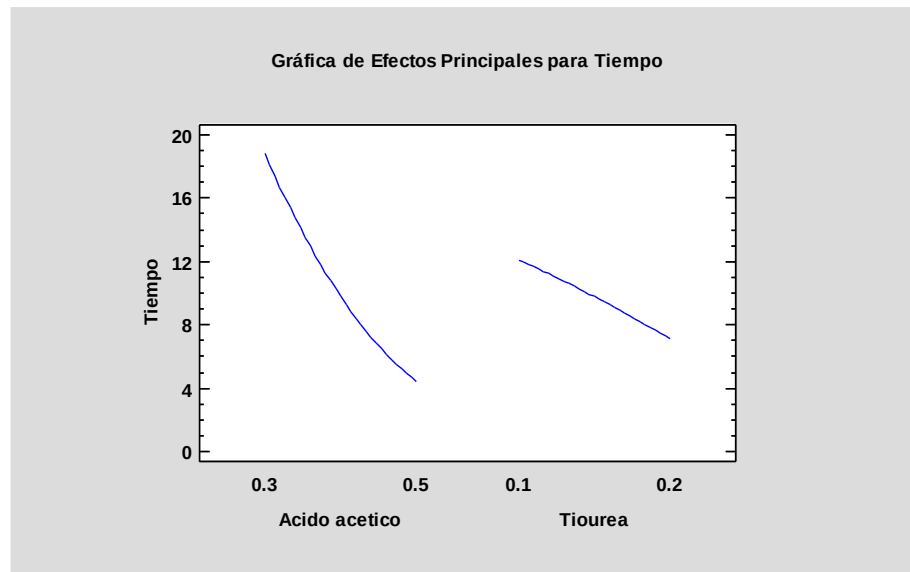
Efecto de tiourea y ácido acético en el tiempo de gasificación química.

Efecto	Estimado	Int. Confianza
Promedio	9.77778	+/- 0.913005
A: Ácido acético	-14.3333	+/- 1.00015
B: Tiourea	-5.0	+/- 1.00015
AA	3.66667	+/- 1.73231
AB	0.0	+/- 1.22493
BB	-0.333333	+/- 1.73231

Los resultados de la tabla 17 muestran las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones con un intervalo de confianza del 95%. Se interpreta, que un cambio de 0.3% a 0.5% de ácido acético disminuye el tiempo, en 14.33 min en promedio. Por otro lado, con un incremento de 0.1 a 0.2 % tiourea, también disminuye el tiempo, pero solo en 5 min en promedio; determinándose que la variable de mayor efecto es el % de ácido acético, y la figura 9 representa gráficamente el efecto del ácido acético y tiourea en el tiempo de gasificación.

Figura 9:

Grafica de efectos principales para tiempo



Para determinar la significancia de los efectos se muestra los resultados del análisis de varianza en la tabla 18.

Tabla 18:

Análisis de Varianza para el tiempo de gasificación.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Ácido acético	308.167	1	308.167	2080.12	0.0000
B: Tiourea	37.5	1	37.5	253.12	0.0005
AA	6.72222	1	6.72222	45.37	0.0067
AB	0.0	1	0.0	0.00	1.0000
BB	0.0555556	1	0.0555556	0.37	0.5836
Error total	0.444444	3	0.148148		
Total (corr.)	352.889	8			

Con la prueba de significancia estadística de cada variable comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental, se determinó que 3 variables (A, B y AA) tienen un valor -P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%. Por tanto, las dos variables en estudio muestran significancia estadística sobre la variable respuesta.

El modelo matemático siguiente representa a las pruebas experimentales con un coeficiente de determinación $R^2 = 99.87\%$, que explica el 99.8741% de la variabilidad en tiempo; es decir muestra bondad de ajuste:

$$T = 73.7778 - 218.33AA - 30.0TU + 183.33AA^2 + 00AA * TU - 66.6667TU^2 \quad (15)$$

T: Tiempo

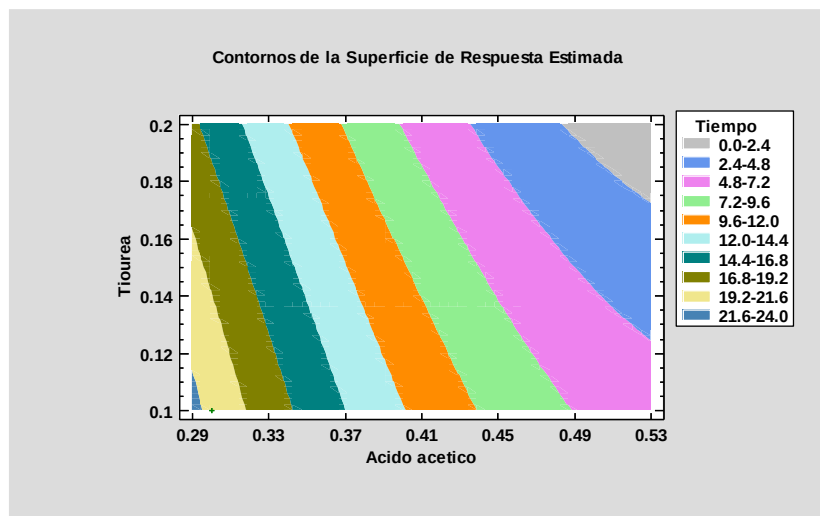
AA: ácido acético

TU: tiourea

Gráficamente el modelo se representa en la figura 10.

Figura 10:

Contornos de la superficie de respuesta estimada



Como se puede apreciar en el contorno de superficie estimada, el área de color verde petróleo muestra el rango de porcentaje de tiourea y ácido acético que logran el tiempo de gasificación entre 15-20 min.

Haciendo uso del modelo matemático ecuación 15 y reemplazando los valores de la superficie de respuesta (figura 10) se estimó valores de ácido acético y tiourea que proporcional un tiempo de gasificación de 15 min.

Tabla 19:

Tiempo de gasificación calculado con la ecuacion 15

		% TU										
		0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
%AA	0.3	21	21	20	20	19	19	18	18	17	17	16
	0.31	20	20	19	19	18	18	17	17	16	16	15
	0.32	19	19	18	18	17	17	16	16	15	15	14
	0.33	18	18	17	17	16	16	15	15	14	14	13
	0.34	17	17	16	16	15	15	14	14	13	13	12
	0.35	16	16	15	15	14	14	13	13	12	12	11
	0.36	15	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10
	0.37	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	9

Como se muestra en la tabla 19 para obtener un tiempo de gasificación de 15 min, se tienen 11 posibles arreglos dentro del rango establecido en la superficie de respuesta.

4.3. Parámetros de tiourea y ácido acético en la emulsión explosiva.

Con los resultados de la sección 4.2 se pudo identificar 11 posibilidades que logran conseguir un tiempo de gasificación de 15 min, Otras investigaciones y patentes sugieren el uso de tiourea en cantidades que van desde los 0.1% a 0.35 % (patente PCT/PE2018/000020 Emulsión explosiva granular encartuchada), por otra parte, en la patente EP 0775681 A1 “microemulsion and oil soluble gassing solution” en la tabla 1 sección 50 presenta cuatro formulaciones de emulsión indicando 0.14% de tiourea y ácido cítrico como regulador de pH. Los resultados

presentados en el presente trabajo guardan relación con los valores indicados en las patentes mencionadas, por lo cual, se utilizará 0.15% de tiourea y 0.34% de ácido acético.

4.4. Formulación de la emulsión explosiva gasificable.

4.4.1. Resultados de la cantidad de nitrato de amonio y combustible.

La tabla 20 muestra los resultados de los cálculos realizados en el programa Microsoft Excel de las ecuaciones 9, 10 y 11.

Tabla 20:

Resultados de ecuación 9, 10 y 11.

Nº	Balance de oxígeno %	Concentración p/p NA	Nitrato de amonio (%)	Agua %	Combustible Diesel (%)
1	-3.0	60%	57.47%	38.31%	4.22%
2	-3.0	65%	62.09%	33.43%	4.48%
3	-3.0	70%	66.67%	28.57%	4.75%
4	-3.0	75%	71.24%	23.75%	5.02%
5	-3.0	80%	75.78%	18.94%	5.28%
6	-3.0	85%	80.29%	14.17%	5.54%
7	-3.0	90%	84.78%	9.42%	5.80%
8	-3.0	95%	89.24%	4.70%	6.06%

Los resultados muestran para un balance de oxígeno de -3% se obtuvo varias configuraciones en cuanto a porcentaje de cada componente. Se pudo observar que cuanto mayor concentración de nitrato de amonio mayor será la cantidad de combustible y menor la cantidad de agua. Estos resultados fueron utilizados para el cálculo de energía lo cual se muestra en la tabla 21.

Tabla 21:

Resultado de energía y mezclas.

Concentración (p/p NA)	Reactivos											Energía (KJ/kg)
	Componente (g)			Formula empírica C _a H _b O _c N _d				Productos (Mol)				
	H ₂ O	NH ₃ NO ₄	(CH ₂) _n	a	b	c	d	N2	H2O	CO	CO2	
60%	383.14	574.71	42.15	3.0108	77.33	42.84	14.37	7.18	38.66	1.849	1.162	-2142
65%	334.31	620.86	44.84	3.2025	74.59	41.85	15.52	7.76	37.30	1.847	1.356	-2326
70%	285.75	666.75	47.50	3.3932	71.87	40.88	16.67	8.33	35.94	1.845	1.548	-2509
75%	237.46	712.38	50.16	3.5828	69.17	39.91	17.81	8.90	34.58	1.844	1.739	-2691
80%	189.44	757.76	52.80	3.7713	66.48	38.94	18.94	9.47	33.24	1.842	1.929	-2872
85%	141.69	802.89	55.42	3.9588	63.81	37.98	20.07	10.04	31.90	1.840	2.12	-3053
90%	94.20	847.77	58.03	4.1452	61.15	37.02	21.19	10.60	30.57	1.839	2.31	-3232
95%	46.97	892.40	60.63	4.3307	58.50	36.07	22.31	11.16	29.25	1.837	2.49	-3410

La tabla 21 muestra los datos calculados en el programa Microsoft Excel de la ecuación 12 para determinar la formulación empírica de la mezcla nitrato de amonio, agua y combustible, los coeficientes de cada átomo gramo se utilizó la ecuación (13, 14, 15 y 16); para determinar la cantidad de productos de la reacción se utilizó la ecuación 17; finalmente para realizar el cálculo de la entalpia de la reacción se utilizó la ecuación 18.

Ejemplo: para una concentración del 70%

$$m_{H_2O} + m_{NA} + m_{Combustible} = C_aH_bO_cN_d$$

$$285.75g + 666.75g + 47.5g = C_{3.39}H_{71.87}O_{40.88}N_{16.67}$$

$$d = \frac{(m_{NA}) \cdot \%N}{PA_N} + \frac{(m_{H_2O}) \cdot \%N}{PA_N} + \frac{(m_{Combustible}) \cdot \%N}{PA_N}$$

$$\frac{666.75g \cdot 35\%}{14g} + \frac{285.75g \cdot 0\%}{14g} + \frac{47.5g \cdot 0\%}{14g} = 16.67$$

$$b = \frac{(m_{NA}) \cdot \%H}{PA_H} + \frac{(m_{H_2O}) \cdot \%H}{PA_H} + \frac{(m_{Combustible}) \cdot \%H}{PA_H}$$

$$\frac{666.75g \cdot 5\%}{1g} + \frac{285.75g \cdot 11.1\%}{1g} + \frac{47.5g \cdot 14.3\%}{1g} = 71.87$$

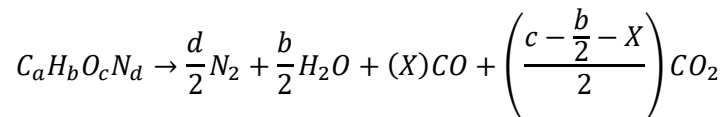
$$a = \frac{(m_{NA}) * \%C}{PA_C} + \frac{(m_{H_2O}) * \%C}{PA_C} + \frac{(m_{Combustible}) * \%C}{PA_C}$$

$$\frac{666.75g * 0\%}{12g} + \frac{285.75g * 0\%}{12g} + \frac{47.5g * 85.7\%}{12g} = 3.39$$

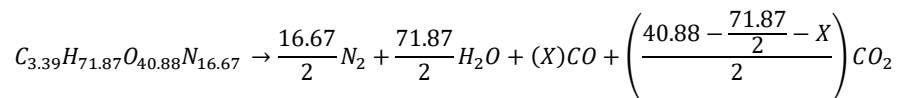
$$c = \frac{(m_{NA}) * \%O}{PA_O} + \frac{(m_{H_2O}) * \%O}{PA_O} + \frac{(m_{Combustible}) * \%O}{PA_O}$$

$$\frac{666.75g * 60\%}{16g} + \frac{285.75g * 88.9\%}{16g} + \frac{47.5g * 0\%}{16g} = 40.88$$

Cálculos de productos de la reacción

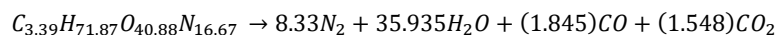


$$X + \left(\frac{c - \frac{b}{2} - X}{2} \right) = a$$



Se itera bajo la siguiente condición: $x + \left(40.88 - \frac{71.87}{2} - X \right) = 3.39$

Al resolver la ecuación se obtiene el resultado de $X = 1.845$



$$\Delta H_{reacción} = \frac{d}{2} \Delta H_{N_2} + \frac{b}{2} \Delta H_{H_2O} + (X) \Delta H_{CO} + \left(\frac{c - \frac{b}{2} - X}{2} \right) \Delta H_{CO_2} - \left(\frac{m_{NA}}{PM_{NA}} \Delta H_{NH_4NH_3} + \frac{m_{H_2O}}{PM_{H_2O}} \Delta H_{H_2O} + \right.$$

$$\left. \frac{m_{Combustible}}{PM_{Combustible}} \Delta H_{Combustible} \right)$$

$$\Delta H_{reacción} = \frac{16.67}{2} * 0 + 35.935 * -241.6 + (1.845) * -110.4 + (3.105) * -393.52$$

$$- \left(\frac{666.75}{80} * -365.56 + \frac{285.75}{18} * -241.6 + \frac{47.5}{14} * -29.81 \right)$$

$$\Delta H_{reacción} = -2509 \text{ KJ}$$

Como se puede observar en la tabla 21, con el incremento de la concentración de nitrato de amonio también incrementa la energía, por lo tanto, podemos deducir que la energía de la mezcla estará determinada por la cantidad de nitrato presente.

Se consideró que un buen agente de voladura es el resultado del balance entre energía y recursos en la fabricación. Algunos autores como Ming Lu, Qifa Liu (2019) plantean el uso de dos sales oxidantes: nitrato de sodio en un porcentaje de 7% y nitrato de amonio en el rango de 77% a 75.3 % obteniendo una energía entre 3187.5 y 3161 KJ/kg; en sus cálculos considera un balance de oxígeno igual a 0.

En la tesis presentada por (Lina, 2003) Evaluación de la energía de los explosivos mediante modelos termodinámicos de detonación, en la tabla 4-4 muestra el resultado de las propiedades de emulsión explosiva calculados mediante modelos matemáticos para emulsión obteniendo 3204 kJ/kg.

Los cálculos realizados en el presente trabajo muestran que para obtener valores entre 3000 y 3200 kJ/kg se requiere del uso de nitrato de amonio con una concentración que varíe entre el 85% y 90%.

4.4.2. Cantidad de emulsificante en la emulsión

Los resultados presentados en la tabla 22 y figura 11, muestran la variación de porcentaje de emulsificante en la emulsión en función de la viscosidad, y preparación de solución combustible.

Tabla 22:

Viscosidad de la emulsión en función al porcentaje de emulsificante.

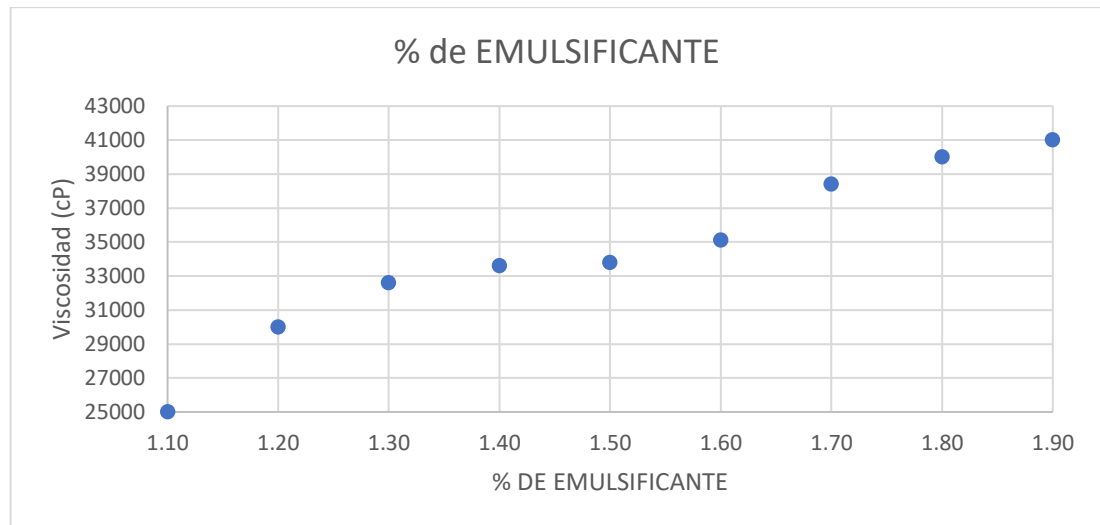
Nº	% EMULSIFICANTE	Viscosidad (cP)
1	1.10	25000
2	1.20	30000
3	1.30	32600
4	1.40	33600
5	1.50	33800
6	1.60	35100
7	1.70	38400
8	1.80	40000
9	1.90	41000

Los resultados muestran que, a mayor porcentaje de emulsificante, mayor incremento de la viscosidad.

La viscosidad juega un papel muy importante en las emulsiones gasificadas puesto que esta debe ser lo suficiente para retener las burbujas de nitrógeno formadas durante el proceso de gasificación, y evitar que la emulsión filtre por las grietas y fracturas del macizo rocoso. Por otra, parte la viscosidad no debe exceder valores que requieren de complejos sistemas de bombeo y trasvasije.

Figura 11:

Representación gráfica de la influencia del emulsificante con respecto a la viscosidad



Tomando estas consideraciones, los valores de viscosidad preferidos para este tipo de emulsiones varían entre 30000 a 35000 cP, estos valores de viscosidad las podemos conseguir agregando entre 1.20% y 1.6%.

4.4.3. Formulación de la Emulsión

La formulación de la emulsión explosiva, se basó en los resultados obtenidos en las secciones anteriores; para determinar la cantidad de nitrato de amonio, agua combustible se tomó en cuenta la energía, en función a la concentración de nitrato de amonio, de la sección 4.4.1 se determinó que se requiere de una concentración de 85% de nitrato de amonio, que corresponde a una mezcla de: 80.29% nitrato de amonio, 14.17% agua y 5.54% combustible (ver tabla 20)

Para la gasificación química según los resultados obtenidos en la sección 4.3 es necesario la adición de 0.15% de tiourea y 0.34% de ácido acético.

Para la viscosidad se requiere de la adición de emulsificante según los resultados de la de la sección 4.4.2 basta con la adición de 1.2% para poder obtener una emulsión con la viscosidad entre 30000 y 35000 cP.

Finalmente, como agente sensibilizante se utilizará solución de nitrito de sodio al 20% en cantidad de 1.85 g por kilogramo de emulsión.

La tabla 23 resume todos los datos obtenidos totalizados a un 100%

Tabla 23:

Formulación de emulsión

Componente	Porcentaje
Solución oxidante	93.26%
Nitrato de amonio	80.29%
Agua	12.48%
Tiourea	0.15%
Ácido acético	0.34%
Solución combustible	6.74%
Petróleo Diesel	5.54%
Emulsificante	1.20%

La formulación de la emulsión incluyó un ajuste en la cantidad de agua, puesto que es el agente que disuelve los componentes de la solución oxidante y no interfiere con las velocidades de gasificación y/o contenido energético de la emulsión.

En comparación a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede mencionar a la patente P 0 775 681 A1, que presenta formulaciones de emulsión con contenido de nitrato entre 73.9% y 73.55%, agua entre 11.46% y 18.32%, ácido acético entre 0.28% a 0.39 %, tiourea para todas las formulaciones de 0.14%, diésel 5.32% y emulsificante entre 1.85% y 2.28 % Se puede observar una diferencia en el contenido de nitrato de amonio, la cual está directamente relacionada a la cantidad de energía que se requiera alcanzar. Por otra parte, en lo que respecta a los aditivos

tiourea y ácido acético, los resultados concuerdan; destacando que la reducción de tiourea es compensada con un incremento de ácido acético.

La cantidad de emulsificante determinada en la presente investigación difiere con lo reportado en la patente en mención, probablemente debido a factores tales como: marca, tipo de emulsificante, y la viscosidad que se requiera alcanzar.

En el mercado existen muchas marcas y tipos de emulsificante con su respectiva recomendación de uso.

4.5. Características físico-químicas de la emulsión.

Con la formulación propuesta en la sección 4.4 se procedió a preparar la emulsión en laboratorio, bajo las siguientes condiciones: agitación a 3000 rpm por un periodo de 1 minuto. La emulsión preparada se dejó reposar por un día antes de determinar las características las cuales se muestran en la tabla 24.

Tabla 24:

Características de emulsión explosiva gasificable formulada.

	Parámetro	Unidad	Valor
Emulsión	Temperatura	°C	20
	Densidad	g/cm ³	1.33
	Viscosidad	cP	32500
	Temp. Gasificación	Minutos	15
Solución Oxidante	Temperatura	°C	85
	Densidad	g/cm ³	1.355
	pH	-	3.75
Solución combustible	Temperatura	°C	25
	Densidad	g/cm ³	0.841

La emulsión se analizó a temperatura ambiente de 20°C como se muestra en la figura 12, a esta temperatura presentó una densidad de 1.33 g/cm³, que se muestra en la figura 13 valor que

está en el rango de una emulsión estándar, sin necesidad de usar otras sales oxidantes diferentes al nitrato de amonio.

Figura 12:

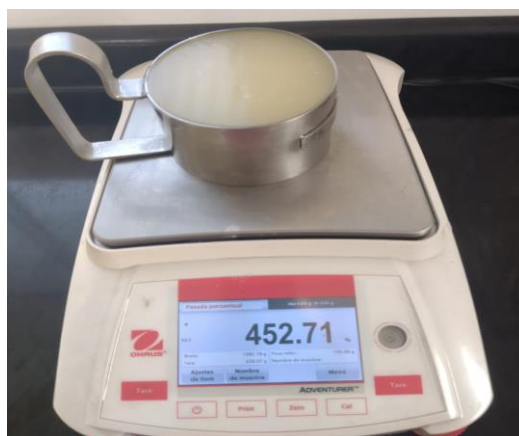
Toma de temperatura de la emulsión



La figura 12 muestra la toma de temperatura a la emulsión preparada en laboratorio.

Figura 13:

Control de densidad de la emulsión



En la figura 13, ejemplifica el proceso de toma de densidad de emulsión matriz en un picnómetro calibrado en 500 cm³, sobre una balanza que indica el peso en gramos; teniendo una

densidad de emulsión matriz formada fue de 1.33 g/cm^3 la cual al mezclarse con el agente gasificante esta densidad redujo hasta una densidad final de 1.15 g/cm^3 .

Figura 14:

Medición de la viscosidad



En lo referente a la viscosidad, la emulsión presenta una viscosidad de 32500 cP como se puede observar la figura 14, que permite un fácil bombeo en los procesos de trasvasije.

El tiempo de gasificación obtenido fue de 15 minutos, que es promedio del tiempo exigido por los usuarios del producto y de acuerdo al tipo de operación (subterráneo o superficial).

Es importante indicar que la gasificación debe transcurrir dentro del taladro de voladura.

La solución oxidante resultante presentó una densidad de 1.355 g/cm^3 a una temperatura de 85°C , la cual está relacionada a la concentración de sales. Dicha temperatura cumple con las condiciones de estar por encima de la temperatura de cristalización (65°C) y por debajo de la temperatura de descomposición de las sales (169°C para nitrato de amonio); así como los equipos presentaron buena resistencia en la etapa de producción y preparación a 85°C .

CONCLUSIONES

Se logró desarrollar la emulsión explosiva gasificable en industrias Cachimayo para uso en minería superficial.

La emulsión explosiva gasificable presenta la siguiente formulación: nitrato de amonio 80.29%, agua 12.48% tiourea 0.15% ácido acético 0.34%, petróleo Diesel 5.54 % y emulsificante 1.20%.

Se determinó que la cantidad de nitrato de sodio requerida para lograr reducir la densidad de la emulsión hasta 1.15 g/cm^3 es de 1.85 g de solución de nitrato de sodio al 20% por kilogramo de emulsión.

En los ensayos realizados se concluyó que el ácido acético es el componente que tiene mayor efecto en el tiempo de gasificación, una variación de 0.3% a 0.5% de ácido acético disminuye el tiempo, en 14.33 min en promedio, con respecto a la tiourea un incremento de 0.1 a 0.2 % el tiempo disminuye solo en 5 min.

Se logró determinar que la cantidad de tiourea y ácido acético requerido para poder lograr un tiempo de gasificación de 15 min es de 0.34% de ácido acético y 0.15% de tiourea.

La emulsión formulada antes de ser gasificada presenta las siguientes propiedades: densidad a 20°C , 1.33 g/cm^3 , viscosidad 32500 cP y tiempo de gasificación de 15 min, cumpliendo con lo requerido para una emulsión estándar.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar el proceso de gasificación química y la relación de la densidad final con la altura geográfica, puesto que la presión ambiental influye en la dosificación del agente gasificante.
- Para el cálculo de la energía es importante tomar en consideración las reglas de jerarquía, especialmente para formación de monóxido de carbono y dióxido de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- Acaro, T. (2020). *Evaluación técnica del uso de la emulsión gasificada para la optimización del proceso de voladura de rocas en la mina Santa Clotilde 7 - Chogoyape*. Chiclayo: Universidad César Vallejo.
- Alcoccer, E., & Salas, J. (2020). *Propuesta del uso de emulsión gasificada en el carguío de taladros para reducir los costos en voladuras en una mina a tajo abierto con depósitos tipo Skarn, Arequipa 2020*. Arequipa: Universidad Continental. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10239/1/IV_FIN_110_TE_Alcoccer_Salas_2020.pdf
- Berto, A. (2019). Análisis del uso de emulsión gasificable SANG-G APU, para optimizar la fragmentación de voladuras primarias- Campania minera Antamina S.A – Huaraz. *Semanticscholar*.
- Calvo, A. M. (2019). *Evaluación de estabilidad fisicoquímica de dos tipos de explosivos en emulsión fabricados por Indumil Colombia*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Emulsión gasificada bombeable y su impacto en la productividad - Mina Huaron - Pan American Silver S.A.
- Challa Gutierrez, D. (2014). *Alternativa de Variación de Heavy ANFO a Emulsión Gasificada para mejorar los Costos, Parámetros Técnicos y Medio Ambientales de Voladura en mina Cuajone Southern*. Arequipa, Perú.
- Challa, D. Y. (2014). *Alterativa de Variación de Heavy ANFO a Emulsión. Alternativa de Variación de Heavy ANFO a Emulsión*. Arequipa, Perú.
- Erode, G. M. (2013). *AmmoniummcNitrate Explosives for Civil Applications*. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- FAMESA. (2020). *Emulsión EMULNOR*. Obtenido de <http://www.famesa.com.pe/wp-content/uploads/2016/11/MS-GC-023-ES-EMULNOR.pdf>
- Google Maps. (2022). *Localización Industrias Cachimayo*. Recuperado el 26 de Febrero de 2022, de <https://www.google.com/maps/place/SA+Industrias+Cachimayo/@-13.4778097,-72.0738447,739m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0xc85a819667581743!8m2!3d-13.4775536!4d-72.0705288?hl=en-US>
- INDUMIL. (2022). *Características de las emulsiones*. Recuperado el 25 de Febrero de 2022, de <https://www.indumil.gov.co/product-category/explosivos-y-accesorios-de-voladuras/>

- Industrias Cachimayo S.A. (2018). *Empresa productora de nitrato de amonio*. Obtenido de <https://www.yura.com.pe/wp-content/uploads/2018/09/brochure-cachimayo.pdf>
- Lina, L. S. (2003). Evaluación de la energía de los explosivos mediante modelos termodinámicos de detonación. Madrid.
- Llacma, O. (2017). *Evaluación técnico económica con el uso de emulsión gasificado en voladura Mina Cuajone*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2988/MIIIIlo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, J. (2021). Empleo de la emulsión gasificable Sang Apu para minimizar costos de voladura en minera La Zanja S.R.L.
- Lu, M., & Liu, Q. (2008). A novel mathematical model of formulation design of emulsion explosive. *Journal of the Iranian Chemical Research*, 33-40.
- Mahadevan, E. G. (2013). *Amonia Nitrate Explosives for Civil Application*. British Library Cataloguing in Publication, Weinheim. Germany.
- Maslo, K. (2019). *Mezcla explosiva granulada bombeable a granel*. WIPO. Obtenido de <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2019059785>
- Mishra, A. R. (2017). Influencia del agente gasificante y la densidad en la velocidad de detonación de explosivos en emulsión a granel. *Geotech Geol Eng* , 89-94.
- Monografía. (s.f.). *Explosivos - Tipos y propiedad*. Recuperado el 25 de febrero de 2022, de <https://www.monografias.com/trabajos83/explosivos-tipos-y-propiedades/explosivos-tipos-y-propiedades>
- Muñoz, J. (2017). *Guía de buenas prácticas en el diseño y ejecución de voladuras en banco*. España: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Obtenido de https://energia.gob.es/mineria/Explosivos/Guias/Guia_buenas_practicas_diseno_ejecucion_voladuras_banco.pdf
- Muñoz, M. E. (2020). *Emulsión gasificada bombeable y su impacto en la productividad - Mina Huaron - Pan American Silver S.A*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Naciones Unidas. (2011). *Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas*. Nueva York y Ginebra.
- Pernia, J. M., Lopez, C., Ortiz, F. P., & Carlos. (1987). *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Puma, A. (2020). Mejora de proceso de emulsión gasificable en unidad minera .

- REPSOL. (2024). *Repsol*. (Repsol) Obtenido de Repsol:
<https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/diferencias-gasolina-diesel/>
- Rubén, R. F. (2009). *Manual técnico para el uso de explosivos utilizados en voladuras a cielo abierto en vías terrestres*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2165/1/Maestr%C3%ADa%20V.%20T.%2037%20-%20Romero%20Naranjo%20Francisco%20Rub%C3%A9n.pdf>
- Susianto, M. P. (2001). *Influence of the pH on the Interactions between Nitrite and Sulfite Ions. Kinetic of the Reaction at pH 4 and 5*. Université Henri Poincaré Nancy, Faculté des Sciences.
- Vilela, W. (2014). *Análisis de factibilidad para el uso de anfo pesado a base de emulsión gasificable en Minera Yanacocha*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5950/VILELA_WILSON_ANALISIS_DE_FACTIBILIDAD_PARA_EL_USO_DE_ANFO_PESADO.pdf?sequence=1

Apéndice 1: *Tablas de Primera, segunda y tercera prueba*

Prueba 1		Prueba 2		Prueba 3	
A. Acético	0.3	A. Acético	0.3	A. Acético	0.3
Tiourea	0.1	Tiourea	0.15	Tiourea	0.2
Tiempo	Densidad	Tiempo	Densidad	Tiempo	Densidad
0	1.32	0	1.34	0	1.32
1	1.32	1		1	1.31
2	1.31	2		2	1.30
3	1.30	3	1.30	3	1.29
4	1.29	4	1.29	4	1.27
5	1.27	5	1.27	5	1.26
6	1.26	6	1.26	6	1.24
7	1.25	7	1.25	7	1.23
8	1.24	8	1.24	8	1.22
9	1.23	9	1.23	9	1.21
10	1.22	10	1.22	10	1.20
11	1.21	11	1.21	11	1.19
12	1.21	12	1.20	12	1.18
13	1.20	13	1.19	13	1.17
14	1.19	14	1.19	14	1.16
15	1.19	15	1.18	15	1.16
16	1.18	16	1.17	16	1.15
17	1.17	17	1.16	17	1.14
18	1.16	18	1.16	18	1.13
19	1.16	19	1.15	19	1.13
20	1.16	20	1.15	20	1.12
21	1.15	21	1.14	21	1.12
22	1.15	22	1.14	22	1.11
23	1.14	23	1.13	23	1.11
24	1.13	24	1.13	24	1.10
25	1.13	25	1.12	25	1.10
26	1.12	26	1.12	26	1.09
27	1.12	27	1.11	27	1.09
28	1.12	28	1.11	28	1.08
29	1.11	29	1.10	29	1.08
30	1.11	30	1.10	30	1.08
31	1.10	31	1.10	31	1.07
32	1.10	32	1.09	32	1.06
33	1.10	33	1.09	33	1.06
34	1.09	34	1.09	34	1.06
35	1.09	35	1.08	35	1.05
36	1.09	36	1.08	36	1.05
37	1.08	37	1.08	37	1.05
38	1.08	38	1.07	38	1.05

39	1.08	39	1.07	39	1.04
40	1.08	40	1.07	40	1.04
41	1.07	41	1.07	41	1.04
42	1.07	42	1.06	42	1.04
43	1.07	43	1.06	43	1.03
44	1.07	44	1.06	44	1.03
45	1.06	45	1.06	45	1.03
46	1.06	46	1.06	46	1.03
47	1.06	47	1.05	47	1.03
48	1.06	48	1.05	48	1.02
49	1.05	49	1.05	49	1.02
50	1.05	50	1.05	50	1.02
51	1.05	51	1.05	51	1.02
52	1.05	52	1.04	52	1.01
53	1.05	53	1.04	53	1.01
54	1.04	54	1.04	54	1.01
55	1.04	55	1.04	55	1.01
56	1.04	56	1.04	56	1.01
57	1.04	57	1.03	57	1.01
58	1.04	58	1.03	58	1.01
59	1.04	59	1.03	59	1.01
60	1.04	60	1.03	60	0.00
61	1.03			61	0.00
62	1.03			62	0.00

Apéndice 2: Tablas de cuarta, quinta y sexta prueba.

Prueba 4		Prueba 5		Prueba 6	
A. Acético	0.4	A. Acético	0.4	A. Acético	0.4
Tiourea	0.1	Tiourea	0.15	Tiourea	0.2
Tiempo	Densidad	Tiempo	Densidad	Tiempo	Densidad
0	1.32	0	1.31	0	1.30
1	1.29	1	1.28	1	1.27
2	1.26	2	1.26	2	1.25
3	1.25	3	1.24	3	1.22
4	1.23	4	1.22	4	1.20
5	1.22	5	1.20	5	1.18
6	1.20	6	1.19	6	1.17
7	1.19	7	1.17	7	1.15
8	1.18	8	1.16	8	1.14
9	1.17	9	1.15	9	1.13
10	1.16	10	1.14	10	1.12
11	1.16	11	1.13	11	1.11
12	1.15	12	1.12	12	1.10
13	1.14	13	1.12	13	1.09
14	1.13	14	1.11	14	1.09
15	1.12	15	1.10	15	1.08
16	1.12	16	1.10	16	1.07
17	1.12	17	1.09	17	1.07
18	1.11	18	1.09	18	1.06
19	1.11	19	1.08	19	1.06
20	1.11	20	1.08	20	1.05
21	1.10	21	1.07	21	1.05
22	1.10	22	1.07	22	1.04
23	1.10	23	1.07	23	1.04
24	1.09	24	1.06	24	1.04
25	1.09	25	1.06	25	1.03
26	1.09	26	1.06	26	1.03
27	1.08	27	1.06	27	1.03
28	1.08	28	1.05	28	1.02
29	1.08	29	1.05	29	1.02
30	1.08	30	1.05	30	1.02
31	1.07	31	1.05	31	1.02
32	1.07	32	1.04	32	1.01
33	1.07	33	1.04	33	1.01
34	1.07	34	1.04	34	1.01
35	1.07	35	1.04	35	1.01
36	1.07	36	1.04	36	1.01

37	1.07	37	1.04	37	1.01
38	1.06	38	1.03	38	1.00
39	1.06	39	1.03	39	1.00
40	1.06	40	1.03	40	1.00
41	1.06	41	1.03	41	1.00
42	1.06	42	1.03	42	1.00
43	1.06	43	1.03	43	1.00
44	1.05	44	1.03	44	1.00
45	1.05	45	1.03	45	1.00
46	1.05	46	1.02	46	1.00
47	1.05	47	1.02	47	0.99
48	1.05	48	1.02	48	0.99
49	1.05	49	1.02	49	0.99
50	1.05	50	1.02	50	0.99
51	1.05	51	1.02	51	0.99
52	1.05	52	1.02	52	0.99
53	1.05	53	1.02	53	0.99
54	1.05	54	1.02	54	0.99
55	1.05	55	1.02	55	0.99
56	1.04	56	1.02	56	0.99
57	1.04	57	1.01	57	0.98
58	1.04	58	1.01	58	0.98
59	1.04	59	1.01	59	0.98
60	1.04	60	1.01	60	0.98

Apéndice 3: *Tablas de séptima, octava y novena prueba.*

Prueba 7		Prueba 8		Prueba 9	
A. Acético	0.5	A. Acético	0.5	A. Acético	0.5
Tiourea	0.1	Tiourea	0.15	Tiourea	0.2
Tiempo	Densidad	Tiempo	Densidad	Tiempo	Densidad
0	1.32	0	1.30	0	1.30
1	1.29	1	1.27	1	1.23
2	1.26	2	1.22	2	1.17
3	1.22	3	1.18	3	1.13
4	1.19	4	1.15	4	1.09
5	1.16	5	1.13	5	1.07
6	1.14	6	1.11	6	1.06
7	1.12	7	1.09	7	1.05
8	1.10	8	1.08	8	1.04
9	1.09	9	1.07	9	1.04
10	1.08	10	1.06	10	1.03
11	1.07	11	1.06	11	1.03
12	1.06	12	1.05	12	1.03
13	1.06	13	1.05	13	1.03
14	1.05	14	1.04	14	1.03
15	1.05	15	1.04	15	1.02
16	1.05	16	1.04	16	1.02
17	1.04	17	1.04	17	1.02
18	1.04	18	1.03	18	1.02
19	1.04	19	1.03	19	1.02
20	1.03	20	1.03	20	1.02
21	1.03	21	1.03	21	1.02
22	1.03	22	1.03	22	1.02
23	1.03	23	1.03		
24	1.03	24	1.03		
25	1.03	25	1.03		
26	1.03	26	1.03		
27	1.02	27	1.03		
28	1.02	28	1.02		
29	1.02	29	1.02		
30	1.02	30	1.02		
		31	1.02		

Apéndice 4: Variación de densidad y temperatura de solución oxidante.

Temperatura (°C)	Densidad (g/cm ³)
92	1.351
91	1.351
90	1.352
89	1.353
88	1.354
87	1.355
86	1.356
85	1.357
84	1.357
83	1.358
82	1.358
81	1.360
80	1.361
79	1.361
78	1.362

Apéndice 5: Parámetros físico-químicos de materias para emulsiones explosivas.

No.	Empirical formula	Ingredient	MW (g/mole)	ΔH_f (kJ/mole)	OB (%)
1	N ₂ O ₃ H ₄	AN	80	353.46	+ 20
2	O ₃ NNa	NA	85	462.27	+47.1
3	H ₂ O	water	18	—	—
4	C ₂₄ H ₄₄ O ₆	Span-80	428	—	239
5	C ₁₈ H ₃₆	Wax	254	558.03	- 346
6	C ₁₂ H ₂₆	mineral oil	170	392.88	-346

Nota: Obtenido de (Lu & Liu, 2008)

Apéndice 6: Coeficiente del estadístico de Shapiro – wilk.

Coeficientes del estadístico de Shapiro-Wilk

Se tabulan los valores de las constantes $a_{j,n}$, $j = 1, 2, \dots, [n/2]$, $n = 2, 3, \dots$

j	n									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	—	0'7071	0'7071	0'6872	0'6646	0'6431	0'6233	0'6052	0'5888	0'5739
2	—	—	0'0000	0'1677	0'2413	0'2806	0'3031	0'3164	0'3244	0'3291
3	—	—	—	—	0'0000	0'0875	0'1401	0'1743	0'1976	0'2141
4	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0561	0'0947	0'1224
5	—	—	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0399

j	n									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0'5601	0'5475	0'5359	0'5251	0'5150	0'5056	0'4968	0'4886	0'4808	0'4734
2	0'3315	0'3325	0'3325	0'3318	0'3306	0'3290	0'3273	0'3253	0'3232	0'3211
3	0'2260	0'2347	0'2412	0'2495	0'2495	0'2521	0'2540	0'2553	0'2561	0'2565
4	0'1429	0'1586	0'1707	0'1802	0'1878	0'1988	0'1988	0'2027	0'2059	0'2085
5	0'0695	0'0922	0'1099	0'1240	0'1353	0'1447	0'1524	0'1587	0'1641	0'1686
6	0'0000	0'0303	0'0539	0'0727	0'0880	0'1005	0'1109	0'1197	0'1271	0'1334
7	—	—	0'0000	0'0240	0'0433	0'0593	0'0725	0'0837	0'0932	0'1013
8	—	—	—	—	0'0000	0'0196	0'0359	0'0496	0'0612	0'0711
9	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0163	0'0303	0'0422
10	—	—	—	—	—	—	—	—	0'0000	0'0140

Nota: Obtenido de (Jaime Serret Moreno-Gil · 1995)

Apéndice 7: Distribución estadística de Shapiro – wilk.

Distribución del estadístico de Shapiro-Wilk (w) para el contraste de normalidad.

Se tabulan los valores w_α tales que $P(w > w_\alpha) = \alpha$.

n	α								
	0'01	0'02	0'05	0'1	0'5	0'9	0'95	0'98	0'99
3	0'753	0'756	0'767	0'789	0'959	0'998	0'999	1'000	1'000
4	0'687	0'707	0'748	0'792	0'935	0'987	0'992	0'996	0'997
5	0'686	0'715	0'762	0'806	0'927	0'979	0'986	0'991	0'993
6	0'713	0'743	0'788	0'826	0'927	0'974	0'981	0'986	0'989
7	0'730	0'760	0'803	0'838	0'928	0'972	0'979	0'985	0'988
8	0'749	0'778	0'818	0'851	0'932	0'972	0'978	0'984	0'987
9	0'764	0'791	0'829	0'859	0'935	0'972	0'978	0'984	0'986
10	0'781	0'806	0'842	0'869	0'938	0'972	0'978	0'983	0'986

Nota: Obtenido de (Jaime Serret Moreno-Gil · 1995)

**PROPIEDADES TERMODINÁMICAS DE DIVERSAS SUSTANCIAS A 298.15 K
(continuación)[‡]**

Fórmula	Nombre	<i>M</i> (g/mol)	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S_f° (J/mol K)	$C_{p,m}^\circ$ (J/mol K)
Cadmio						
Cd _(s, γ)	cadmio	112.40	0	0	51.76	25.98
Cd _(g)	cadmio	112.40	112.01	77.41	167.75	20.79
CdO _(s)	óxido de cadmio	128.40	-258.20	-228.40	54.80	43.43
CdCO ₃ _(s)	carbonato de cadmio	172.41	-750.60	-669.40	92.50	
Calcio						
Ca _(s)	calcio	40.08	0	0	41.59	25.31
Ca _(g)	calcio	40.08	178.20	144.30	154.88	20.78
CaCO ₃ _(s, calcita)	carbonato de calcio	100.09	-1206.90	-1128.80	88.70	81.88
CaCO ₃ _(s, aragonita)	carbonato de calcio	100.09	-1207.10	-1127.80	68.87	67.03
CaCl ₂ _(s)	cloruro de calcio	110.99	-795.80	-748.1	104.62	72.84
CaF ₂ _(s)	fluoruro de calcio	78.08	-1219.60	-1167.3	68.87	67.03
CaBr ₂ _(s)	bromuro de calcio	199.90	-682.80	-663.60	130.00	
CaC ₂ _(s)	carburo de calcio	64.10	-60.00	-65.00	70.00	62.70
Ca(OH) ₂ _(s)	hidróxido de calcio	74.09	-986.20	-898.50	83.40	87.50
CaSO ₄ _(s)	sulfato de calcio	136.14	-1434.00	-1321.80	106.70	
Carbono						
C _(s, grafito)	carbono (grafito)	12.01	0	0	5.69	8.64
C _(s, diamante)	carbono (diamante)	12.01	1.897	2.90	2.37	6.12
C _(g)	carbono	12.01	716.68	671.26	158.10	20.83
C ₂ _(g)	carbono	24.02	831.90	775.89	199.42	43.21
HCN _(l)	cianuro de hidrógeno	27.03	108.87	124.97	112.84	70.63
HCN _(g)	cianuro de hidrógeno	27.03	135.10	124.70	201.78	35.86
CO _(g)	monóxido de carbono	28.01	-110.50	-137.16	197.66	29.16
CO ₂ _(g)	dióxido de carbono	44.01	-393.51	-394.35	213.78	37.11
CO ₂ _(ac)	dióxido de carbono	44.01	-413.80	-385.98	117.60	
H ₂ CO ₃ _(ac)	ácido carbónico	62.03	-699.65	-623.08	187.4	
CS _(g)	sulfuro de carbono	44.07	234.30	184.09	210.45	29.79

CCl_4 (g)	tetraclorometano	153.82	-106.70	-64.00	309.40	
CHCl_3 (g)	cloroformo	119.37	-102.93	-70.12	295.52	65.40
CH_2Cl_2 (g)	diclorometano	84.93	-95.40	-68.87	270.33	50.88
CH_3Cl (g)	cloruro de metilo	50.48	-81.96	-58.45	234.18	40.75
CH_3SH (g)	metanotiol	48.10	-22.97	-9.92	255.06	50.25
CH_2O (g)	formaldehído	30.02	-115.90	-109.90	218.95	35.40
$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ (l)	acetato de etilo	88.10	-480.57	-332.70	259.40	113.64
CH_3COOH (l)	ácido acético	60.05	-483.52	-390.20	158.00	124.26
CH_3OH (l)	metanol	32.04	-238.40	-166.80	127.19	81.17
CH_3OH (g)	metanol	32.04	-200.66	-161.96	239.81	43.89
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (l)	etanol	46.06	-277.00	-174.20	159.86	111.96
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (g)	etanol	46.06	-235.10	-168.49	282.70	65.44
CH_3CHO (g)	acetaldehído	44.05	-166.19	-128.86	250.30	57.30
C_2H_6 (g)	etano	30.06	-83.80	-32.80	229.10	52.47
C_2H_4 (g)	etileno	28.05	52.30	68.24	219.20	42.84

Hidrógeno						
H_2 (g)	hidrógeno	2.016	0	0	130.68	28.82
H (g)	hidrógeno	1.008	217.97	203.25	114.71	20.78
H_2O (l)	agua	18.01	-285.83	-237.13	69.91	75.29
H_2O (g)	agua	18.01	-241.82	-228.57	188.83	33.58
H_2O_2 (l)	peróxido de hidrógeno	34.01	-187.78	-120.35	109.60	89.10
H_2O_2 (g)	peróxido de hidrógeno	34.01	-136.10	-105.48	232.90	33.57

Nitrógeno						
N_2 (g)	nitrógeno	28.01	0	0	191.61	29.12
N (g)	nitrógeno	14.00	472.70	455.56	153.30	20.78
NO (g)	óxido nítrico	30.01	90.25	86.55	210.76	29.84
N_2O (g)	óxido nitroso	44.01	82.05	104.20	219.85	38.45
NO_2 (g)	dióxido de nitrógeno	46.01	33.18	51.31	240.06	37.20
N_2O_3 (g)	trióxido de dinitrógeno	76.01	83.70	139.40	312.20	65.60
N_2O_4 (g)	tetróxido de dinitrógeno	92.02	9.16	97.89	304.29	77.28
N_2O_5 (g)	pentóxido de dinitrógeno	108.01	11.30	115.10	355.70	84.50
N_2O_5 (s)	pentóxido de dinitrógeno	108.01	-43.10	113.90	178.20	143.10
NOCl (g)	cloruro de nitrosilo	65.45	52.60	66.30	264.00	44.69
HNO_3 (l)	ácido nítrico	63.01	-174.10	-80.71	155.60	109.87
HNO_3 (g)	ácido nítrico	63.01	-134.30	-73.94	266.40	
NH_3 (g)	amoníaco	63.01	-46.11	-16.45	192.45	35.06
NH_3 (ac)	amoníaco	17.03	-80.29	-26.50	111.30	
HN_3 (l)	azida de hidrógeno	43.03	264.00	327.30	140.60	43.68
HN_3 (g)	azida de hidrógeno	43.03	294.10	328.10	238.97	98.87
N_2H_4 (l)	hidrazina	32.05	50.63	149.43	121.21	139.30
NH_4NO_3 (s)	nitrato de amonio	80.04	-365.56	-183.87	151.08	84.10
NH_4Cl (s)	cloruro de amonio	53.49	-314.43	-202.87	94.60	

Nota: Obtenido de (David M. Himmelblau · 1997)

Anexo 1: Hoja MSDS de nitrato de amonio ACROM RUSO

**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE
LOS MATERIALES**

1. Identificación del producto químico/productor o proveedor	
1.1 Identificación del producto químico	
1.1.1 Nombre técnico:	Nitrato de amonio, grado B (en adelante – fertilizante a base de nitrato de amonio) (1)
1.1.2. Recomendaciones breves sobre el uso: (incluyendo restricciones del uso)	Nitrato de amonio se utiliza para el uso en la producción agrícola como un fertilizante mineral. (1)
1.2. Datos sobre productor o proveedor	
1.2.1 Denominación oficial completa de la empresa:	Sociedad Anónima Pública (S.A.P.) “Acron”
1.2.2 Dirección (postal):	173012, Federación de Rusia, Veliki Nóvgorod
1.2.3 Teléfono, incluyendo casos de la emergencia, los límites de tiempo	Teléfono del Secretario del Director Ejecutivo de “Acron”: (8162) 996558 de 9:00 a 17:00 horas. Teléfono para consultas 24 horas: (8162) 996254 Teléfono y dirección para llamadas de emergencia en caso de intoxicación: 129090, Moscú, Plaza Bolshaya Sujarevskaya, 3, edificio 7. Institución estatal federal «Centro toxicológico científico-práctico de la Agencia Médico-Biológica Federal de Rusia», (24 horas), teléfono: (495) 628-16-87, 621-68-85. (2)
1.2.4 Fax:	(8162) 731940, (8162) 996663
1.2.5 E-mail:	root@acron.natm.ru
2. Identificación de peligro(s)	
2.1. Identificación general de peligro del producto químico: (Datos de clasificación de peligros de acuerdo con la ley de la Federación de Rusia (GOST 12.1.007) y SGA (GHS) (después de la aprobación))	Clase de peligro 3, un producto medianamente peligroso para la salud humana de acuerdo con GOST 12.1.007. (3).

2.2 Detalles del etiquetado bajo GOST 31340:				
2.2.1. Palabras de advertencia:				
Atención				
2.2.2. Símbolos de peligro:				
Símbolos de peligro que aparecen en las etiquetas de los productos peligrosos: Sustancias comburentes (llama sobre el círculo), Peligro engeneral (signo de exclamación)				
2.2.3. Indicaciones de peligro:				
H272: Oxidante; Puede intensificar la combustión.H303: Puede ser nocivo en caso de ingestión. H315: Causa irritación cutánea. H319: Causa irritación ocular grave. (7)				
3. Composición (información sobre los ingredientes)				
3.1. Información general sobre el producto				
3.1.1 Nombre químico (IUPAC)				
Nitrato de amonio. (8)				
3.1.2 Fórmula química				
NH ₄ NO ₃ (8)				
3.1.3 Características generales de la composición: (basado en la selección de grados, con indicación de impurezas y aditivos funcionales que influyen el grado de peligro del producto; método de producción).				
Producto granulado sin impurezas mecánicas ajenas, que contiene nitrógeno en forma de amoniacal y nítrica. En la producción se utilizan aditivos acondicionadores a base de alquilaminas y aceite mineral. Se produce a partir de amoníaco, ácido nítrico y soluciones del nitrato de amonio que se forman durante la producción de fertilizantes compuestos gracias a la conversión del nitrato de calcio al carbonato de calcio. (1,9, 10) Grado B (1)				
3.2. Componentes: (nombre, número de CAS y número de CE(si hay), fracción de masa, concentración límite en la zona de trabajo (MPC) o nivel seguro referencial del impacto de zona de trabajo (SRLS), clase de peligro, referencias a fuentes de datos)				
Componentes (nombre)	Fracción de masa, %	Concentración límite en la zona de trabajo (CMA), mg/m ³	Clase de peligro	No. CAS
Nitrato de amonio	>98	No establecida	No clasificado	6484-52-2

Nitrato de magnesio	1,1-1,9	No establecida	No clasificado	10377-60-3

4. Primeros auxilios

4.1. Síntomas observados:

4.1.1. Intoxicación por medio de inhalación (en caso de aspiración):	Ahuguío (dificultad para respirar). (8)
4.1.2. Contacto con piel:	Ardor. (11)
4.1.3. Contacto con ojos:	Escozor, enrojecimiento. (12)
4.1.4 Intoxicación por la vía oral (en caso de ingestión):	Náuseas, pérdida de conciencia, cianosis, vómitos, dolores de corazón, urinación y defecaciones espontáneas. (8)

4.2. Medidas de primeros auxilios

4.2.1 En caso de inhalación:	Aire fresco, descanso, calor. Té o café fuertes. Conseguir atención médica si fuera necesario. (8)
4.2.2 Contacto con piel:	En caso de contacto con la piel, lavar con el agua corriente inmediatamente. Conseguir atención médica si fuera necesario. (8)
4.2.3 Contacto con ojos:	En caso de contacto con ojos, lavar cuidadosamente con el agua durante varios minutos. Quitar los lentes de contacto, si los lleva y resulta fácil hacerlo. Continuar lavando los ojos. Conseguir atención médica si fuera necesario. (7, 8)
4.2.4 Ingestión:	Tomar abundante agua y carbón activado, sulfato de sodio (1 cucharadasopera por 0,25 vaso de agua). Conseguir atención médica si fuera necesario. (8)
4.2.5 Contraindicaciones:	No hay datos. (10)
4.2.6 Equipo de primeros auxilios (botiquín):	Botiquines con medicinas y utensilios indispensables, incluyendo carbónactivado, etc., para prestar los primeros auxilios a los trabajadores, que deben estar disponibles en lugares de manejo del nitrato de amonio. (13, 14)

5. Medidas y medios de seguridad contra incendios y explosions

5.1. Características generales de peligrosde inflamabilidad y explosividad:	Nitrato de amonio es un oxidante, sustancia explosiva e inflamable. Elcalentamiento y la detonación pueden causar descomposición con explosión. Nitrato de amonio es explosivo cuando se exponga a golpesfuertes (1, 8, 15, 16)
---	---

5.2. Índices de peligros de inflamabilidad y explosividad (nomenclatura de índices según GOST 12.1.044 y GOST-R 51330.0)	Temperatura de inflamación espontánea – 350°C. Límite inferior de concentración para propagación del fuego – 175g/m ³ . Nitrato de amonio se descompone a 210°C – 235°C. Nitrato de amonio explota después del calentamiento hasta 300°C. (8)
5.3. Peligros causados por productos de combustión y/o descomposición térmica	La descomposición térmica es posible con liberación de óxidos tóxicos de nitrógeno y amonio. (8)
5.4. Medios recomendados para la extinción del fuego:	Incendio causado por descomposición del nitrato de amonio debe ser extinguido con las cantidades grandes del agua. (1, 15, 17) Intentar conseguir despresurización máxima del espacio (habitación, vagón etc.) (1, 17)
5.5. Medios prohibidos para la extinción del fuego:	Está prohibido utilizar otros medios para la extinción del fuego no indicados en el punto 5.4.
5.6. Equipo personal de protección para la extinción del fuego: (equipo personal de protección para bomberos)	Traje protector contra fuego con equipo de respiración autónomo y máscara facial completa SPI-20. (16).
5.7 Indicaciones especiales para la lucha contra los incendios:	Entrar en la zona del incendio con traje protector contra fuego y con equipo de respiración. Extinguir el fuego con el agua a la distancia máxima posible, no acercándose mucho al producto ardiente. El producto empaquetado que se encuentra cerca de la zona de incendio debe ser regado con el agua a la distancia máxima posible para que se enfríen los contenedores, para evitar la descomposición del producto e inflamación de empaque inflamable. (16, 10)
6. Medidas de prevención y eliminación de accidentes y emergencias y sus consecuencias	
6.1. Precauciones personales y para la protección del medio ambiente, de los edificios y las construcciones etc. en caso de emergencia	
6.1.1. Medidas generales necesarias:	Aislar al menos 800 metros alrededor del área peligrosa y corregir esa distancia según valoración de la seguridad química. Evacuar a terceras personas. Entrar en la zona con medios de protección. Observar las medidas de seguridad contra incendios, no fumar, eliminar fuente de llamas o chispas. Mantenerse contra el viento. Prestar primeros auxilios a los heridos. (16)

6.1.2. Equipos de protección personal: (personal y unidades de emergencia)	Para reconocimiento químico y jefe de operaciones – equipo de respiración portátil PDU-3 (durante 20 minutos). Para unidades de emergencia – traje protector aislante KIJ-5 con máscara antigas aislante IP-4M. En caso de inflamación – traje protector contra fuego con equipo de respiración autónomo y máscara facial completa SPI-20. En caso de ausencia de estos modelos indicados: traje protector militar L-1 o L-2 con máscara antigas industrial con cartucho filtro AF, máscara antigas industrial de tamaño pequeño PFM -1, guantes de dispersión de goma butílica, calzado especial para la protección contra petróleo y sus derivados. En caso de derramamiento – concentraciones pequeñas en el aire (si la concentración máxima admisible (CMA) está excedida en 100 veces y más) – ropa especial, equipo autónomo de protección individual con alimentación forzada del aire purificado a la zona de respiración, con cartuchos filtro PZU, PZ-2, mascarilla de respiración filtrante “FORT- P”, mascarilla universal de respiración “Snezjok-KU-M”. (16)
6.2. Medidas para liquidación de situaciones de emergencia	
6.2.1. Medidas en caso de fuga, vertido, derramamiento: (incluyendo medidas de protección del medio ambiente)	Si se ha comprometido la integridad del paquete, reenvasar el producto para seguir utilizándolo. Si el producto derramado perdió las propiedades físicas, químicas y de consumo, recuperar los residuos y colocarlos en un contenedor para eliminación de acuerdo con las leyes y regulaciones nacionales, regionales y locales vigentes. (13)
6.2.2. Acciones en caso de incendio:	Entrar en la zona del incendio con traje protector contra fuego y con equipo de respiración. Extinguir el fuego rociando agua a la distancia máxima posible, no acercándose mucho al producto en llamas. El producto empaquetado que se encuentra cerca de la zona de incendio debe ser regado con agua a la distancia máxima posible para que se enfríen los contenedores, para evitar la descomposición del producto e inflamación de empaque inflamable. Evacuar a las personas tomando en cuenta la dirección de movimiento de los productos tóxicos de combustión. (16, 10)
7. Reglas de almacenamiento y manipulación de los productos químicos	
7.1. Precauciones para una manipulación segura de los productos químicos	

7.1.1. Medidas de seguridad y equipo colectivo de protección:	Salas de producción en las que trabajan con nitrato de amonio deben serequipadas con ventilación afluente y por aspiración.
7.1.2. Medidas de protección del medio ambiente:	Evitar los vertidos del producto al medioambiente. Utilizar embalajes herméticos para equipos de producción y contenedores de transporte.
7.1.3. Recomendaciones de manipulación y transportación segura:	El nitrato de amonio se transporta con todos los medios de transporte excepto el aéreo, en conformidad con las reglas de transporte de las cargas peligrosas, vigentes para cierto tipo de transporte. El nitrato de amonio en sacos y contenedores flexibles se transporta en vagones tolva. El nitrato de amonio se transporta en plataformas utilizando los contenedores metálicos especializados, y en vagones abiertos utilizando contenedores flexibles desechables especializados.
	El nitrato de amonio de grado B a granel se transporta en vagones tolva especializados para el transporte de los fertilizantes minerales, con la carrocería de acero aleado o de acero al carbón y de baja aleación con la funda anticorrosiva y químicamente estable interior. (1, 29) El nitrato de amonio envasado en los contenedores de distribución se transporta por carretera en los camiones cubiertos. El producto envasado en contenedores metálicos o flexibles desechables especializados puede ser transportado en los camiones abiertos. Transportación por la vía marítima del producto es posible en los buques cerrados o en la cubierta, debidamente envuelto y fijado. La temperatura del nitrato de amonio antes de ser empaquetado no debe exceder 50°C. (1) Antes de cargar el nitrato de amonio, el suelo y las paredes del vagónu otros medios de transporte deben ser cuidadosamente limpiados de restos de las cargas anteriores. (17) Está prohibido utilizar los medios de transporte anteriormente empleados para la transportación de clorhidrato de cal, pirita, nitrito de sodio, ácidos, metales en polvo (especialmente zinc). (1,17) Carga peligrosa de clase 5.
7.2. Reglas de almacenamiento de los productos químicos:	

7.2.1. Términos y condiciones de almacenamiento seguro: (incluyendo periodo de conservación, fecha de caducidad, productos no compatibles etc.)	Nitrato de amonio en envase de PE o PP se almacena en depósitos cerrados, secos y limpios que protegen el producto de la humidificación. Nitrato de amonio transportado a granel se almacena en depósitos con temperatura controlada (no más de 30 °C) y humedad de aire (no más de 50%). Se permite almacenar el nitrato de amonio en envase de PE o PP en espacios abiertos durante un (1) mes después de la producción, con la condición de eliminación de la exposición a las precipitaciones atmosféricas, rayos directos del sol. Los envases de abajo deben alojarse sobre palés y/o tarima. (1,10) Nitrato de amonio se almacena y se transporta de modo separado de otras sustancias y materiales. El plazo de almacenaje bajo garantía – 6 meses después de la fecha de producción. Período de conservación: 24 meses a partir de la fecha de producción. (1) La fecha de caducidad es ilimitada. (10)
7.2.2. Materiales recomendados para embalaje y empaquetaje:	Polietileno, polipropileno. (1)
7.3. Medidas de seguridad y reglas de almacenamiento en caso del uso doméstico:	No para el uso doméstico. (2)
8. Controles de exposición y protección personal	
8.1. Parámetros de la zona de trabajo sujetos al control obligatorio (concentración límite en la zona de trabajo(MPC) o nivel seguro referencial del impacto de zona de trabajo (SRLS)):	La CMA en la zona de trabajo para el nitrato de amonio no está establecida. (6) La CMA en la zona de trabajo recomendada para el nitrato de amonio – 10 mg/m³. (1,3)
8.2. Medidas que aseguran el contenido de las sustancias nocivas dentro de los límites de las concentraciones admisibles:	Salas de producción y laboratorios en los que trabajan con nitrato de amonio deben ser equipados con ventilación afuente y por aspiración que mantiene el estado del medio aéreo conforme a las normas. Utilizar los sistemas equipados con los dispositivos para la reducción de formación del polvo. (1, 18)
8.3. Equipos de protección personal (EPP):	
8.3.1. Recomendaciones generales:	No se permite el trabajo con el producto a las personas que no han pasado el examen médico o tienen algunas contraindicaciones médicas y desconocen las reglas de manipulación segura del nitrato de amonio. ¡Está prohibido comer, beber y fumar durante el trabajo! Lavarse bien las manos y la cara después de manipulación del producto. Utilizar el equipo personal de protección para proteger los ojos, las manos y la piel, depende del tipo de los trabajos realizados. (13, 19, 20)

8.3.2. Protección respiratoria (tipos de EPP respiratoria):	Si la CMA en la zona de trabajo está excedida, se debe utilizar un equipo de protección respiratoria contra polvo del nitrato de amonio. EPP respiratoria son mascarilla antiaerosol, mascarilla o antifaz con filtros recambiables, respiradores. (19, 20)
8.3.3. Ropa de protección (material, tipo):	Traje de algodón; botas de cuero, botas altas de cuero y/o goma o PVC; guantes de goma o guantes de punto con capa punteada, o hechos de los materiales poliméricos y/o manoplas combinadas, gafas de protección. (19,20)
8.3.4. EPP en caso del uso doméstico:	No para el uso doméstico. (2)
9. Propiedades físicas y químicas	
9.1 Apariencia: (estado físico, color)	Gránulos de color blanco o levemente colorado. (1)
9.2. Parámetros que caracterizan las propiedades principales de los productos químicos, ante todo, las peligrosas: (indicadores de temperatura, pH, solubilidad, coeficiente de partición octanol/agua, etc.)	Punto de fusión: 170°C A la temperatura 210 – 235°C, el nitrato de amonio se decompone sin llegar al punto de ebullición. Densidad – 1,72 g/cm ³ . El producto es soluble en metanol, etanol, piridina, amoníaco acuoso, acetona, álcalis. Insoluble en grasas. Solubilidad en agua a los 20°C – 1183000 mg/l; a los 80°C – 6000000 mg/l; Insoluble en grasas. (8)
10. Estabilidad y reactividad	
10.1. Estabilidad química: (indicar productos de descomposición, si el producto no es estable)	Nitrato de amonio es estable a condición de que se observen las reglas de almacenamiento y manipulación segura.
10.2. Reactividad:	Oxidante. Reacciona con los ácidos y los álcalis, los materiales inflamables. Se descompone al ser calentado. (1, 8)
10.3. Condiciones que deben evitarse: (incluyendo las manifestaciones peligrosas en contacto con sustancias y materiales incompatibles)	Fuentes de ignición, temperaturas altas, contacto con las sustancias inflamables (aceite, carbono, serrines), los ácidos y otras sustancias (cloruros, cobre) pueden causar la descomposición térmica. (1, 8, 17)
11. Información toxicológica	

11.1. Características generales de exposición: (evaluación del grado de peligro (toxicidad) de la exposición para la salud)	Nitrato de amonio pertenece a la clase de peligro 3, una sustancia medianamente peligrosa, conforme a la exposición del organismo según GOST 12.1.007. (3) Formador de metahemoglobina. (8) Conforme al Reglamento (CE) 1272/2008 (CLP) el nitrato de amonio se clasifica como un irritante ocular, categoría 2. (4, 5) La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia Americana de Protección Ambiental (EPA) han incluido la sustancia en la lista de posibles interruptores del sistema endocrino. (8)
11.2. Rutas de exposición:	Inhalación, contacto con la piel y los ojos, ingestión. (8)
11.3. Órganos, tejidos y sistemas afectados del ser humano:	Sistema nervioso central (SNC), tracto gastrointestinal, hígado, vías respiratorias superiores, sangre, piel, ojos. Formador de metahemoglobina. (8)
11.4. Información sobre los efectos toxicológicos para salud humana en caso del contacto directo con la sustancia, y sobre las consecuencias de estas exposiciones: (irritación de vías respiratorias superiores, ojos, piel, incluyendo efecto de resorción de piel; sensibilización)	No hay datos confiables. Conforme a la ficha informativa de las sustancias químicas y biológicas potencialmente peligrosas, el nitrato de amonio causa irritación de los ojos y la piel, produce un efecto sensibilizante, no produce un efecto de resorción de piel. (8) Según el Reglamento (CE) 1272/2008 (CLP) el nitrato de amonio es un irritante ocular, categoría 2. (4, 5)
11.5. Información sobre los efectos peligrosos de la exposición a largo plazo para salud humana: (efectos sobre la fertilidad, carcinogénesis, acumulatividad, etc.)	No hay datos confiables. Conforme a la ficha informativa de las sustancias químicas y biológicas potencialmente peligrosas, el nitrato de amonio tiene una acción gonadotrófica. Las acciones teratogénicas y mutagénicas no están determinadas. Los efectos embriotrópicos y cancerígenos no están estudiados. Formador de metahemoglobina. (8)
11.6. Toxicidad aguda: (DL ₅₀ , dosis letal, vía de exposición (ingestión, piel), especies; CL ₅₀ , concentración letal, tiempo de la exposición (h), especies)	DL ₅₀ = 2217 – 4820 mg/kg, ingestión, ratas. DL ₅₀ > 7940 mg/kg, piel, conejos. CL ₅₀ > 88800 mg/m ³ , tiempo de la exposición – 4 horas, ratas. (8)
12. Información ecológica	

12.1. Características generales de la exposición ambiental: (aire atmosférico, estanques, suelo)		Nitrato de amonio puede contaminar el medio ambiente en caso de infracción de las reglas de manipulación segura. En casos de la sobredosis puede acumularse en el suelo provocando un efecto adverso ala calidad de productos agrícolas. A la concentración de 10 mg/l no afecta el régimen sanitario del agua. 2 mg/l – no causa alteración de los procesos bioquímicos en caso delimpacto de larga duración. (8) Conforme a la clasificación del riesgo para el ambiente acuático (WGK,la ley alemana), el producto pertenece a la clase 1 (una sustancia poco peligrosa para el agua). (21)		
12.2. Rutas de exposición ambiental:		Puede provocar consecuencias negativas para los objetos del medio ambiente si no se observan las reglas de manipulación, almacenamiento, transportación y uso, también como resultado de averías y situaciones de emergencia.		
12.3. Las características más importantes de la exposición ambiental:				
12.3.1. Normas sanitarias: (concentraciones admisibles en aire atmosférico, agua, incluyendo estanques pesqueros, suelo)				
Componentes	CMA en el aire atmosférico (CMA _{a.atm.}) o nivel seguro referencial del impacto (SRLS _{a.atm.}), mg/m ³ (ILN ² , clase de peligro)	CMA en agua (CMA _{agua}) ³ o nivel aproximadamente aceptable (NAA _{agua}), mg/l, (ILN, clase de peligro)	Concentración límite en agua (CMA _{agua}) ⁴ o nivel seguro referencial del impacto (SRLS _{agua}), mg/l (ILN, clase de peligro)	CMA o nivel aproxima-damente aceptable (NAA _{suelo}), mg/kg (ILN)
Nitrato de amonio	CMA media diaria - 0,3 mg/m ³ , ILN - res., clase de peligro -4	Ion amonio: CMA (basado en nitrógeno) - 1,5 mg/l, ILN - org., olor, clase de peligro - 4 Nitratos (NO ⁻ ₃): MPC -45 mg/l, ILN – san.-tox., clase de peligro -3	Ion amonio: CMA – 0,5 mg/dm ³ , (comonitrógeno -0,4); para los estanques marinos- 2,9 mg/dm ³ a los 13-34 %. ILN – tox., clase de peligro - 4. Nitratos (NO ⁻ ₃): CMA - 40 mg/dm ³ (comonitrógeno -9), ILN - tox.; clase de peligro - 4.	Nitratos (NO ⁻ ₃): CMA - 130,0 mg/kg ILN- migratorio acuático

12.3.2. Parámetros de ecotoxicidad: (CL, EC para peces, daphnia magna, algas etc.)	$EC_{min} = 800$ mg/l, tiempo de la exposición 3,9 horas, <i>Centrarchus macropterus</i> . $EC_{min} = 191$ mg/l, tiempo de la exposición 72 horas, guppy (<i>Poecilia reticulata</i>). $CL_{50} = 74$ mg/l, tiempo de la exposición 48 horas, carpa (<i>Cyprinus carpio</i>). $EC_{50} = 555$ mg/l, Daphnia Magna. $EC_{50} = 83$ mg/l, algas verdes. (8).
12.3.3. Migración y transformación en el medio ambiente causadas por biodegradación y otros procesos (oxidación, hidrólisis etc.):	Se transforma en el medio ambiente. Los productos de la transformación: óxidos de nitrógeno, amoníaco. (8)
13. Recomendaciones de eliminación de residuos (restos)	
13.1. Medidas de seguridad en el tratamiento de residuos generados durante uso, almacenamiento, transportación etc.	Las medidas de seguridad son iguales que en caso de manipulación del producto principal.
13.2. Información sobre lugares y métodos de neutralización, disposición final o eliminación de los residuos de la sustancia (material) incluyendo contenedores (empaquete):	En caso de cambio de propiedades físico-químicas y las de consumo del producto, si el contiene otras sustancias y materiales, el producto está sujeto a la disposición final según las normas o leyes vigentes. (13) Los contenedores usados están sujetos al entierro de los desechos.
13.3. Recomendaciones de eliminación de residuos generados durante el uso doméstico del producto:	No para el uso doméstico. (2)
14. Información sobre el transporte	
14.1. Número de la ONU: (conforme a las recomendaciones del transporte de cargas peligrosas de la ONU (Reglamentos Modelo), última edición)	ONU 2067
14.2. Denominación apropiada de expedición y/o transportación:	FERTILIZANTE A BASE DE NITRATO DE AMONIO.
14.3. Tipos de medios aplicables de transporte:	Vagones tolva especializados o universales, vagones abiertos, vehículos abiertos y cubiertos. (1, 29)
14.4. Clasificación de cargas peligrosas: (conforme a GOST 19433)	– clase 5, subclase 5.1, dibujo 5, código de clasificación 5113. (1, 27)
14.5. Clasificación de cargas peligrosas: (conforme a las recomendaciones del transporte de cargas peligrosas de la ONU)	– clase 5, subclase 5.1. (26)

14.6. Etiquetado de transporte: (símbolos de manipulación; inscripciones principales, suplementarias e informativas)	Símbolo de manipulación «Proteger del calor (luz de sol)» y «Proteger de la humedad» (1) Símbolo de peligro № 5.1 (26, 29, 31) 5.1 Sustancias oxidantes 
14.7. Tarjetas de emergencia: (transporte por ferrocarril, transporte marítimo etc.)	En caso del transporte por carretera – la tarjeta de emergencia se adjunta a la hoja de ruta. (28) Transporte por ferrocarril – tarjeta de emergencia 509. (16, 29) Transporte marítimo – tarjeta de emergencia 5 – 1. (30)
15. Información reglamentaria (nacional e internacional)	
15.1. Legislación nacional	
15.1.1. Leyes de la Federación de Rusia:	“Sobre la regulación técnica”, “Sobre la protección del medio ambiente”, decretos locales.
15.1.2. Documentos que reglamentan los requerimientos de protección de la salud y del medio ambiente (certificados, certificados higiénicos etc.)	- certificado del registro estatal del producto químico agrícola, - declaración de conformidad No. POCC RU АЯ46Д. 70302 dd. 24.09.14. - recomendaciones de transportación, uso y almacenamiento seguro del producto químico agrícola.
15.2 Legislación internacional (si el producto está regulado por el Protocolo de Montreal, el Convenio de Estocolmo etc.)	

5.2.2. Etiquetado de precaución
vigente en los países de la UE:
(símbolos de peligro, frases de
peligro y seguridad etc.)

Etiquetado conforme al Reglamento (CE) 1272/2008

(CLP): Palabra de advertencia: **¡Atención!**

Pictogramas de peligro:



GHS03

GHS07

Indicaciones de peligro:

H272, H319

Indicaciones de medidas de precaución:

H272: P210; P220; P221; P280; P370+P378;

P501. H319: P264; P280;

P305+P351+P338; P337+P313

Etiquetado conforme a la Directiva 67/548/EEC:



O: Oxidante Xi Irritante (ocular)

R8, R36

S2; S17; S25; S26; S46

16. Otra información

16.1. Información de revisión
de FDS (reedición):

FDS se revisa debido a una nueva revisión de
GOST. Valido del 28.11.2014 al 28.11.2019.

Anexo 2: Hoja MSDS de petróleo biodisel DB5

ExxonMobil

Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 1 of 14

SAFETY DATA SHEET

SECTION 1 PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT

Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Product Description: Petroleum Hydrocarbons

Product Code: 708959-00

Intended Use: Refinery process stream

COMPANY IDENTIFICATION

Supplier: EXXONMOBIL OIL CORPORATION
22777 Springwoods Village Parkway
Spring, TX 77389 USA

24 Hour Health Emergency

Transportation Emergency Phone

Product Technical Information

MSDS Internet Address

609-737-4411

800-424-9300 or 703-527-3887 CHEMTREC

800-662-4525

www.exxon.com, www.mobil.com

SECTION 2 HAZARDS IDENTIFICATION

This material is hazardous according to regulatory guidelines (see (M)SDS Section 15).

CLASSIFICATION:

Flammable liquid: Category 4.

Acute inhalation toxicant: Category 4. Skin irritation: Category 2. Carcinogen: Category 2. Specific target organ toxicant (repeated exposure): Category 2. Aspiration toxicant: Category 1.

LABEL:

Pictogram:



Signal Word: Danger

Hazard Statements:

H227: Combustible liquid. H304: May be fatal if swallowed and enters airways. H315: Causes skin irritation.

H332: Harmful if inhaled. H351: Suspected of causing cancer. H373: May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure. Bone marrow, Liver, Thymus

Precautionary Statements:

P201: Obtain special instructions before use. P202: Do not handle until all safety precautions have been read and



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 2 of 14

understood. P210: Keep away from flames and hot surfaces. -- No smoking. P260: Do not breathe mist / vapours. P264: Wash skin thoroughly after handling. P271: Use only outdoors or in a well-ventilated area. P273: Avoid release to the environment. P280: Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection. P301 + P310: IF SWALLOWED: Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician. P302 + P352: IF ON SKIN: Wash with plenty of soap and water. P304 + P340: IF INHALED: Remove person to fresh air and keep comfortable for breathing. P308 + P313: IF exposed or concerned: Get medical advice/ attention. P312: Call a POISON CENTER or doctor/physician if you feel unwell. P331: Do NOT induce vomiting. P332 + P313: If skin irritation occurs: Get medical advice/ attention. P362 + P364: Take off contaminated clothing and wash it before reuse. P370 + P378: In case of fire: Use water fog, foam, dry chemical or carbon dioxide (CO2) to extinguish. P391: Collect spillage. P403 + P235: Store in a well-ventilated place. Keep cool. P405: Store locked up. P501: Dispose of contents and container in accordance with local regulations.

Contains: FUELS, DIESEL; LIGHT HYDROCRACKED DISTILLATE (PETROLEUM)

Other hazard information:

HAZARD NOT OTHERWISE CLASSIFIED (HNOC): None as defined under 29 CFR 1910.1200.

PHYSICAL / CHEMICAL HAZARDS

Material can accumulate static charges which may cause an ignition. Material can release vapors that readily form flammable mixtures. Vapor accumulation could flash and/or explode if ignited. Combustible.

HEALTH HAZARDS

High-pressure injection under skin may cause serious damage. Under conditions of poor personal hygiene and prolonged repeated contact, some polycyclic aromatic compounds (PACs) have been suspected as a cause of skin cancer in humans. Hydrogen sulfide, a highly toxic gas, may be present. Signs and symptoms of overexposure to hydrogen sulfide include respiratory and eye irritation, dizziness, nausea, coughing, a sensation of dryness and pain in the nose, and loss of consciousness. Odor does not provide a reliable indicator of the presence of hazardous levels in the atmosphere. May be irritating to the eyes, nose, throat, and lungs.

ENVIRONMENTAL HAZARDS

Expected to be toxic to aquatic organisms. May cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

NFPA Hazard ID:	Health: 2	Flammability: 2	Reactivity: 0
HMIS Hazard ID:	Health: 2*	Flammability: 2	Reactivity: 0

NOTE: This material should not be used for any other purpose than the intended use in Section 1 without expert advice. Health studies have shown that chemical exposure may cause potential human health risks which may vary from person to person.

SECTION 3 COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

This material is defined as a complex substance. This SDS covers materials that have different CAS#. The composition is 100% of one of the CAS# in the Reportable Hazardous Substance(s) or Complex Substance(s) table.

Hazardous Substance(s) or Complex Substance(s) required for disclosure

Name	CAS#	GHS Hazard Codes
------	------	------------------



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 3 of 14

		Concentration*	
FUELS, DIESEL	68334-30-5	100%	H227, H304, H332, H351, H315, H373, H401, H411
LIGHT HYDROCRACKED DISTILLATE (PETROLEUM)	64741-77-1	100%	H304, H332, H351, H315, H373, H401, H411

Hazardous Constituent(s) Contained in Complex Substance(s) required for disclosure

Name	CAS#	Concentration*	GHS Hazard Codes
NAPHTHALENE	91-20-3	> 0.1 %	H228(2), H302, H351, H400(M factor 1), H410(M factor 1)

* All concentrations are percent by weight unless material is a gas. Gas concentrations are in percent by volume.

As per paragraph (i) of 29 CFR 1910.1200, formulation is considered a trade secret and specific chemical identity and exact percentage (concentration) of composition may have been withheld. Specific chemical identity and exact percentage composition will be provided to health professionals, employees, or designated representatives in accordance with applicable provisions of paragraph (i).

SECTION 4 FIRST AID MEASURES

INHALATION

Immediately remove from further exposure. Get immediate medical assistance. For those providing assistance, avoid exposure to yourself or others. Use adequate respiratory protection. Give supplemental oxygen, if available. If breathing has stopped, assist ventilation with a mechanical device.

SKIN CONTACT

Remove contaminated clothing. Dry wipe exposed skin and cleanse with waterless hand cleaner and follow by washing thoroughly with soap and water. For those providing assistance, avoid further skin contact to yourself or others. Wear impervious gloves. Launder contaminated clothing separately before reuse. Discard contaminated articles that cannot be laundered. If product is injected into or under the skin, or into any part of the body, regardless of the appearance of the wound or its size, the individual should be evaluated immediately by a physician as a surgical emergency. Even though initial symptoms from high pressure injection may be minimal or absent, early surgical treatment within the first few hours may significantly reduce the ultimate extent of injury.

EYE CONTACT

Flush thoroughly with water. If irritation occurs, get medical assistance.

INGESTION

Seek immediate medical attention. Do not induce vomiting.

NOTE TO PHYSICIAN

If ingested, material may be aspirated into the lungs and cause chemical pneumonitis. Treat appropriately.

PRE-EXISTING MEDICAL CONDITIONS WHICH MAY BE AGGRAVATED BY EXPOSURE

Contains hydrocarbon solvent/petroleum hydrocarbons; skin contact may aggravate an existing dermatitis.

SECTION 5 FIRE FIGHTING MEASURES

EXTINGUISHING MEDIA



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 4 of 14

Appropriate Extinguishing Media: Use water fog, foam, dry chemical or carbon dioxide (CO₂) to extinguish flames.

Inappropriate Extinguishing Media: Straight Streams of Water

FIRE FIGHTING

Fire Fighting Instructions: Evacuate area. Prevent runoff from fire control or dilution from entering streams, sewers, or drinking water supply. Firefighters should use standard protective equipment and in enclosed spaces, self-contained breathing apparatus (SCBA). Use water spray to cool fire exposed surfaces and to protect personnel.

Unusual Fire Hazards: Combustible. Hazardous material. Firefighters should consider protective equipment indicated in Section 8.

Hazardous Combustion Products: Aldehydes, Hydrogen sulfide, Incomplete combustion products, Oxides of carbon, Smoke, Fume, Sulfur oxides

FLAMMABILITY PROPERTIES

Flash Point [Method]: >63°C (145°F) - <93°C (199°F) [ASTM D-93]

Flammable Limits (Approximate volume % in air): LEL: 0.6 UEL: 7.0

Autoignition Temperature: >250°C (482°F)

SECTION 6	ACCIDENTAL RELEASE MEASURES
------------------	------------------------------------

NOTIFICATION PROCEDURES

In the event of a spill or accidental release, notify relevant authorities in accordance with all applicable regulations. US regulations require reporting releases of this material to the environment which exceed the applicable reportable quantity or oil spills which could reach any waterway including intermittent dry creeks. The National Response Center can be reached at (800)424-8802.

PROTECTIVE MEASURES

Avoid contact with spilled material. Warn or evacuate occupants in surrounding and downwind areas if required due to toxicity or flammability of the material. See Section 5 for fire fighting information. See the Hazard Identification Section for Significant Hazards. See Section 4 for First Aid Advice. See Section 8 for advice on the minimum requirements for personal protective equipment. Additional protective measures may be necessary, depending on the specific circumstances and/or the expert judgment of the emergency responders.

For emergency responders: Respiratory protection: half-face or full-face respirator with filter(s) for organic vapor and, when applicable, H₂S, or Self Contained Breathing Apparatus (SCBA) can be used depending on the size of spill and potential level of exposure. If the exposure cannot be completely characterized or an oxygen deficient atmosphere is possible or anticipated, SCBA is recommended. Work gloves that are resistant to aromatic hydrocarbons are recommended. Note: gloves made of polyvinyl acetate (PVA) are not water-resistant and are not suitable for emergency use. Chemical goggles are recommended if splashes or contact with eyes is possible. Small spills: normal antistatic work clothes are usually adequate. Large spills: full body suit of chemical resistant, antistatic material is recommended.

SPILL MANAGEMENT

Land Spill: Eliminate all ignition sources (no smoking, flares, sparks or flames in immediate area). Stop leak if you can do it without risk. All equipment used when handling the product must be grounded. Do not touch or walk through spilled material. Prevent entry into waterways, sewer, basements or confined areas. A vapor



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 5 of 14

suppressing foam may be used to reduce vapors. Use clean non-sparking tools to collect absorbed material. Absorb or cover with dry earth, sand or other non-combustible material and transfer to containers. Large Spills: Water spray may reduce vapor; but may not prevent ignition in closed spaces.

Water Spill: Eliminate all ignition sources (no smoking, flares, sparks or flames in immediate area). Stop leak if you can do it without risk. Confine the spill immediately with booms. Warn other shipping. Remove from the surface by skimming or with suitable absorbents. Seek the advice of a specialist before using dispersants.

Water spill and land spill recommendations are based on the most likely spill scenario for this material; however, geographic conditions, wind, temperature, (and in the case of a water spill) wave and current direction and speed may greatly influence the appropriate action to be taken. For this reason, local experts should be consulted. Note: Local regulations may prescribe or limit action to be taken.

ENVIRONMENTAL PRECAUTIONS

Large Spills: Dike far ahead of liquid spill for later recovery and disposal. Prevent entry into waterways, sewers, basements or confined areas.

SECTION 7

HANDLING AND STORAGE

HANDLING

Avoid all personal contact. Harmful amounts of H₂S may be present. The toxic and olfactory (sense of smell) fatigue properties of hydrogen sulfide require that air monitoring alarms and respiratory protection be used where the concentration might be expected to reach a harmful level, such as in an enclosed space, heated transport vessel, or in a spill or leak situation.

Prevent small spills and leakage to avoid slip hazard. Material can accumulate static charges which may cause an electrical spark (ignition source). When the material is handled in bulk, an electrical spark could ignite any flammable vapors from liquids or residues that may be present (e.g., during switch-loading operations). Use proper bonding and/or ground procedures. However, bonding and grounds may not eliminate the hazard from static accumulation. Consult local applicable standards for guidance. Additional references include American Petroleum Institute 2003 (Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning and Stray Currents) or National Fire Protection Agency 77 (Recommended Practice on Static Electricity) or CENELEC CLC/TR 50404 (Electrostatics - Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity).

Static Accumulator: This material is a static accumulator. A liquid is typically considered a nonconductive, static accumulator if its conductivity is below 100 pS/m (100x10⁻¹² Siemens per meter) and is considered a semiconductive, static accumulator if its conductivity is below 10,000 pS/m. Whether a liquid is nonconductive or semiconductive, the precautions are the same. A number of factors, for example liquid temperature, presence of contaminants, anti-static additives and filtration can greatly influence the conductivity of a liquid.

STORAGE

The type of container used to store the material may affect static accumulation and dissipation. Keep container closed. Handle containers with care. Open slowly in order to control possible pressure release. Store in a cool, well-ventilated area. Keep away from incompatible materials. Storage containers should be grounded and bonded. Fixed storage containers, transfer containers and associated equipment should be grounded and bonded to prevent accumulation of static charge.

SECTION 8

EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 6 of 14

EXPOSURE LIMIT VALUES

Exposure limits/standards (Note: Exposure limits are not additive)

Substance Name	Form	Limit / Standard			NOTE	Source
FUELS, DIESEL	Stable Aerosol.	TWA	5 mg/m ³		Skin	ExxonMobil
FUELS, DIESEL	Vapor.	TWA	200 mg/m ³		Skin	ExxonMobil
FUELS, DIESEL [total hydrocarb, vapor&aerosol]	Inhalable fraction and vapor	TWA	100 mg/m ³		Skin	ACGIH
LIGHT HYDROCRACKED DISTILLATE (PETROLEUM)	Stable Aerosol.	TWA	5 mg/m ³		Skin	ExxonMobil
LIGHT HYDROCRACKED DISTILLATE (PETROLEUM)	Vapor.	TWA	200 mg/m ³		Skin	ExxonMobil
NAPHTHALENE		TWA	50 mg/m ³	10 ppm	N/A	OSHA Z1
NAPHTHALENE		TWA	10 ppm		Skin	ACGIH
Hydrogen sulfide		Ceiling	20 ppm		N/A	OSHA Z2
Hydrogen sulfide		Maximum concentration	50 ppm		N/A	OSHA Z2
Hydrogen sulfide		STEL	14 mg/m ³	10 ppm	N/A	ExxonMobil
Hydrogen sulfide		TWA	7 mg/m ³	5 ppm	N/A	ExxonMobil
Hydrogen sulfide		STEL	5 ppm		N/A	ACGIH
Hydrogen sulfide		TWA	1 ppm		N/A	ACGIH

NOTE: Limits/standards shown for guidance only. Follow applicable regulations.

Biological limits

Substance	Specimen	Sampling Time	Limit	Determinant	Source
NAPHTHALENE	No Biological Specimen provided	End of shift	Not Assigned	1-Naphthol, with hydrolysis + 2-Naphthol, with hydrolysis	ACGIH BELs (BELs)

ENGINEERING CONTROLS

The level of protection and types of controls necessary will vary depending upon potential exposure conditions. Control measures to consider:

Use explosion-proof ventilation equipment to stay below exposure limits.

PERSONAL PROTECTION

Personal protective equipment selections vary based on potential exposure conditions such as applications, handling practices, concentration and ventilation. Information on the selection of protective equipment for use with this material, as provided below, is based upon intended, normal usage.

Respiratory Protection: If engineering controls do not maintain airborne contaminant concentrations at a

Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93°C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 7 of 14

level which is adequate to protect worker health, an approved respirator may be appropriate. Respirator selection, use, and maintenance must be in accordance with regulatory requirements, if applicable. Types of respirators to be considered for this material include:

Positive-pressure, air-supplied respirator in areas where H₂S vapors may accumulate is recommended.

For high airborne concentrations, use an approved supplied-air respirator, operated in positive pressure mode. Supplied air respirators with an escape bottle may be appropriate when oxygen levels are inadequate, gas/vapor warning properties are poor, or if air purifying filter capacity/rating may be exceeded.

Hand Protection: Any specific glove information provided is based on published literature and glove manufacturer data. Glove suitability and breakthrough time will differ depending on the specific use conditions. Contact the glove manufacturer for specific advice on glove selection and breakthrough times for your use conditions. Inspect and replace worn or damaged gloves. The types of gloves to be considered for this material include:

Chemical resistant gloves are recommended. If contact with forearms is likely wear gauntlet style gloves.

Eye Protection: If contact is likely, safety glasses with side shields are recommended.

Skin and Body Protection: Any specific clothing information provided is based on published literature or manufacturer data. The types of clothing to be considered for this material include:

Chemical/oil resistant clothing is recommended.

Specific Hygiene Measures: Always observe good personal hygiene measures, such as washing after handling the material and before eating, drinking, and/or smoking. Routinely wash work clothing and protective equipment to remove contaminants. Discard contaminated clothing and footwear that cannot be cleaned. Practice good housekeeping.

ENVIRONMENTAL CONTROLS

Comply with applicable environmental regulations limiting discharge to air, water and soil. Protect the environment by applying appropriate control measures to prevent or limit emissions.

SECTION 9	PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES
-----------	----------------------------------

Note: Physical and chemical properties are provided for safety, health and environmental considerations only and may not fully represent product specifications. Contact the Supplier for additional information.

GENERAL INFORMATION

Physical State: Liquid
Color: Amber
Odor: Petroleum/Solvent
Odor Threshold: N/D

IMPORTANT HEALTH, SAFETY, AND ENVIRONMENTAL INFORMATION

Relative Density (at 15 °C): < 1
Flammability (Solid, Gas): N/A
Flash Point [Method]: >63°C (145°F) - <93°C (199°F) [ASTM D-93]
Flammable Limits (Approximate volume % in air): LEL: 0.6 UEL: 7.0

Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 8 of 14

Autoignition Temperature: >250°C (482°F)
Boiling Point / Range: > 100°C (212°F)
Decomposition Temperature: N/D
Vapor Density (Air = 1): N/D
Vapor Pressure: [N/D at 20 °C]
Evaporation Rate (n-butyl acetate = 1): N/D
pH: N/A
Log Pow (n-Octanol/Water Partition Coefficient): N/D
Solubility in Water: Negligible
Viscosity: <7 cSt (7 mm²/sec) at 40 °C
Oxidizing Properties: See Hazards Identification Section.

OTHER INFORMATION

Freezing Point: N/D

Melting Point: N/A

SECTION 10 STABILITY AND REACTIVITY

REACTIVITY: See sub-sections below.

STABILITY: Material is stable under normal conditions.

CONDITIONS TO AVOID: Open flames and high energy ignition sources.

MATERIALS TO AVOID: Halogens, Strong Acids, Strong bases, Strong oxidizers

HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS: Material does not decompose at ambient temperatures.

POSSIBILITY OF HAZARDOUS REACTIONS: Hazardous polymerization will not occur.

SECTION 11 TOXICOLOGICAL INFORMATION

INFORMATION ON TOXICOLOGICAL EFFECTS

Hazard Class	Conclusion / Remarks
Inhalation	
Acute Toxicity: (Rat) 4 hour(s) LC50 4100 mg/m ³ (Vapor and aerosol)	Moderately toxic. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 403
Irritation: No end point data for material.	Elevated temperatures or mechanical action may form vapors, mist, or fumes which may be irritating to the eyes, nose, throat, or lungs.
Ingestion	
Acute Toxicity (Rat): LD50 > 5000 mg/kg	Minimally Toxic. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 401
Skin	
Acute Toxicity (Rabbit): LD50 > 5000 mg/kg	Minimally Toxic. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 434
Skin Corrosion/Irritation (Rabbit): Data available.	Irritating to the skin. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 404
Eye	



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 9 of 14

Serious Eye Damage/Irritation (Rabbit): Data available.	May cause mild, short-lasting discomfort to eyes. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 405
Sensitization	
Respiratory Sensitization: No end point data for material.	Not expected to be a respiratory sensitizer.
Skin Sensitization: Data available.	Not expected to be a skin sensitizer. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 406
Aspiration: Data available.	May be fatal if swallowed and enters airways. Based on physico-chemical properties of the material.
Germ Cell Mutagenicity: Data available.	Not expected to be a germ cell mutagen. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 471 475
Carcinogenicity: Data available.	Caused cancer in laboratory animals, but the relevance to humans is uncertain. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 451
Reproductive Toxicity: Data available.	Not expected to be a reproductive toxicant. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 414
Lactation: No end point data for material.	Not expected to cause harm to breast-fed children.
Specific Target Organ Toxicity (STOT)	
Single Exposure: No end point data for material.	Not expected to cause organ damage from a single exposure.
Repeated Exposure: Data available.	Concentrated, prolonged or deliberate exposure may cause organ damage. Based on test data for structurally similar materials. Test(s) equivalent or similar to OECD Guideline 410 413

TOXICITY FOR SUBSTANCES

NAME	ACUTE TOXICITY
NAPHTHALENE	Inhalation Lethality: 4 hour(s) LC50 > 0.4 mg/l (Max attainable vapor conc.) (Rat); Oral Lethality: LD50 533 mg/kg (Mouse)

OTHER INFORMATION

For the product itself:

Target Organs Repeated Exposure: Bone marrow, Liver, Thymus

Vapor concentrations above recommended exposure levels are irritating to the eyes and the respiratory tract, may cause headaches and dizziness, are anesthetic and may have other central nervous system effects.

Small amounts of liquid aspirated into the lungs during ingestion or from vomiting may cause chemical pneumonitis or pulmonary edema.

Diesel fuel: Caused cancer in animal tests. Caused mutations in vitro. Repeated dermal exposures to high concentrations in test animals resulted in reduced litter size and litter weight, and increased fetal resorptions at maternally toxic doses. Dermal exposure to high concentrations resulted in severe skin irritation with weight loss and some mortality. Inhalation exposure to high concentrations resulted in respiratory tract irritation, lung changes/infiltration/accumulation, and reduction in lung function.

Contains:

Middle distillates with cracked stocks: Carcinogenic in animal tests. Caused mutations In vitro. Repeated dermal exposures to high concentrations in test animals resulted in reduced litter size and litter weight, and increased fetal



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 10 of 14

resorptions at maternally toxic doses. Dermal exposure to high concentrations resulted in severe skin irritation with weight loss and some mortality. Inhalation exposure to high concentrations resulted in respiratory tract irritation, lung changes/infiltration/accumulation, and reduction in lung function.

NAPHTHALENE: Exposure to high concentrations of naphthalene may cause destruction of red blood cells, anemia, and cataracts. Naphthalene caused cancer in laboratory animal studies, but the relevance of these findings to humans is uncertain.

The following ingredients are cited on the lists below:

Chemical Name	CAS Number	List Citations
LIGHT HYDROCRACKED DISTILLATE (PETROLEUM)	64741-77-1	3
NAPHTHALENE	91-20-3	5

—REGULATORY LISTS SEARCHED—

1 = NTP CARC

2 = NTP SUS

3 = IARC 1

4 = IARC 2A

5 = IARC 2B

6 = OSHA CARC

SECTION 12

ECOLOGICAL INFORMATION

The information given is based on data for the material, components of the material, or for similar materials, through the application of bridging principals.

ECOTOXICITY

Material -- Expected to be toxic to aquatic organisms. May cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

MOBILITY

More volatile component -- Highly volatile, will partition rapidly to air. Not expected to partition to sediment and wastewater solids.

Less volatile component -- Low solubility and floats and is expected to migrate from water to the land.

Expected to partition to sediment and wastewater solids.

Majority of components -- Low potential to migrate through soil.

PERSISTENCE AND DEGRADABILITY

Biodegradation:

Material -- Expected to be inherently biodegradable

Atmospheric Oxidation:

Majority of components -- Expected to degrade rapidly in air

BIOACCUMULATION POTENTIAL

Majority of components -- Has the potential to bioaccumulate, however metabolism or physical properties may reduce the bioconcentration or limit bioavailability.

SECTION 13

DISPOSAL CONSIDERATIONS

Disposal recommendations based on material as supplied. Disposal must be in accordance with current applicable



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 11 of 14

laws and regulations, and material characteristics at time of disposal.

DISPOSAL RECOMMENDATIONS

Product is suitable for burning in an enclosed controlled burner for fuel value or disposal by supervised incineration at very high temperatures to prevent formation of undesirable combustion products.

REGULATORY DISPOSAL INFORMATION

RCRA Information: The unused product, in our opinion, is not specifically listed by the EPA as a hazardous waste (40 CFR, Part 261D), nor is it formulated to contain materials which are listed as hazardous wastes. It does not exhibit the hazardous characteristics of ignitability, corrosivity or reactivity and is not formulated with contaminants as determined by the Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP). However, used product may be regulated.

Empty Container Warning Empty Container Warning (where applicable): Empty containers may contain residue and can be dangerous. Do not attempt to refill or clean containers without proper instructions. Empty drums should be completely drained and safely stored until appropriately reconditioned or disposed. Empty containers should be taken for recycling, recovery, or disposal through suitably qualified or licensed contractor and in accordance with governmental regulations. DO NOT PRESSURISE, CUT, WELD, BRAZE, SOLDER, DRILL, GRIND, OR EXPOSE SUCH CONTAINERS TO HEAT, FLAME, SPARKS, STATIC ELECTRICITY, OR OTHER SOURCES OF IGNITION. THEY MAY EXPLODE AND CAUSE INJURY OR DEATH.

SECTION 14

TRANSPORT INFORMATION

LAND (DOT)

Proper Shipping Name: GAS OIL
Hazard Class & Division: COMBUSTIBLE LIQUID
ID Number: 1202
Packing Group: III
Marine Pollutant: No
ERG Number: 128
Label(s): NONE
Transport Document Name: UN1202, GAS OIL, COMBUSTIBLE LIQUID, PG III

LAND (TDG): Not Regulated for Land Transport

SEA (IMDG)

Proper Shipping Name: ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S. (Fuels, diesel)
Hazard Class & Division: 9
EMS Number: F-A, S-F
UN Number: 3082
Packing Group: III
Marine Pollutant: Yes
Label(s): 9
Transport Document Name: UN3082, ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCE, LIQUID, N.O.S. (Fuels, diesel), 9, PG III, MARINE POLLUTANT

AIR (IATA)

Proper Shipping Name: ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCES, LIQUID, N.O.S. (Fuels,



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 12 of 14

diesel)

Hazard Class & Division: 9

UN Number: 3082

Packing Group: III

Label(s) / Mark(s): 9, EHS

Transport Document Name: UN3082, ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS SUBSTANCES, LIQUID, N.O.S. (Fuels, diesel), 9, PG III

SECTION 15 REGULATORY INFORMATION

OSHA HAZARD COMMUNICATION STANDARD: This material is considered hazardous in accordance with OSHA HazCom 2012, 29 CFR 1910.1200.

Listed or exempt from listing/notification on the following chemical inventories: AIC, DSL, IECSC, KECI, PICCS, TCSI, TSCA

SARA 302: No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302

CERCLA: This material is not subject to any special reporting under the requirements of the Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (CERCLA). Contact local authorities to determine if other reporting requirements apply.

SARA (311/312) REPORTABLE GHS HAZARD CLASSES: None.

SARA (313) TOXIC RELEASE INVENTORY:

Chemical Name	CAS Number	Typical Value
NAPHTHALENE	91-20-3	> 0.1 %

The following ingredients are cited on the lists below:

Chemical Name	CAS Number	List Citations
FUELS, DIESEL	68334-30-5	1, 18
NAPHTHALENE	91-20-3	1, 4, 10, 13, 16, 17, 18, 19

--REGULATORY LISTS SEARCHED--

1 = ACGIH ALL	6 = TSCA 5a2	11 = CA P65 REPRO	16 = MN RTK
2 = ACGIH A1	7 = TSCA 5e	12 = CA RTK	17 = NJ RTK
3 = ACGIH A2	8 = TSCA 6	13 = IL RTK	18 = PA RTK
4 = OSHA Z	9 = TSCA 12b	14 = LA RTK	19 = RI RTK
5 = TSCA 4	10 = CA P65 CARC	15 = MI 293	

Code key: CARC=Carcinogen; REPRO=Reproductive

SECTION 16 OTHER INFORMATION



Product Name: VACUUM / HYDROCRACKED GAS OIL, DISTILLATE FUELS (VISCOSITY <7 CST, FP >60 - 93C) (see Section 16 for specific products covered)

Revision Date: 10 Jan 2022

Page 13 of 14



WARNING: Cancer - www.P65Warnings.ca.gov. Cancer and Reproductive Harm - www.P65Warnings.ca.gov. Chemicals known to the State of California to cause cancer, birth defects, or other reproductive harm are created by the combustion of this product.

This warning is given to comply with California Health and Safety Code 25249.6 and does not constitute an admission or a waiver of rights.

N/D = Not determined, N/A = Not applicable

KEY TO THE H-CODES CONTAINED IN SECTION 3 OF THIS DOCUMENT (for information only):

H227: Combustible liquid; Flammable Liquid, Cat 4
H302: Harmful if swallowed; Acute Tox Oral, Cat 4
H304: May be fatal if swallowed and enters airways; Aspiration, Cat 1
H315: Causes skin irritation; Skin Corr/Irritation, Cat 2
H332: Harmful if inhaled; Acute Tox Inh, Cat 4
H351: Suspected of causing cancer; GHS Carcinogenicity, Cat 2
H373: May cause damage to organs through prolonged or repeated exposure; Target Organ, Repeated, Cat 2
H400: Very toxic to aquatic life; Acute Env Tox, Cat 1
H401: Toxic to aquatic life; Acute Env Tox, Cat 2
H410: Very toxic to aquatic life with long lasting effects; Chronic Env Tox, Cat 1
H411: Toxic to aquatic life with long lasting effects; Chronic Env Tox, Cat 2

THIS SAFETY DATA SHEET CONTAINS THE FOLLOWING REVISIONS:

Composition: Component Table information was modified.
GHS Health Symbol information was modified.
GHS Target Organ List information was added.
GHS Target Organ List information was deleted.
Section 01: Company Contact Methods information was modified.
Section 01: Company Mailing Address information was modified.
Section 05: Hazardous Combustion Products information was modified.
Section 06: Protective Measures information was modified.
Section 07: Handling and Storage - Handling information was modified.
Section 07: Handling and Storage - Storage Phrases information was modified.
Section 08: Exposure Limits Table information was modified.
Section 10: Materials to Avoid information was modified.
Section 11: Chronic Tox - Component information was modified.
Section 11: Other Health Effects information was modified.
Section 11: Target Organ Toxicity Repeat - Organ Systems information was modified.
Section 11: Tox List Cited Table information was modified.
Section 12: information was modified.
Section 14: Marine Pollutant information was modified.
Section 14: Transport Document Name information was added.
Section 15: List Citations Table information was modified.
Section 15: National Chemical Inventory Listing information was modified.
Section 15: SARA (311/312) REPORTABLE GHS HAZARD CLASSES information was added.
Section 15: SARA (311/312) REPORTABLE HAZARD CATEGORIES information was deleted.
Section 16: Materials Covered information was modified.
Section 16: Standard phrases for California Proposition 65 information was modified.

THIS MSDS COVERS THE FOLLOWING MATERIALS: BIRF: Diesel | BIRF: Diesel No. 2 | BIRF: HF1 Diesel
| BIRF: Hot Diesel | BIRF: Hot Oil | BIRF: Light Distillate | BIRF: Vacuum Gas Oil | BIRF: VGO | BMRF:

Anexo 3: Hoja MSDS de emulsificante NB2400

		HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD		 SCAVUZZO S CIA. LTDA	
1. Identificación del Producto y de la Compañía					
Nombre del material	NB2000E	EXSA. S.A RECIBIDO 06 / 09 / 2017 SIN VERIFICAR CALIDAD NI CANTIDAD			
Fecha de revisión	30-mayo-2017				
Número de versión	00				
Código del producto	NB2000E				
Fabricante/proveedor	NELSON BROTHERS, LLC 820 Shades Creek Pkwy Suite 2000 Birmingham, AL 35209 Información General: 1 205-414-2900 24 horas: CHEMTREC 1 800-424-9300				
Teléfono de urgencias	24 horas: CHEMTREC 1 800-424-9300				
2. Identificación de los Peligros					
Estado físico	Líquido.				
Apariencia	Líquido de color ámbar.				
Descripción general para emergencias	ATENCIÓN				
	Puede irritar los ojos, la piel y el sistema respiratorio.				
Estado regulatorio OSHA	Este producto se considera peligroso de acuerdo con la 29 CFR 1910.1200 (Comunicación de Riesgos).				
Efectos potenciales sobre la salud					
Vías de exposición	Contacto con los ojos, inhalación, Contacto con la piel, Ingestión.				
Ojos	El contacto puede irritar los ojos. Los síntomas y los signos pueden incluir: Enrojecimiento y malestar.				
piel	Puede causar irritación de la piel en caso de contacto prolongado. El contacto repetido puede provocar sequedad de la piel o formación de grietas.				
Inhalación	Los aerosoles irritan las vías respiratorias y pueden provocar tos y dificultades respiratorias. Puede producir irritaciones en el sistema respiratorio.				
Ingestión	La ingestión puede causar irritación gastrointestinal, náusea, vómito y diarrea.				
Órganos establecidos	Ojos, Sistema respiratorio, Piel.				
Señas y síntomas	Irritación de la nariz y garganta. Irritación de las vías respiratorias superiores.				
Efectos potenciales sobre la salud	Los componentes de este producto son peligrosos para la vida acuática. Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.				
3. Composición / Información sobre los Ingredientes					
Componentes		# CAS	El porcentaje		
PBBS altamente reactivo		67762-77-0	55-65		
Acido mineral		64742-52-5	25-35		
Aminas reactivas		N/A	5-15		
Comentarios sobre la composición	Todas las concentraciones están en porcentaje en peso a menos que el ingrediente sea un gas. Las concentraciones de gases están en porcentaje en volumen.				
4. Medidas de Primeros Auxilios					
Procedimientos de primeros auxilios					
Contacto visual	Enjuague los ojos de inmediato con abundante agua durante al menos 15 minutos. Debe haber acceso a pinzas abre-párpados. Enjuagar con agua. Conseguir atención médica inmediatamente.				
Contacto con la piel	Retire y aisle las ropas y el calzado contaminados. Lave la piel de inmediato con agua corriente durante al menos 20 minutos. Conseguir atención médica inmediatamente.				
Inhalación	De ser necesario, administre respiración artificial para apoyar las funciones vitales. Conseguir atención médica.				
Ingestión	No induzca el vómito sin la asesoría del centro de control de envenenamiento. En caso de vómito, colocar la cabeza a un nivel más bajo que el estómago para evitar que el vómito entre en los pulmones. Llame al médico o centro de control de intoxicaciones inmediatamente.				

Notas para el médico	Tratamiento sintomático. En caso de dificultad respiratoria, administre oxígeno. Mantenga a la víctima abrigada. Mantenga a la víctima bajo observación. Los síntomas pueden retrasarse.
Consejo general	En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta). Obtenga atención médica en caso de síntomas. Asegúrese de que el personal médico tenga conocimiento de los materiales involucrados y tome las precauciones adecuadas para su propia protección.

5. Medidas para Combatir Incendios

Propiedades inflamables	Inflamable según los criterios de OSHA. No combustible según los criterios de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (OSHA).
Medio para extinguir Medios de extinción adecuados	Roceada con agua. Espuma. Polvo químico seco. Dióxido de carbono (CO2).
Protección para bomberos Equipo de protección y precauciones para bomberos	Use aparato respiratorio autónomo y traje de protección completo en caso de incendio.
Equipos/instrucciones para la prevención de incendios	En caso de incendio, enfríe los depósitos con proyección de agua. Los recipientes cerrados pueden enfriarse con agua nebulizada. Mueva los recipientes del área del incendio si puede hacerlo sin riesgo. Enfríe los recipientes expuestos al fuego con agua hasta mucho después de que el fuego haya cesado.
Métodos específicos	En caso de incendio, enfríe los depósitos con proyección de agua. Los recipientes cerrados pueden enfriarse con agua nebulizada.

6. Medidas de Liberación Accidental

Precauciones personales	Las autoridades locales deben ser informadas si los derrames importantes no pueden contenerse. Asegure una ventilación apropiada. Mantenga alejadas a las personas de la zona de la fuga y en sentido opuesto al viento. No toque los recipientes dañados o el material derramado a menos que esté usando ropa protectora adecuada. Mantenga alejado al personal que no sea necesario. Evite ponerse viento abajo. Evite el contacto con la piel y la inhalación de vapores durante el desecho de los derrames. Ventilar los espacios cerrados antes de entrar. Mantenga alejado de áreas bajas. Use equipo y ropa de protección apropiados durante la limpieza.
Precauciones ambientales Métodos de contención	Impida nuevos escapes o derrames de forma segura. No contamine el agua. ELIMINE todas las fuentes de ignición (no permitir fumar, ni destellos, chispas o flamas en esta área). Forme un dique para el material derramado donde sea posible. Evite la entrada en vías acuáticas, alcantarillados, sótanos o áreas confinadas.
Métodos de limpieza	No debe liberarse en el medio ambiente. Derrames grandes: Preparar dique delante de los derrames para luego facilitar la eliminación. Usar un material no combustible como vermiculita, arena o tierra para absorber el producto y colocarlo en un recipiente para su eliminación posterior. Derrames pequeños: Limpie con material absorbente (por ejemplo tela, vellón).
Otras informaciones	Nunca regrese el producto derramado al envase original para reutilizarlo. Elimínese este material y su recipiente como residuos peligrosos. Después de recuperar el producto, enjuague el área con agua. Limpie cuidadosamente la superficie para eliminar los restos de contaminación. Limpiar en consonancia con los reglamentos aplicables.

7. Manejo y Almacenamiento

Manejo	No respire neblina o vapor. No poner este material en contacto con los ojos. No poner este material en contacto con la piel. No poner este material en contacto con la ropa. Usese solamente con la ventilación adecuada. Evitar la exposición prolongada. No comer, beber, fumar o aplicar productos cosméticos durante la manipulación de este producto. Evítase su liberación al medio ambiente. NO manejar, almacenar o abrir cerca de flama abierta, fuentes de calor o fuentes de ignición. Proteja el material de la luz solar directa. No echar jamás agua a este producto.
Almacenamiento	Guardar lejos del calor, las chispas o flamas desnudas. Almacenar en lugar bien ventilado. Almacenar en contenedores cerrados, alejados de materiales incompatibles. Manténgase fuera del alcance de los niños. Tenga cuidado durante su manipulación o almacenamiento. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

8. Controles de Exposición y Protección Personal

Valores límite de la exposición

ACGIH de EUA - Valores umbrales límite

Componentes	Cat.	Valor	Forma
Acetate mineral (64742-52-5)	TWA	5 mg/m ³	Fración inhalable.

OSHA de USA - Tabla Z-1 - Límites para los contaminantes del aire (29 CFR 1910.1000)

Componentes	Cat.	Valor	Forma
Acetate mineral (64742-52-5)	Límite de Exposición Permisible (LEP)	2000 mg/m ³	
		5 mg/m ³	Nebulosa.
		500 ppm	

Canadá. OEL regulados por Alberta. (Código de Salud y Seguridad Ocupacional, anexo 1, tabla 2)

Componentes	Cat.	Valor	Forma
Acetate mineral (64742-52-5)	STEL	10 mg/m ³	Nebulosa.
	TWA	5 mg/m ³	Nebulosa.

Canadá. OEL regulados por Ontario. (Ministerio de Asuntos Laborales - Control de Exposición de Agentes Biológicos y Químicos)

Componentes	Cat.	Valor	Forma
Acetate mineral (64742-52-5)	STEL	10 mg/m ³	Nebulosa.
	TWA	1800 mg/m ³	

Canadá. OEL regulados por Québec. (Ministerio de Asuntos Laborales - Regulación sobre la Calidad del Ambiente Laboral)

Componentes	Cat.	Valor	Forma
Acetate mineral (64742-52-5)	STEL	10 mg/m ³	Nebulosa.
	TWA	5 mg/m ³	Nebulosa.

Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-1999, Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Manejen, Transporten, Procesen o Almacenen Sustancias Químicas Capaces de Generar Contaminación en el Medio Ambiente Laboral

Componentes	Cat.	Valor	Forma
Acetate mineral (64742-52-5)	STEL	10 mg/m ³	Nebulosa.
	TWA	5 mg/m ³	Nebulosa.

Controles de Ingeniería

Asegúrese que haya una ventilación adecuada, especialmente en locales cerrados. Aísle el proceso, use ventilación mecánica local o cualquier método de ingeniería de control para mantener los niveles en el aire por debajo de los límites de exposición recomendados. Debe haber una ventilación general adecuada (típicamente 10 renovaciones del aire por hora). La frecuencia de la renovación del aire debe corresponder a las condiciones. De ser posible, use campanas extractoras, ventilación aspirada local u otras medidas técnicas para mantener los niveles de exposición por debajo de los límites de exposición recomendados. Si no se han establecido ningunos límites de exposición, el nivel de contaminantes suspendidos en el aire ha de mantenerse a un nivel aceptable. Asegúrese de que hay estaciones de lavado de ojos y duchas de emergencia cerca del lugar de trabajo.

Protección personal

Protección para ojos y rostro

Anteojos con protección anti-salpicaduras o gafas de protección. Debe usarse pantalla facial cuando se usan cantidades de esta solución mayores que 1 galón.

Protección cutánea

Gautes de nitrilo o neopreno para uso industrial rutinario. Use gautes de tres capas en caso de derrames. Use protección corporal apta para la tarea (p.e. delantal, traje tipo Tyvek).

Protección respiratoria

Use un respirador purificador de aire certificado por NIOSH/MSHA si se considerado necesario por un higienista industrial.

Consideraciones generales sobre higiene

Evite el contacto con los ojos, la piel o la ropa. Mientras se utiliza, se prohíbe comer, beber o fumar. Manténgase apartado de bebidas y alimentos. Retire y aísle las ropas y el calzado contaminados. Maneje conforme con las buenas prácticas industriales de seguridad e higiene.

9. Propiedades Físicas y Químicas

Apariencia	Líquido de color ámbar.
Color	Ámbar.
Olor	Petróleo o ligeramente dulce.
Umbral de olor	No se conoce.
Estado físico	Líquido.

Forma	Líquido.
pH	No pertinente.
Punto de fusión	No pertinente.
Punto de congelación	No se conoce.
Punto de ebullición	No se conoce.
Punto de inflamación	mayor a 93.5 °C
Tasa de evaporación	No se conoce.
Límite superior de inflamabilidad en el aire, % en volumen	No se conoce.
Límite inferior de inflamabilidad en el aire, % en volumen	No se conoce.
Presión de vapor	No se conoce.
Densidad del vapor	No se conoce.
Gravedad específica	0.92 @ 20 °C
Solubilidad (agua)	No se conoce.
Coefficiente de reparto (n-octanol/agua)	No se conoce.
Temperatura de autoignición	No se conoce.
Temperatura de descomposición	No se conoce.
Viscosidad	3500 cSt (cinemático) @ 40 °C

10. Información sobre Estabilidad Química y Reactividad

Estabilidad química	Estable.
Condiciones a evitar	Exposición a temperaturas extremas, chispas, llamas, químicos incompatibles.
Materiales incompatibles	Agentes oxidantes fuertes.
Productos de descomposición peligrosos	La descomposición térmica de este producto puede generar el monóxido de carbono y el dióxido de carbono.
Possibilidad de reacciones peligrosas	No sucederá.

11. Información toxicológica

Datos toxicológicos	Resultados de la prueba
Componentes	
Acetato mineral (64742-52-5)	Agudo Dérmico LD50 conejo: >= 5000 mg/kg Agudo Oral LD50 Rata: >= 5000 mg/kg
Efectos graves	Este producto puede irritar los ojos, la piel o la garganta contaminados.
Sensibilización	No hay datos disponibles para este producto.
Efectos crónicos	No establecido.
Carcinogenicidad	El acetato mineral usado en este producto ha sido severamente hidrotratado y por lo tanto no se considera carcinógeno.
ACGIH - Carcinógenos	
Acetato mineral (CAS 64742-52-5)	A2 Agente carcinógeno humano sospechado. A4 No clasificable como carcinógeno humano.
EE.UU. NTP Informe sobre carcinógenos: Carcinógeno conocido	
Acetato mineral (CAS 64742-52-5)	Carcinógeno conocido.
Epidemiología	No se conoce.
Mutagenicidad	Este producto no se divulga para causar efectos mutágenos en seres humanos.
Efectos neurológicos	No se han reportado efectos neurológicos en seres humanos para este producto.
Efectos en la reproducción	No se han reportado efectos reproductivos en seres humanos para este producto.
Teratogenicidad	No se han reportado efectos teratogénicos en seres humanos para este producto.

Información adicional	Este producto no está asociado con ningún efecto negativo conocido para la salud de los seres humanos.
------------------------------	--

12. Información Ecológica

Ecotoxicidad	Los componentes de este producto son peligrosos para la vida acuática. Contiene una sustancia que puede tener efectos negativos para el medio ambiente.
Efectos sobre el medio ambiente	Noctivo para los organismos acuáticos. No se puede excluir un peligro para el medio ambiente en el caso de una manipulación o eliminación no profesional.
Persistencia y degradabilidad	Se espera que se biodegrade lentamente.
Bioacumulación / Acumulación	No hay datos disponibles.
Coefficiente de reparto (n-octanol/agua)	No se conoce.
Movilidad en el medio ambiente	El producto es insoluble o ligeramente soluble en agua.

13. Consideraciones de Eliminación

Instrucciones para la eliminación	No deje que el material entre en el drenaje o en el suministro de agua. Este producto, en su estado actual, no es un residuo peligroso cuando se elimina de acuerdo con las regulaciones federales (40 CFR 261.4 (b)(4)). De acuerdo con la RCRA (Ley de Conservación y Recuperación de Recursos), es responsabilidad del usuario del producto determinar, en el momento de su eliminación, si el producto cumple los criterios de la RCRA sobre residuos peligrosos. Elimina de acuerdo con todas las regulaciones aplicables.
Desechos de residuos / producto no utilizado	Elimínese conforme a lo dispuesto en todas las reglamentaciones federales, estatales y locales.

14. Información Relativa al Transporte

DOT	No está clasificado como producto peligroso.
IATA	No está clasificado como producto peligroso.
IMDG	No está clasificado como producto peligroso.
TDG	No está clasificado como producto peligroso.

15. Información Reguladora

Reglamentos federales de EE.UU.	Este producto es calificado como "químicamente peligroso" en los términos de la OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200. Todas los compuestos están en la Lista de inventario de la EPA TSCA de los EE.UU.
TSCA Sección 12(b) Notificación de Exportación (40 CFR 707, Subapartado D)	No regulado.
CERCLA (Superfund) reportable quantity (lbs) (40 CFR 302.4)	Ninguno
Ley de Enmiendas y Reautorizaciones Superiores (Superfund) de 1986 (en inglés, SARA)	
Categorías de peligro	Peligro Inmediato: - sí Peligro Retrasado: - sí Riesgo de Ignición: - no Peligro de Presión: - no Riesgo de Reactividad: - no
Sección 302, Sustancia extremadamente peligrosa (40 CFR 355, Apéndice A)	no
Sección 311/312 (40 CFR 370)	no
La Administración de Drogas y Alimentos (FDA) (21 CFR 1308.11-15)	No controlado

Regulaciones canadienses

Estado del Sistema de Información de Materiales Peligrosos en el Lugar de Trabajo (en inglés, WHMIS)

Clasificación de la WHMIS

Etiquetado GHS



Simbología de precaución

Estado de inventario

País(es) o región

Australia

Canadá

Canadá

China

Europa

Europa

Japón

Corea

Nueva Zelanda

Filipinas

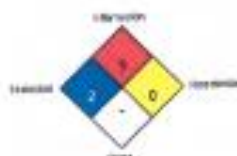
Estados Unidos y Puerto Rico

Este producto ha sido clasificado de acuerdo con los criterios de peligro del CPR y el MSDS contiene toda la información requerida por el CPR.

Controlado

D2B - Otros efectos tóxicos - TÓXICO

Cumple WHMIS 2015



Nombre de inventario

Inventario Australiano de Sustancias Químicas (en inglés, AICS)

Listado de Sustancias Domésticas (en inglés, DSL)

Lista de Sustancias No Domésticas (en inglés, NDSL)

Inventario de sustancias químicas nuevas en China (Inventory of

Existing Chemical Substances in China)

Inventario europeo de sustancias químicas comerciales

existentes (EINECS)

Lista europea de sustancias químicas notificadas (ELINCS)

Inventario de sustancias químicas nuevas y existentes

(Inventory of Existing and New Chemical Substances, ENCS)

Lista de sustancias químicas existentes (Existing Chemicals List,

ECL)

Inventario de Nueva Zelanda

Inventario Filipino de Químicos y Sustancias Químicas (en

inglés, PICCS)

Ley de Control de Sustancias Tóxicas (en inglés, TSCA)

Inventario

En existencia (sí/no)*

sí

sí

no

sí

no

no

no

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

sí

*Una respuesta "SI" indica que todos los componentes de este producto cumplen con los requisitos de los inventarios administrados por ellos país(es) gobernantes

Normativas estatales

Este producto no contiene elementos químicos de los que en el Estado de California se sepa que causen cáncer, defectos congénitos ni otros peligros para la reproducción.

EE.UU. - California Sustancias peligrosas (preparado por el director): Sustancia listada

Acetato mineral (CAS 64742-52-5) listado.

EE.UU. - Massachusetts RTK - Sustancia: Sustancia listada

Acetato mineral (CAS 64742-52-5) listado.

16. Otra información

Información adicional

HMS® es una marca registrada y marca de servicio de la Asociación Nacional Americana de Pinturas y Revestimientos (NAPCA).

categoría HMS®

Salud: 2
Inflamabilidad: 1
Factor de riesgo físico: 0

Clasificación según NFPA

Salud: 2
Inflamabilidad: 1
Inestabilidad: 0

Cláusula de exención de responsabilidad

La información de esta hoja se ha escrito de acuerdo con los conocimientos y experiencias de las que se dispone en la actualidad.

Anexo 4: Hoja MSDS de tiourea

Anhui Fitech Materials Co., Ltd.

Safety Data Sheet (Thiourea)

Fecha de publicación en virtud del Sistema Mundialmente Armonizado de las Naciones Unidas (8ª edición revisada):

19 de enero de 2022

SECTION 1: Identification

1.1. Identification

Identificación del producto: Thiourea
Otros medios de identificación: Tiosemicarbazona

1.2. Details of the supplier of the safety data sheet

Anhui Fitech Materials Co., Ltd. Dirección: 9/F, Edificio B, Base de la Industria de Innovación Huguang Road, Distrito de Shushan, Hefei, Anhui, China
Tel: +86-551-65566870
Fax: +86-551-65566870

1.3. Emergency telephone number

Teléfono de emergencia: +86-551-65566870

SECTION 2: Hazard(s) identification

2.1. Classification of the substance or mixture

Toxicidad aguda (oral) Categoría 4, Carcinogenicidad Categoría 2,
Toxicidad reproductiva Categoría 2, perjudicial para el medio ambiente
acuático—Peligros a largo plazo Categoría 2.

2.2. GHS Label elements, including precautionary statements



Palabra de señal: advertencia

Descripción del daño: deglución dañina. Sospechoso de cáncer Niños sospechosos de dañar la fertilidad o por nacer. Tóxico para los organismos acuáticos, tiene un impacto duradero.

Instrucciones de precaución:

Prevención: obtenga instrucciones especiales antes de su uso. No lo maneje hasta que lea y comprenda todas las precauciones de seguridad. Después del tratamiento para limpiar a fondo. No coma, beba agua, fume cuando use este producto. Evite ser liberado al medio ambiente. Use guantes protectores/ropa protectora/protección para los ojos/protección facial.

Respuesta: Si traga: si no se siente bien, llame al Centro de venenos/médico. Enjuague bucal

Si está expuesto o preocupado: obtenga asesoramiento/atención médica, recolecte derrames.

Almacenamiento: Guarde el bloqueo.

Procesamiento: el contenido/contenedor se procesa de acuerdo con las regulaciones nacionales.

Otros peligros que no condujeron a la clasificación: /

SECTION 3: Composition/information on Ingredients

Nombre químico	Número CAS.	Concentración%
Thiourea	62-56-6	99.04%

SECTION 4: First Aid Measures

Instrucciones necesarias de primeros auxilios:

Si inhalado:

Si se inhala, mueva a las personas al aire libre. Si no respira, respira artificialmente. Pregúntale a un doctor

Si hay contacto con la piel:

Lávate con jabón y mucha agua. Pregúntale a un doctor

Si tienes contacto visual:

Enjuague bien con abundante agua durante al menos 15 minutos y consulta a su médico.

Si tragado:

No le des nada a la persona inconsciente con la boca. Escupir Enjuague con agua Pregúntale a un doctor

Las síntomas y efectos más importantes, incluidos agudos y retrasados:

Señales que requieren tratamiento médico inmediato y tratamiento especial:

SECTION 5: Firefighting Measures

Medio de extinción de incendios adecuado:

Use agua, espuma, productos químicos secos, dióxido de carbono o arena para extinguir el fuego.

Peligros especiales planteados por productos químicos:

Combustible. Cuando se quema, puede emitir óxidos de carbono tóxicos, humo de óxido de azufre.

Protección especial contra incendios:

Use un respirador autónomo para extinguir el fuego si es necesario. Use agua para enfriar el contenedor no abierto.

SECTION 6: Accidental Release Measures

Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:

Use equipo de protección personal. Evite la formación de polvo. Evite respirar vapor, niebla o gas. Asegúrese de que haya suficiente ventilación. Evacuar personal a un área segura. Evite respirar polvo.

Medidas de protección ambiental:

Si es seguro, evite aguas flujos o derrames. No permita que el producto ingrese a la alcantarilla. Debe evitar las emisiones al medio ambiente.

Métodos y materiales de contención y limpieza:

Recoge y organice la eliminación, no produce polvo. Hacer la pala. Guarde en un recipiente cerrado adecuado para su eliminación.

SECTION 7: Handling and Storage

Nota de manejo de seguridad:

Evite tocar la piel y los ojos. Evite la formación de polvo y aerosoles. Proporcione la ventilación de escape adecuada donde se forma el polvo.

Condiciones de almacenamiento seguras, incluidas las incompatibilidades:

Almacenar en un lugar fresco. Mantenga el contenedor cerrado en un lugar seco y ventilado.

SECTION 8: Exposure Controls/Personal Protection

Parámetros de control:

Control de ingeniería apropiado:

La ventilación puede eliminar o diluir los contaminantes del aire si está diseñada adecuadamente. El sistema de ventilación debe diseñarse para que coincida con el proceso específico y los productos químicos o contaminantes en uso.

Protección personal Protección ocular/ facial:

Gafas de seguridad con protector lateral. Gafas químicas Las lentes de contacto pueden causar daños especiales; Las lentes de contacto blandas pueden absorber y enfocar los estímulos.

Protección de la piel:

Use guantes de protección química (por ejemplo), PVC Use zapatos de seguridad o botas de goma de seguridad (por ejemplo). Caucho Ropa impermeable, ropa protectora antiestática ignífuga, el tipo de equipo de protección debe basarse en la concentración y la cantidad de sustancias peligrosas en el lugar de trabajo para elegir.

Protección respiratoria:

La elección del tipo y tipo de respirador dependerá del nivel de contaminantes en el área respiratoria y la naturaleza química de los contaminantes.

Peligro térmico:

SECTION 9: Physical and Chemical Properties

Apariencia	Cristal blanco
Olor	/
Umbral de olor	/
Valor de pH	/
Punto de fusión/punto de congelación	172.2 °C
Punto de ebullición inicial y rango de ebullición	/
Punto de inflamación	/
Tasa de evaporación	/
Inflamabilidad (sólido, gas)	/
Límite superior/límite inferior de inflamabilidad o explosivo	/
Presión de vapor	/
Densidad de vapor	/
Densidad relativa	1.4 (agua = 1)
Solubilidad en agua	13.6 g/100 ml (20 grados Celsius).
Coefficiente de partición: alcohol/agua nocturna	2.5
Temperatura de combustión espontánea	/
Temperatura de descomposición	/
Viscosidad	/

SECTION 10: Stability and Reactivity

Reactividad:/
Estabilidad química:/
Posibilidad de respuesta poligrama:/
Condiciones que deben evitarse: alta temperatura, existencia de materiales incompatibles
Materiales incompatibles: oxidantes fuertes, ácidos, etc.
Productos de descomposición peligrosos: óxidos de carbono, óxidos de azufre, productos de pirólisis de otras sustancias orgánicas quemadas típicas.

SECTION 11: Toxicological Information

Información sobre posibles vías de exposición: Inhalación, deglución, piel, ojos.
Síntomas relacionados con propiedades físicas, químicas y toxicológicas:/
Efectos de salud agudos
Inhalación: la inhalación puede ser dañina. Causa irritación respiratoria
Tragar: provocar daño.
Piel: puede ser perjudicial si se absorbe a través de la piel. Causa irritación de la piel
Ojos: pueden causar irritación ocular grave.
Efectos crónicos de la salud:/
Medición numérica de la toxicidad (por ejemplo, estimación de toxicidad aguda):/

Safety Data Sheet (Thiourea)

Fecha de publicación en virtud del Sistema Internacional Armonizado de las Naciones Unidas (9ª edición revisada):

19 de enero de 2022

SECTION 12: Ecological Information

Toxicidad: tóxico para los organismos acuáticos y tiene efectos duraderos.

Persistencia y biodegradabilidad: no biodegradable.

Potencial de bioacumulación:

Fluido en el suelo:

Otros efectos adversos:

SECTION 13: Disposal Considerations

Métodos de eliminación:

El material se disuelve o se mezcla con un solvente combustible y se quema en un incinerador químico equipado con un quemador y un depurador. Los artículos restantes y no reciclables se proporcionan a las empresas con licencia.

SECTION 14: Transport Information

Número de Naciones Unidas: 3077.

Nombre oficial de transporte de las Naciones Unidas: sustancias nocivas, sólidas, no especificadas. Nivel de peligro de transporte: 9.

Categoría de embalaje (si corresponde): III

Riesgos ambientales: contaminación marina.

Nota especial del usuario:

SECTION 15: Regulatory Information

Ordenanzas:

La tabla de datos de seguridad cumple con los siguientes estándares nacionales: GB16483-2008, GB13690-2009, GB6944-2012, GB/T15098-2008, GB15218-2009, GB15258-2009, GB190-2009, GB191-2009, GB12268-2008, GHS7-1993, GHS22-2007 y las siguientes leyes y regulaciones nacionales: "Reglamento sobre la gestión del transporte de mercancías peligrosas", "Reglamento sobre la gestión de la seguridad de los productos químicos peligrosos".

SECTION 16: Transport Information

Referencia

"Ordenanza modelo sobre el transporte de mercancías peligrosas"

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos

Fecha del formulario: 19 de enero de 2022

Nota 1:

Cuando el producto contiene dos o más sustancias nocivas, se debe preparar una hoja de datos de seguridad basada en el riesgo de la mezcla.

Nota 2:

El fabricante/proveedor debe garantizar la exactitud de la información contenida en la hoja de datos de seguridad y actualizarla a tiempo.

Nota 3:

Debido a que no hay información sobre las características del producto o no hay datos disponibles (como el punto de ebullición no existe como sólido), la tabla con la identificación "/".

Anexo 5: Hoja MSDS de ácido acético


MAQUIMSA S.A.

Los Altos # 118-126 Urb. El Artesano-Ato, Lima-Perú Telfa (511)437-1173 437-0252 Fax (511)437-9797
E-mail: ventas@maquimsa.com Website: www.maquimsa.com

Fecha de revisión: 20-11-00

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Nombre comercial: Sinónimos: Fabricante/ Proveedor: Dirección: Teléfono: En caso de emergencia llamar a: 2. COMPOSICIÓN Fórmula química: N° CAS: 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Salud: Inflamabilidad: Reactividad: 0 Contacto: 4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS Tras inhalación: Tras contacto con la piel: Tras contacto con los ojos: Tras ingestión: 5. MEDIDAS CONTRA INCENDIOS Peligro de incendio y/o explosión: Medios de extinción adecuados: Instrucciones: Riesgos especiales: 6. MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES Equipos de protección: Precauciones a tomar para: Evitar daño al medio ambiente: Método de control y limpieza: 7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO Manipulación: Almacenamiento: 8. CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL Protección personal:	Ácido Acético glacial Ácido etanoico, ácido del vinagre, ácido metano carboxílico, ácido etílico. MAQUIMSA S.A. Los Altos # 118, Urb. El Artesano, Ato, 437-1173/ 437-0252/ 434-0308 Central de Bomberos de Lima: 222-0222 Incendios: 118 CH₃COOH 64-19-7 3 2 Lleve a la víctima al aire fresco. Si no respira, administrar respiración artificial. Evitar la reanimación boca a boca. Si respira, suministrar oxígeno. Buscar atención médica inmediatamente. Líquido y vapor inflamable. Por encima de 40°C produce gases inflamables. Los contenidos pueden explotar durante el fuego. Los vapores son más densos que el aire y forman mezclas explosivas con él. En contacto con oxidantes fuertes puede producir fuego y puede atacar a los metales liberando hidrógeno existiendo la posibilidad de formar mezclas explosivas con el aire. No utilizar agua a presión, en su reemplazo usar agua en forma de neblina, espuma tipo alcohol, polvo químico seco o dióxido de carbono. Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicar a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Si no hay fuga, usar en forma de neblina para refrigerar los contenedores y proteger a las personas que extinguen el fuego. Retirar los contenedores si no hay riesgo. Corrosivo. Mantener alejado de fuentes de ignición. Los vapores son más pesados que el aire, por lo que pueden desplazarse a nivel del suelo. Puede formar mezclas explosivas con el aire. En caso de incendio pueden formarse vapores de ácido acético. Llevar equipo de protección individual. Mantener alejados a las personas de la zona de fuga y en sentido opuesto al viento. Eliminar toda fuente de ignición. No inhalar los vapores ni tocar producto derramado. Prevenir la contaminación del suelo, aguas y desagües. Absorber con material inerte como arena o tierra. Recoger y depositar en contenedores con cierre hermético, cerrados, limpios, secos y marcados. Lavar con abundante agua el piso. Usar agua en forma de neblina para reducir los vapores o las neblinas de polvo. Recoger con paños no metálicos u otros elementos que no producen chispas. Evitar la formación de cargas electrostáticas. Almacenar en un lugar fresco, ventilado y seco. Temperatura ambiente. Recipientes bien cerrados. Alejado de fuentes de ignición y calor.
--	---

EXHIBITUM

Cachimayo

O 1 ABR 2022

SIN VERIFICAR

CALIDAD NI CANTIDAD



Los Alfareros # 116-126 Urb. El Artesano-Ate, Lima-Perú Telfs (511)437-1173 437-0252 Fax (511)437-9797
E-mail: ventas@maquimsa.com Website: www.maquimsa.com

Protección de los ojos y rostro:	Gafas de seguridad para químicos a prueba de polvo o salpicaduras, con lente de policarbonato y visor contra salpicaduras o protector facial.
Protección de piel:	Guantes, overol, delantal o protector de calzado según la operación que se esté realizando y las características del producto.
Protección para las manos:	Guantes 4H, caucho butilo, caucho de nitrilo o neopreno.
Protección respiratoria:	Equipo de respiración con filtro para vapores orgánicos.
Materiales resistentes:	Delantal revestido de vinilo o caucho; lentes de caucho de butilo, caucho de nitrilo.
Protección en caso de emergencia:	Equipo de respiración autónomo y ropa de protección total.
Medidas de higiene particulares:	Quitarse los ropas contaminadas. Usar ropa de trabajo adecuada. Lavarse manos y cara antes de las pausas y al finalizar el trabajo.
Controles de la exposición del medio ambiente:	Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente.
9. PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS	
Estado:	Líquido
Color:	Transparente e incoloro
Olor:	Picante
Valor pH (solución acuosa 10%):	2.4
Punto de fusión:	18.5°C
Punto de ebullición:	118°C
Punto de inflamación:	40°C
Temperatura de autoignición:	485°C
Límites de explosión (inferior/superior):	4/17 vol%
Densidad relativa del vapor (aire=1):	2.1
Presión de vapor (mbar 20°C):	15.4
Solubilidad en agua:	Soluble en agua, alcohol, glicerina y éter. Insoluble en sulfuro de carbono.
10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
Estabilidad química:	Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento. El calor y luz solar pueden contribuir a la inestabilidad. Libera calor y vapores tóxicos e irritantes cuando se mezclan con agua. El ácido oxálico se contrae ligeramente al congelarse, lo cual puede causar que el recipiente estalle.
Reactividad especial:	Ninguna.
Condiciones que deben evitarse:	Temperaturas elevadas.
Materiales que deben evitarse:	Ácidos fuertes, agua, aldehídos, alcoholes, halogenuros de halógeno, agentes oxidantes (entre otros ácido perclórico, peróxidos, halogenatos, CrO_3 , halogenados, ácido nítrico, óxidos de nitrógeno, óxidos de metales, ácido bromosulfúrico), metales. Hidratos alcalinos. Halogenuros no metálicos.
Productos de descomposición peligrosos:	En caso de incendio, vapores de ácido oxálico.
11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA	
Toxicidad aguda:	
DL ₅₀ (oral, rat):	3310mg/Kg
DL ₅₀ intravenosa (Rat):	525 mg/Kg
DL ₅₀ (oral, conejo):	1090 mg/Kg
CL ₅₀ (inhalación, rat):	5520 ppm(hora)
Ensayos en ojos (conejo):	100mg de ácido oxálico, causan pequeños efectos de irritación.
Ensayos sobre la piel:	Soluciones entre 50-100%, causan severas quemaduras en conejos de indio.
Soluciones entre el 50-80% causan moderadas quemaduras. Concentraciones inferiores al 50% producen pequeños daños. 100 mg de ácido oxálico en los ojos de un conejo causa efectos irritantes leves. No se ha clasificado como cancerígeno por ACGIH, IARC, NIOSH o OSHA. Está siendo investigado por efectos reproductivos y mutagenicidad. No es teratogénico. No existe información disponible sobre neurotoxicidad.	
12. INFORMACIÓN AMBIENTAL	
Movilidad:	
Reporte: log P(Oct/P) = 0.31	
Ecototoxicidad:	
Test DCO (mg/l):	
Peces (Labeo rohita) = 410 mg/l; Clasificación: Altamente tóxico.	
Peces (L. Monochirus) = 75 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.	
Crustáceos (Daphnia Magna) = 47 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.	
Bacterias (Photobacterium phosphoreum) = 11 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.	
Medio receptor: Riesgo para el medio acuático = Alto.	
Riesgo para el medio terrestre = Medio.	
Observaciones: Altamente tóxico en medios acuáticos. Afecta a peces, micro crustáceos y bacterias por derivación del pH.	
Estabilidad aguda en función de la concentración del vertido:	
Degradabilidad:	
Test: DCO = 0.50 p/p	
Clasificación sobre degradación biológica: DBO5/DCO Biodegradabilidad = ----	
Degradación abiótica según pH: ----	
Observaciones: Producto biodegradable.	
Asimilación:	
Test:	
Biodegradación:	
Riesgo = ----	
Observaciones: Producto no asimilable.	

Otros posibles efectos sobre el medio natural:
Efectos ecológicos por la variación del pH

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Envases:

Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos.

Productos:

Tratamiento y eliminación de acuerdo con reglamento locales y nacionales.

14. INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE

Terrestre (ADR):

Denominación técnica:

Ácido acético glacial
2782

ONU:

8

Clase:

1 (D/G)

Grupo de embalaje:

Marítimo (IMDG):

Denominación técnica:

Ácido acético glacial

ONU:

2782

Clase:

8

Grupo de embalaje:

II

Aérea (ICAO/IATA):

Denominación técnica:

Ácido acético glacial

ONU:

2782

Clase:

8

Grupo de embalaje:

II

Instrucciones de embalaje: CAO 813 PAX 600

15. INFORMACIÓN REGULATORIA

NPPA Ratings:

Azul	Salud
Rojo	Infamabilidad
Amarillo	Reactividad
Blanco	Notas especiales



0	Mínimo
1	Baja
2	Moderado
3	Severo
4	Extremo

16. SGA



Peligros de advertencia: Peligro

Indicaciones de peligro

H228: Líquido y vapores inflamables.

H302: Puede ser nocivo si es tragado.

H312: Nocivo en contacto con la piel.

H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.

H331: Tóxico en caso de inhalación.

H402: Nocivo para los organismos acuáticos.

Consejos de prudencia

P201: Evitar respirar el polvo/ el humo/ el gas/ la niebla/ los vapores/ el aerosol.

P280: Usar guantes/ prendas/ gafas/ mascarilla de protección.

P305 + P361 + P353: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Asear cuidadosamente con agua durante varios minutos.

Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir con el lavado.

P312: Llamar inmediatamente a un centro de información toxicológica o a un médico.

Hoja de Seguridad

Página: 1/13

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada el: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: **Nitrito Sodico HQ free flowing (non-food grade)**

(30046436/SDS GEN PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa

Nitrito Sodico HQ free flowing (non-food grade)

Principales usos recomendados:

uso: Producto químico

Utilización adecuada: Materia prima, Producto intermedio, inhibidor de la corrosión, agente para tratamiento de superficies

Empresa:

BASF Peruana S.A.

Avenida Oscar R. Benavides 5915

Callao 1, Callao, PERU

Teléfono: +51 1 513-2500

Telefax número: +51 1 513-2519

Dirección e-mail: ehs-peru@basf.com

Información en caso de urgencia:

Teléfono: +51 1 513-2505 / +55 12 3128-1590

2. Identificación de los peligros

Elementos de la etiqueta

De acuerdo con los criterios del GHS (ONU)

Pictograma:



Palabra de advertencia:

Peligro

Indicaciones de peligro:

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada el: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: Nitrito Sódico HQ free flowing (non-food grade)

(30046436/SDS GEN PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

H272	Puede agravar un incendio; comburente.
H319	Provoca irritación ocular grave.
H301	Tóxico en caso de ingestión.
H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Consejos de prudencia (prevención):

P273	Evitar su liberación al medio ambiente.
P210	Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
P280	Llevar guantes/gafas/máscara de protección.
P270	No comer, beber o fumar durante su utilización.
P264	Lavar con agua y jabón concienzudamente tras la manipulación.
P221	Tomar todas las precauciones necesarias para no mezclar con materias combustibles...
P220	Mantener alejado de la ropa y otros materiales combustibles.

Consejos de prudencia (respuesta):

P310	Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico.
P305 + P351 + P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P301 + P330	EN CASO DE INGESTIÓN: enjuagarse la boca.
P391	Recoger el vertido.
P370 + P378	En caso de incendio: Utilizar agua pulverizada para la extinción.

Consejos de prudencia (almacenamiento):

P405	Guardar bajo llave.
------	---------------------

Consejos de prudencia (eliminación):

P501	Eliminar el contenido/el recipiente en un punto de recogida de residuos especiales.
------	---

Conforme a la directiva 67/548/CE o 1999/45/CE

Componente(s) peligroso(s) que determina(n) el etiquetado: NITRITO DE SÓDIO

Clasificación de la sustancia o de la mezclaDe acuerdo con los criterios del GHS (ONU)

Sólidos comburentes: Cat. 2
 Toxicidad aguda: Cat. 3 (Por ingestión)
 Lesión grave/irritación ocular: Cat. 2A
 Peligroso para el medio ambiente acuático - agudo: Cat. 1

Otros peligrosDe acuerdo con los criterios del GHS (ONU)**Otros Peligros (GHS):**

Si es aplicable, se facilita en esta sección la información sobre otros peligros que no den lugar a la clasificación pero que puedan contribuir al peligro global de la sustancia o mezcla.

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada el: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: Nitrito Sódico HQ free flowing (non-food grade)

(30046436/SDS_GEN_PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

Ningún riesgo específico conocido, respetando las reglamentaciones/indicaciones para el almacenamiento y la manipulación.

Valoración PBT / mPmB:

Según el Anexo XIII del Reglamento (CE) N° 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH): El producto no cumple con los criterios de clasificación para sustancias PBT (persistente/bioacumulable/tóxico) y mPmB (muy persistente/muy bioacumulable).. Autoclasiificación

3. Composición/Información sobre los componentes

Mezcla

Descripción Química

nitrito sódico

NaNO₂

Contiene: antilevadura, agente antiaglomerante

Ingredientes peligrosos (GHS)

De acuerdo con los criterios del GHS (ONU)

nitrito sódico

Contenido (PIP): >= 99 %
Número CAS: 7632-00-0
Número CE: 231-555-9

Ox. Sol.: Cat. 2
Acute Tox.: Cat. 3 (Por ingestión)
Eye Dam./Irrit.: Cat. 2A
Aquatic Acute: Cat. 1
Factor M agudo: 1
H272, H319, H301, H400

4. Medidas de primeros auxilios

Indicaciones generales:

En caso de peligro de pérdida de conocimiento colocar y transportar en posición lateral estable; en caso necesario aplicar respiración asistida.

Tras inhalación:

Tras inhalación de productos de descomposición, respirar aire fresco, reposo, buscar ayuda médica. Inhalar inmediatamente una dosis de aerosol con corticosteroides.

Tras contacto con la piel:

Lavar abundantemente con agua y jabón.

Tras contacto con los ojos:

Lavar los ojos afectados con agua en chorro, durante por lo menos 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Consultar con un oftalmólogo.

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada el: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: Nitrito Sódico HQ free flowing (non-food grade)

(30046436/SDS GEN PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

Tras ingestión:

Lavar inmediatamente la boca y beber posteriormente 200-300 ml de agua, buscar ayuda médica.

Indicaciones para el médico:

Síntomas: La sobreexposición puede causar: vómitos, convulsiones, cianosis, muerte, coma, metahemoglobinemia, náuseas

Peligros: Riesgo de edema pulmonar. Los síntomas pueden aparecer posteriormente. Peligro de formación de metahemoglobina después de la ingestión.

Tratamiento: Tratamiento sintomático (descontaminación, funciones vitales), para la degradación de una metahemoglobinemia: cloruro de tolueno.

5. Medidas de lucha contra incendios**Medios de extinción adecuados:**

agua pulverizada

Medios de extinción no adecuados por motivos de seguridad:

Polvo-ABC, dióxido de carbono

Riesgos especiales:

óxidos de nitrógeno

En caso de incendio las sustancias/grupos de sustancias citadas pueden desprenderse. Acción comburente por liberación de oxígeno.

Información adicional:

La sustancia/producto es un agente oxidante y puede proporcionar oxígeno para estimular o acelerar la combustión de sustancias/productos orgánicos/los u otras sustancias combustibles.

Vestimenta de protección especial:

Protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

6. Medidas en caso de vertido accidental**Precauciones personales, equipos de protección y medidas de emergencia****Medidas de protección para las personas:**

Usar protección respiratoria, en caso de exposición a vapores/polvo/aerosol. Evítese el contacto con los ojos.

Medidas de protección para el medio ambiente:

Evitar el vertido en el suelo/subsuelo. No permitir el acceso sin autorización al curso de las aguas o sistemas de aguas residuales.

Método para la limpieza/recogida:

Para residuos: Recoger con maquinaria adecuada y eliminar.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación

Medidas Técnicas:

Manipular de acuerdo con las normas de seguridad para productos químicos. No respirar el polvo.

Protección de Fuego y Explosión:

La sustancia/el producto no es combustible. Acción comburente por liberación de oxígeno.
Eventualmente evitar la acumulación de cargas electrostáticas - Mantener alejado de fuentes de ignición - Extintor accesible.

Precauciones/ Orientaciones para el manipuleo seguro.:

Mantener los recipientes cerrados herméticamente. Al trasvasar grandes cantidades sin dispositivo de aspiración: protección respiratoria. Procurar una buena ventilación/aspiración cerca de las máquinas de fabricación. Proteger de la humedad. Proteger de los efectos del calor. No mezclar con productos combustibles. Manipular de acuerdo con las normas de seguridad para productos químicos.

Medidas específicas de Higiene:

Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. Durante el trabajo no comer, beber, fumar, inhalar. Quítense inmediatamente la ropa contaminada. Lavarse las manos y/o cara antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

Almacenamiento

Otras especificaciones sobre condiciones almacenamiento: Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar bien ventilado. Este producto está clasificado como sustancia peligrosa para el almacenamiento. Deben tenerse en consideración las legislaciones locales vigentes y la reglamentación sobre almacenamiento. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

Productos y materiales incompatibles:

Separar de sustancias oxidables. Separar de ácidos. Separar de sales de amonio.

Materiales adecuados: Acero de carbono (hierro), acero inoxidable 1.4541, acero inoxidable 1.4571, Polietileno de alta densidad (HDPE), Polietileno de baja densidad (LDPE), cauchutado

8. Controles de exposición / Protección personal

Parámetros de control específico

Componentes con valores límites de exposición en el lugar de trabajo:

No hay límites de exposición profesional conocidos

Equipo de protección personal

Protección de las vías respiratorias:

Protección de las vías respiratorias en caso de formación de polvo. Filtro de partículas con alta eficacia para partículas sólidas y líquidas (p.ej. EN 143 ó 149, Tipo P3 ó FFP3).

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada el: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: Nitrito Sódico HQ free flowing (non-food grade)

(30046436/SDS_GEN_PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

Protección de las manos:

Guantes de protección resistentes a productos químicos (EN 374).

Materiales adecuados para un contacto directo y prolongado (se recomienda: factor de protección 6, que corresponde a > 480 minutos de tiempo de permeabilidad según EN 374):

cloruro de polivinilo (PVC) - 0.7 mm de espesor del recubrimiento

caucho nitrilo (NBR) - 0.4 mm espesor del recubrimiento

caucho cloropreno (CR) - 0.5 mm de espesor del recubrimiento

caucho butílico (butilo) - 0.7 mm espesor del recubrimiento

elastómero de fluor (FKM) - 0.7 mm de espesor del recubrimiento

Indicaciones adicionales: Los datos son los resultados de nuestros ensayos, bibliografía e informaciones sobre los fabricantes de guantes, o bien, de datos análogos de sustancias similares.

Hay que considerar, que en la práctica el tiempo de uso diario de unos guantes de protección resistentes a los productos químicos es claramente inferior, debido a muchos factores (por ej. la temperatura), que el tiempo determinado por los ensayos de permeabilidad.

Debido a la gran variedad de tipos, se debe tener en cuenta el manual de instrucciones del fabricante.

Protección de los ojos:

gafas protectoras con protección lateral (gafas con montura) (EN 166)

Protección de la piel y cuerpo:

Seleccionar la protección corporal dependiendo de la actividad y de la posible exposición, p.ej.

delantal, batas de protección, traje de protección resistente a productos químicos (según EN 14605 en caso de salpicaduras o bien EN ISO 13982 en caso de formación de polvo)

9. Propiedades físicas y químicas

Estado de la materia:	sólido (20 °C, 1.013 hPa)
Forma:	cristalino
Color:	blanco hasta ligeramente amarillento
Olor:	ligero olor
Valor pH:	No hay datos disponibles.

Temperaturas específicas o rangos de temperaturas en los cuales ocurren cambios en el estado físico.

Punto de fusión:	280 °C
Punto de ebullición:	(1.013,25 hPa) No puede determinarse. La sustancia/el producto se descompone.

Punto de inflamación:	Estudios no necesarios por razones científicas.
-----------------------	---

Límite inferior de explosividad:	Para sólidos no relevantes para la clasificación y el etiquetado.
----------------------------------	---

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada el: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: Nitrito Sodico HQ free flowing (non-food grade)

(30046436/SDS_GEN_PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

Límite superior de explosividad:

Para sólidos no relevantes para la clasificación y el etiquetado.

Descomposición térmica: > 320 °C

monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, óxido de sodio

Propiedades comburentes: Comburente.

Radioactividad:

no es radioactivo para el transporte

Presión de vapor:

Estudios no necesarios por razones científicas.

Densidad:

2,17 g/cm³
(20 °C)

(ISO 2811-3)

Peso específico:

1.100 - 1.300 kg/m³

densidad relativa:

2,17
(20 °C)

Solubilidad en agua:

Indicación bibliográfica.
fácilmente soluble

Coeficiente de reparto n-octanol/agua (log Pow):

Estudios no necesarios por razones científicas.

Hidroscópica:

higroscópico

Tensión superficial:

En base a su estructura química, no se espera que presente fenómenos de superficie.

Autoinflamabilidad:

no es autoinflamable

Valor límite de olor perceptible:

No determinado debido al potencial de peligrosidad para la salud por inhalación.

Velocidad de evaporación:

El producto es un sólido no volátil.

Inflamabilidad:

no es fácilmente inflamable

(otro(a)(s))

Viscosidad, dinámica:

Estudios no necesarios por razones científicas.

Ángulo de reposo:

50 °

(test de migración (laboratorio de ensayo de materiales))

Corrosión del metal:

No es de esperar un efecto corrosivo del metal.
En presencia de agua o humedad no se puede excluir la corrosión de los metales.

10. Estabilidad y reactividad

Inestabilidad:

El producto es estable si se tienen en consideración las normas/indicaciones sobre almacenamiento y manipulación. Reacciones con sustancias orgánicas.

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 25.09.2018
Producto: Nitrito Sodico HQ free flowing (non-food grade)

Versión: 5.0

(30046436/SDS_GEN_PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

Reacciones peligrosas:

Reacciones peligrosas en contacto con las sustancias mencionadas a evitar.

Condiciones a evitar:

Ver FDS capítulo 7 - Manipulación y almacenamiento.

Materiales y sustancias incompatibles:

agentes de reducción, sustancias oxidables, sales de amonio, aminas, compuestos de amina, ácidos

Productos peligrosos de descomposición:

óxido de sodio

óxidos de nitrógeno

11. Informaciones toxicológicas

Toxicidad aguda

Valoración de toxicidad aguda:

Muy tóxico tras una sola ingestión. Tras una única ingestión existe riesgo de daño de las células sanguíneas (metahemoglobinemia)

DL50 rata(Por ingestión): 180 mg/kg

(Por inhalación): Estudios no necesarios por razones científicas.

(dérmica): Estudios no necesarios por razones científicas.

Efectos Locales

Valoración de efectos irritantes:

No es irritante para la piel. En contacto con los ojos causa irritaciones.

Iritación primaria en piel conejo: no irritante (Directiva 404 de la OCDE)

Iritación de los ojos conejo: Irritante. (Directiva 405 de la OCDE)

Valoración de otros efectos agudos.

Valoración de otros efectos agudos.:

Tras una única ingestión existe riesgo de daño de las células sanguíneas (metahemoglobinemia)

Sensibilización

Valoración de sensibilización:

No existen evidencias de un potencial efecto de sensibilización de la piel.

Estudios no necesarios por razones científicas.

Toxicidad en caso de administración repetida

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 25.09.2018
Producto: Nitrito Sódico HQ free flowing (non-food grade)

Versión: 5.0

(30046436/SDS_GEN_PE/ES)

Fecha de Impresión 13.07.2020

Valoración de toxicidad en caso de aplicación frecuente:
Tras administración repetida el efecto principal es la lesión de las células sanguíneas (formación de metahemoglobina).

Toxicidad genética

Indicaciones para: nitrito sódico

Valoración de mutagenicidad:

Los resultados de análisis disponibles respecto al efecto mutagénico no están unificados.

Carcinogenicidad

Valoración de carcinogenicidad:

En estudios a largo plazo realizados en ratas y ratones los cuales ingerieron la sustancia en agua potable, no se han detectado efectos cancerígenos. En condiciones especiales los nitritos pueden causar la formación de nitrosaminas en el cuerpo. En ensayos con animales se ha detectado que las nitrosaminas son cancerígenas.

Toxicidad en la reproducción

Valoración de toxicidad en la reproducción:

Durante los ensayos en el animal no se observaron efectos que perjudican la fertilidad.

Toxicidad en el desarrollo

Valoración de teratogenicidad:

La sustancia no ha producido malformaciones en experimentación animal. En ensayos con animales realizados a una dosis que no es tóxica para los progenitores no se observaron efectos teratogénicos. En pequeñas dosis no son de esperar efectos teratogénicos en las personas.

Peligro de Aspiración

Ensayo de toxicidad por aspiración:

No se espera riesgo por aspiración.

12. Información ecológica

Posibles efectos ambientales, comportamiento e impacto.

Ecotoxicidad

Valoración de toxicidad acuática:

Muy tóxico (toxicidad aguda) en organismos acuáticos. Durante un vertido en pequeñas concentraciones en las plantas de tratamiento biológico, no son de esperar variaciones en la función del lodo activado.

Toxicidad en peces:

CL50 (96 h) 0,54 - 26,3 mg/l, *Salmo gairdneri*, syn. *O. mykiss* (otro(a)(s), Flujo continuo.)

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada el: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: Nitrito Sodico HQ free flowing (non-food grade)

(30046436/SDS_GEN_PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

Invertebrados acuáticos:

CL50 (96 h) 4,93 mg/l, crustáceos acuáticos (estático)

Indicación bibliográfica.

CE50 (48 h) 15,4 mg/l, *Daphnia magna* (Directiva 202, parte 1 de la OCDE, estático)

Los datos sobre el efecto tóxico se refieren a la concentración determinada analíticamente.

Plantas acuáticas:

CE50 (72 h) > 100 mg/l (tasa de crecimiento), *Scenedesmus subspicatus* (Directiva 201 de la OCDE, estático)

Los datos sobre el efecto tóxico se refieren a la concentración determinada analíticamente.

Microorganismos/efecto sobre el lodo activado:

CE10 (3 h) 210 mg/l, lodo activado, doméstico (Directiva 209 de la OCDE, estático)

La indicación del efecto tóxico se refiere a la concentración nominal.

CE50 (48 h) 421 mg/l, protozoos (otro(a)(s), estático)

Toxicidad crónica peces:

NOEC (31 Días) 6,16 mg/l, *Ictalurus punctatus*, syn: *I. robustus* (otro(a)(s), Flujo continuo.)

Toxicidad crónica invertebrados acuático:

NOEC (80 Días) 9,86 mg/l, crustáceos acuáticos (ensayo crónico sobre dafnias, estático)

Valoración de toxicidad terrestre:

No hay datos disponibles.

Movilidad

Evaluación de la movilidad entre compartimentos medioambientales:

La sustancia no se evapora a la atmósfera, desde la superficie del agua.

No es previsible una absorción en las partículas sólidas del suelo.

Persistencia y degradabilidad

Valoración de biodegradación y eliminación (H₂O):

No es aplicable para sustancias inorgánicas.

Indicaciones para la eliminación:

no aplicable

Comportamiento esperado del producto en el ambiente /posible impacto ambiental

Evaluación de la estabilidad en agua:

Conforme con la estructura química no se espera ninguna hidrólisis.

Información sobre estabilidad en agua (hidrólisis):

no aplicable

Bioacumulación

Evaluación del potencial de bioacumulación:

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada el: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: Nitrito Sódico HQ free flowing (non-food grade)

(30046436/SDS_GEN_PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

No se espera una acumulación en los organismos.

Potencial de bioacumulación:

Debido al coeficiente de distribución n-octanol/agua (log Pow) no es de esperar una acumulación en organismos.

Indicaciones adicionales

Más informaciones ecotoxicológicas:

Evitar el filtrado en la tierra, aguas de vertido y cañerías. El producto no debe ser vertido al alcantarillado sin un tratamiento previo. Durante un vertido en pequeñas concentraciones no son de esperar variaciones en la función del lodo activado de una planta depuradora biológicamente adaptada.

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos de disposición seguros y ambientalmente adecuados.

Producto: Contactar con el fabricante respecto al reciclado.

Analizar la posibilidad de reciclaje.

Contactar con la bolsa de residuos para su reciclado.

Residuos de productos: Contactar con el fabricante respecto al reciclado.

Analizar la posibilidad de reciclaje.

Contactar con la bolsa de residuos para su reciclado.

Envase contaminado:

Los envases utilizados deben ser vaciados de forma óptima y eliminados conforme a la reglamentación después de una limpieza adecuada.

14. Información para el transporte

Transporte Terrestre

Transporte por carretera

Clase: 5.1
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: UN 1500
Etiqueta de Riesgo: 5.1, 6.1, EHS
Nº Riesgo: 56
Nombre: NITRITO DE SODIO

Transporte Ferroviario

Clase: 5.1
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: UN 1500
Etiqueta de Riesgo: 5.1, 6.1, EHS
Nº Riesgo: 56
Nombre: NITRITO DE SODIO

BASF Hoja de Seguridad
Fecha / actualizada el: 25.09.2018
Producto: Nitrito Sódico HQ free flowing (non-food grade)

Versión: 5.0

(30046436/SDS_GEN_PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

Transporte Fluvial

Clase: 5.1
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: UN 1500
Etiqueta de Riesgo: 5.1, 6.1, EHS
Nº Riesgo: 56
Nombre: NITRITO DE SODIO

Transporte Marítimo**IMDG**

Clase: 5.1
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: 1500
Etiqueta de Riesgo: 5.1, 6.1, EHS
Polución Marina: SI
Nombre: NITRITO DE SODIO

Sea transport**IMDG**

Hazard class: 5.1
Packing group: III
UN Number: 1500
Hazard label: 5.1, 6.1, EHS
Marine pollutant: YES
Proper shipping name: SODIUM NITRITE

Transporte Aéreo**IATA/ICAO**

Clase: 5.1
Grupo de Embalaje: III
Nº ONU: 1500
Etiqueta de Riesgo: 5.1, 6.1
Nombre: NITRITO DE SODIO

Air transport**IATA/ICAO**

Hazard class: 5.1
Packing group: III
UN Number: 1500
Hazard label: 5.1, 6.1
Proper shipping name: SODIUM NITRITE

BASF Hoja de Seguridad

Fecha / actualizada en: 25.09.2018

Versión: 5.0

Producto: Nitrito Sódico HQ free flowing (non-food grade)

(30046436/SDS GEN PE/ES)

Fecha de impresión 13.07.2020

15. Reglamentaciones

Otras reglamentaciones

En este subapartado se encuentra aquella información reglamentaria aplicable que no está mencionada en otros apartados de esta Ficha de datos de seguridad.

Las informaciones contenidas en esta publicación están de acuerdo con la Ley 29783.

16. Otras informaciones

Uso del producto

Campo de aplicación adecuado:: industria química, manipulación de metal

Este producto es de grado técnico y mientras no se especifique o acuerde lo contrario, está previsto exclusivamente para uso industrial. Cualquier otra aplicación diferente a las recomendadas para el producto debe ser consultada con el proveedor.

Las variaciones respecto a la versión anterior se han señalado para su comodidad mediante líneas verticales situadas en el margen izquierdo del texto.

Los datos contenidos en esta hoja de seguridad se basan en nuestros conocimientos y experiencia actuales y describen el producto considerando los requerimientos de seguridad. Los datos no describen en ningún caso las propiedades del producto (especificación de producto). La garantía en relación a ciertas propiedades o a la adecuación del producto para una aplicación específica no pueden deducirse a partir de los datos de la Hoja de Seguridad. Es responsabilidad del receptor de nuestros productos asegurar que se observen los derechos de propiedad y las leyes y reglamentaciones existentes.