

DESARROLLO PRÁCTICO RESOLUCIÓN 0491 DEL 2020

**Desarrollo práctico de la resolución 0491 de 2020 para la empresa Sprosis de Colombia S.A.S en
Aguazul Casanare**

Autor

Maira Alejandra Sanabria Camargo

INGENIERIA QUIMICA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, diciembre 2022

**Desarrollo práctico de la resolución 0491 de 2020 para la empresa Sprosis de Colombia S.A.S en
Aguazul Casanare**

Autor

Maira Alejandra Sanabria Camargo

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Químico**

Director

Alexander Luna Cortes

Ingeniero Químico Esp. MSc. en Ingeniería Química.

INGENIERIA QUIMICA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, diciembre 2022

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a mis padres por todo su esfuerzo y dedicación para asegurar mi educación y demás familiares por el apoyo que me brindaron en este proceso, a mi amado Andersson por ser mi ancla, por estar en mis momentos difíciles, por motivarme a dar lo mejor de mí en el transcurso de estos años, a la señora Nina por abrirme las puertas de su casa y brindarme un ambiente familiar durante cinco años, este trabajo de grado lo dedico a mí misma, por seguir hasta el final, después de varias caídas llegué a mi objetivo, espero que este sea uno de muchos logros en mi vida.

Agradecimientos

A mis padres por todo el apoyo que me brindaron para este logro, por su contribución para llegar no solo a ser profesional si no mejor persona, por su compañía en lo que llevo de vida, gracias por todo.

A mí amado Andersson por brindarme los momentos más bonitos de mi vida junto con Mish y Valkiria, por sus conocimientos brindados para enriquecer mi crecimiento no solo profesional sino personal.

A mi director Alexander Luna, por su tiempo dedicado al seguimiento de mi trabajo de grado, por sus conocimientos brindados a lo largo de la carrera, por hacer de Operaciones de Transferencia de Masa II, mi experiencia más odiada y amada a la vez, gracias a su exigencia me esfuerzo por dar los mejores resultados.

A todos los docentes con los que compartí, por sus conocimientos impartidos durante el transcurso de mi carrera, gracias a ellos es posible este logro.

Finalmente, agradezco a Sprosis de Colombia S.A.S, en cabeza del señor Yovanny Bernal y la señora Nataly Castro, por abrirme sus puertas, por creer en mí, por brindarme las herramientas necesarias para el desarrollo de este trabajo, por el ambiente agradable que ofrece y por ser parte de este logro.

Contenido

Resumen	8
Introducción	10
1. Justificación	12
2. Objetivos.....	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. Marco teórico y estado del arte.....	15
4. Metodología	24
4.1 Experimento 1. Fósforo que levita.....	24
4.1.1 Materiales.....	24
4.1.2 Método	24
4.1.3 Diseño del experimento	24
4.2 Experimento 2. Fuego de colores	25
4.2.1 Materiales.....	25
4.2.2 Método	25
4.2.3 Diseño del experimento	25
4.3 Experimento 3. Apagar una vela.....	26
4.3.1 Materiales.....	26
4.3.2 Método	26
4.3.3 Diseño del experimento	26
4.4 Experimento 4. Apagar tres velas	27
4.4.1 Materiales.....	27
4.4.2 Método	27
4.4.3 Diseño del experimento	27
4.5 Experimento 5. Vaciar humo de una botella.....	28
4.5.1 Materiales.....	28
4.5.2 Método	28
4.5.3 Diseño del experimento	28
4.6 Experimento 6. Atmósfera en ausencia y presencia de oxígeno	29
4.6.1 Materiales.....	29

4.6.2	<i>Método</i>	29
4.6.3	<i>Diseño del experimento</i>	29
4.7	Experimento 7. Generación de CO ₂	30
4.7.1	<i>Materiales</i>	30
4.7.2	<i>Método</i>	30
4.7.3	<i>Diseño del experimento</i>	31
4.8	Experimento 8. Exposición a humo	31
4.8.1	<i>Materiales</i>	31
4.8.2	<i>Método</i>	32
4.8.3	<i>Diseño del experimento</i>	32
4.9	Experimento 9. Electrólisis del agua	33
4.9.1	<i>Materiales</i>	33
4.9.2	<i>Método</i>	33
4.9.3	<i>Diseño del experimento</i>	33
4.10	Experimento 10. Generación de O ₂	34
4.10.1	<i>Materiales</i>	34
4.10.2	<i>Método</i>	34
4.10.3	<i>Diseño del experimento</i>	34
4.11	Experimento 11. Bomba de humo	35
4.11.1	<i>Materiales</i>	35
4.11.2	<i>Método</i>	35
4.11.3	<i>Diseño del experimento</i>	35
5.	Resultados y discusión	37
5.1	Exposición oral.....	37
5.2	Manual de instrucciones	38
5.2.1	<i>Experimento 1. Fósforo que levita</i>	38
5.2.2	<i>Experimento 2. Fuego de colores</i>	39
5.2.3	<i>Experimento 3. Apagar velas</i>	40
5.2.4	<i>Experimento 4. Apagar tres velas</i>	41
5.2.5	<i>Experimento 5. Vaciar humo de una botella</i>	42
5.2.6	<i>Experimento 6. Atmósfera en ausencia y presencia de oxígeno</i>	43
5.2.7	<i>Experimento 7. Generación de CO₂</i>	45
5.2.8	<i>Experimento 8. Exposición a humo</i>	46

DESARROLLO PRÁCTICO RESOLUCIÓN 0491 DEL 2020

5.2.9	<i>Experimento 9. Electrólisis</i>	48
5.2.10	<i>Experimento 10. Generación de oxígeno</i>	49
5.2.11	<i>Experimento 11. Bomba de humo</i>	50
6.	Conclusiones	54
	Referencias	55
	Anexos	59

Resumen

La protección de los trabajadores es de vital importancia en el entorno laboral donde se encuentran, por lo tanto, cada empresa independiente de su actividad económica, implementa sistemas de gestión en seguridad y salud en el trabajo, para prevenir riesgos de accidentes laborales (Betancourt & Velásquez, 2021). Debido a actividades de alto riesgo como lo son los espacios confinados, se tiene una mayor prevención de los riesgos y peligros que estos representan, mediante el presente documento se enseñan los experimentos realizados primeramente es una herramienta digital para después elaborarlos correctamente, seguido de esto se exponen a los entrenadores en espacios confinados para conocer sus sugerencias y/o aportes y parte de los asistentes a la exposición fueron las personas del área administrativa, finalmente se elaboró un manual de instrucciones dejando por escrito la explicación para cada experimento realizado; cabe destacar que cada experimento brindó un enfoque en espacios confinados, tanto su concepto como los peligros que se pueden presentar allí, finalmente se obtuvo una calificación aceptable por parte de los asistentes mediante una encuesta.

Palabras clave: accidente laboral, espacio confinado, peligro, prevención, salud y seguridad en el trabajo.

Abstract

The protection of workers is of vital importance in the work environment where they are located, therefore, each company, independent of its economic activity, implements occupational health and safety management systems to prevent risks of occupational accidents (Betancourt & Velásquez, 2021). Due to high activities such as confined spaces, there is a greater prevention of the risks and dangers that these represent, through this document the experiments carried out are taught first, it is a digital tool to later elaborate them correctly, followed by this they are exposed to the trainers in confined spaces to know their suggestions and/or contributions and part of the attendees to the exhibition were the people

from the administrative area, finally an instruction manual was prepared, leaving the explanation in writing for each experiment carried out; It should be noted that each experiment provided a focus on confined spaces, both its concept and the dangers that can arise there, finally an acceptable rating was obtained by the attendees through a survey.

Keywords: confined space, danger, health and safety at work, occupational accident, prevention.

Introducción

La seguridad y la salud en el trabajo, es un sistema que se gestiona para asegurar el bienestar físico y mental del trabajador, controlar y prevenir riesgos que comprometan la seguridad y salud del mismo, con ello se brinda calidad de vida al empleado y un entorno laboral con las condiciones óptimas de trabajo, contribuyendo a la eficiencia y productividad del trabajador, favoreciendo su sentido de pertenencia, oportunidades de desarrollo y una mayor confianza en sí mismo, al observar como el/la gerente demuestra preocupación por la salud mental y física de sus empleados (Butrón, 2018).

Empresas con actividades económicas de alto riesgo como el desarrollo de trabajos en espacios confinados, deben dar a conocer medidas preventivas y correctivas respecto a esta actividad para controlar los peligros que podrían afectar la salud o integridad física de los trabajadores (Atencio et al., 2021), para anticipar estas medidas se debe contar con conocimiento previo de lo que es un espacio confinado, los tipos de atmosfera que se presentan, elementos de protección personal al ingresar en un espacio confinado, tipos de ventilación a suministrar y las personas involucradas en estas actividades a desarrollar, así mismo el monitoreo de la atmósfera, con un instrumento calibrado, que toma lectura del contenido de oxígeno, gases y posibles contaminantes tóxicos que hay en el espacio confinado (Raúl, 2020).

Actividades de alto riesgo, como trabajos en espacios confinados, no se regulaban hasta el pasado 24 de febrero del 2020, donde el Ministerio de Trabajo, expidió la Resolución 0491, que reglamenta el trabajo seguro en espacios confinados (Álvarez & Rubiano, 2020).

La legislación colombiana durante muchos años no ha regulado las actividades en espacios confinados en el sector industrial, causando que las compañías responsables en la gestión de sus riesgos se apoyen en la normativa internacional como la Administradora de Seguridad y la Salud Ocupacional (OSHA) y el Instituto Nacional para la seguridad y salud ocupacional (NIOSH) (Rueda et al., 2020).

DESARROLLO PRÁCTICO RESOLUCIÓN 0491 DEL 2020

Un espacio confinado, está catalogado como riesgo de clase C, categoría 3, debido al alto riesgo que se presenta para el trabajador, puesto que está expuesto a diversos peligros, como condiciones limitantes para el movimiento, alta interacción con sustancias químicas por inhalación de aire contaminado, riesgos derivados de mover objetos pesados, de estar colgado en estructuras altas y con posturas ergonómicas que le pueden ocasionar calambres (Loaiza & Taborda, 2018). Esto lleva a evidenciar la serie de riesgos que se pueden presentar en los espacios confinados y la importancia de realizar una adecuada identificación de lo que afecta a la salud de quienes ejecutan las actividades en estos espacios (Cañón & López, 2021).

El presente proyecto acerca del desarrollo práctico de la resolución 0491 de 2020 (MinTrabajo, 2020), para la empresa Sprosis de Colombia S.A.S en Aguazul Casanare, se desarrolla con la finalidad de dar a conocer la resolución 0491 de 2020 de una forma práctica, suministrando conocimientos sólidos en los diferentes riesgos que se pueden encontrar allí. Un espacio confinado se considera como una actividad de alto riesgo, por lo tanto, el ministerio de trabajo estableció los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajos en espacios confinados, requisitos que se presentan en la resolución ya mencionada (MinTrabajo, 2020).

1. Justificación

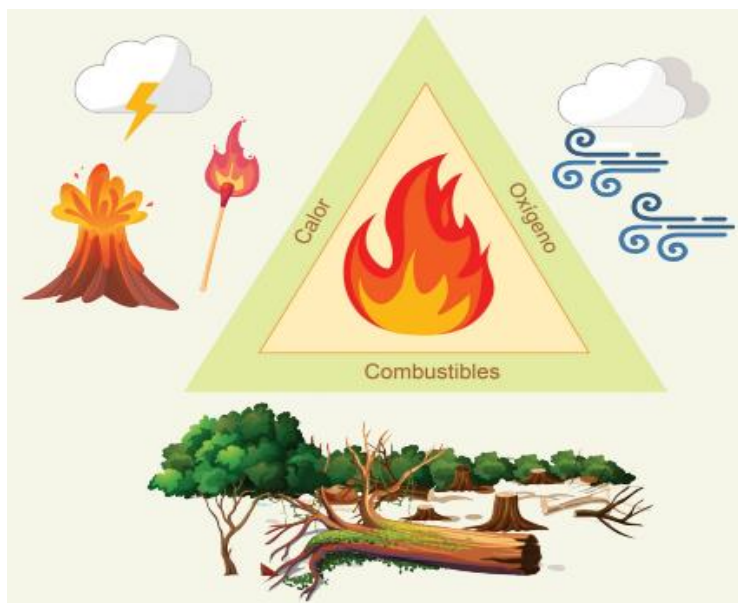
¿Cuál es el aporte que se deja hacia los riesgos presentados en el desarrollo de trabajos en espacios confinados?

Un espacio confinado es un lugar muy restringido debido a diferentes factores de peligro y riesgo que se encuentran ahí, como sus atmósferas tóxicas, explosivas debido a la presencia de gases, vapores inflamables o combustibles. Mediante una formación basada en prácticas enfocada en el funcionamiento de las diferentes atmósferas y el funcionamiento interno de los detectores de gases, se busca dejar un método dinámico de enseñanza, para que el trabajador tenga claridad del funcionamiento tanto de equipos como de eventos tóxicos que suceden en un espacio confinado.

Un planteamiento para el desarrollo de la resolución 0491 de 2020, es mediante la elaboración de experimentos a escala laboratorio, en estos experimentos se aplican diferentes conceptos que se dan en un espacio confinado, como la combustión representada mediante el triángulo del fuego (ver **Figura 1**), comportamiento de gases en un espacio confinado y funcionamiento de los detectores de gases. Por lo tanto, se suministra información útil tanto a los entrenadores como a los aprendices, para complementar la formación en cursos de espacios confinados.

Figura 1.

Triángulo del fuego.



Nota. Triángulo del fuego, por BioPaSOS, 2022. (<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11763>)

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Desarrollar de forma practica la resolución 0491 del 2020 para la empresa Sprosis de Colombia S.A.S en Aguazul Casanare.

2.2 Objetivos específicos

- Diseñar prototipos para el desarrollo práctico de la resolución 0491 de 2020, por medio de una herramienta digital, para plasmar el montaje de cada uno de los experimentos planteados.
- Realizar el montaje de cada uno de los experimentos y mediante una exposición oral dar a entender el mecanismo de acción de cada uno de ellos.
- Elaborar material que brinde información acerca de cada experimento, a través de un manual de instrucciones para suministrar de una forma didáctica el montaje y funcionamiento de cada ensayo.

3. Marco teórico y estado del arte

El trabajo en espacios confinados es una actividad de alto riesgo que representa un peligro grave para la vida de los trabajadores que lo realizan. Los factores de riesgo relacionados con el trabajo en espacios confinados se deben tanto a las características del área confinada como a las características de la tarea a realizar (Botti et al., 2022).

Los espacios confinados son aquellos que no están diseñados para la ocupación continua del trabajador (ver **Figura 2**), tiene medios de entrada y salida restringidos (dimensión y/o forma) o limitados (cantidad), y son lo suficientemente grandes y configurados, como para que permitan que el cuerpo de un trabajador pueda entrar (MinTrabajo, 2020). En Colombia, según estadísticas publicadas en 2019, la tasa de accidentes de trabajo fue de 5,9 por cada 100 trabajadores, con una disminución frente a 2018 del 0,3%, y la tasa de muertes relacionadas con el trabajo fue de 4,5 muertes por cada 100.000 trabajadores (Carmona, 2021).

Figura 2.

Ejemplo de espacio confinado.



Nota. Espacio confinado, por Dräger, s.f.

(<https://www.draeger.com/library/content/proceso%20de%20trabajo%20espacios%20confinados.pdf>)

Los sectores económicos de minería, construcción y agricultura son los referentes de trabajo en

espacios confinados en Colombia (ver **Tabla 1**), por el gran y alto índice de empleo que generan estas actividades, se hace necesario la aplicabilidad de una gestión preventiva por las administradoras de riesgos laborales, gremios y asociaciones. (Ramírez, 2020).

Tabla 1

Tasa de accidentalidad por sectores económicos en espacios confinados.

Sector económico	Tasa de accidentalidad
Minas y canteras	13 accidentes por cada 100 trabajadores
Agricultura	12 accidentes por cada 100 trabajadores
Construcción	9 accidentes por cada 100 trabajadores

Nota. Tasa de accidentalidad por sectores económicos en espacios confinados, por Ramírez, 2020.

(<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37038/Ram%c3%adrezAlbad%c3%a1nRa%c3%balHern%c3%a1n2020.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

Algunos ejemplos de espacios confinados o reducidos: pozos, túneles, hornos, tanques de almacenamiento, oleoductos, alcantarillas, silos, calderas, conductos de ventilación, contenedores, tolvas, recipientes de reactores. (PTG, 2018). En las siguientes figuras, se puede apreciar el espacio confinado de Sprosis de Colombia S.A.S, es el lugar donde se realizan las prácticas relacionadas con los cursos en espacios confinados.

Figura 3

Espacio confinado



Figura 4

Espacio confinado



Los espacios confinados en Colombia se clasifican según su forma, ya sean abiertos o cerrados, y

su grado de peligrosidad (riesgo).

Clasificación por la forma:

- **Tipo 1:** Espacios abiertos por su parte superior y de profundidad que dificulta la ventilación natural. Tal como, pozos, depósitos abiertos.
- **Tipo 2:** Sitios cerrados con una pequeña abertura de entrada y salida. Tal como, tanques, alcantarillas.

Clasificación por el grado de peligro:

- **Grado A:** Espacios que contienen o pueden llegar a contener peligros inminentes que comprometan la vida o la salud de las personas.
- **Grado B:** Lugares con peligros potenciales como lesiones o enfermedades que no comprometen la vida y salud, y pueden controlarse con la implementación de medidas de protección, prevención y uso de elementos de protección personal.
- **Grado C:** Las situaciones de peligros del espacio confinado no exigen modificaciones a los procedimientos de trabajo o uso de los elementos de protección personal (SURA, 2020).

Algunos de los espacios confinados en Colombia son:

- Espacios confinados abiertos por su parte superior y de una profundidad tal que dificulta su ventilación natural. En este tipo se incluyen, fosos de engrase de vehículos, cubas de desengrasado, pozos, depósitos abiertos, cubas.
- Espacios confinados cerrados con una pequeña abertura de entrada y salida se incluyen, reactores, tanques de almacenamiento, sedimentación, etc. Salas subterráneas de transformadores, gasómetros, túneles, alcantarillas, galerías de servicios, bodegas de barcos,

arquetas subterráneas y cisternas de transporte. (Álvarez, 2020)

Las situaciones que pueden presentarse dentro de un espacio confinado y originar condiciones de peligro son muchas, algunas a considerar son:

- Los procesos y reacciones químicas pueden ser causados por una variedad de circunstancias y deben ser considerados con especial precaución dentro de los espacios confinados.
- Los procesos de producción o fabricación de las empresas pueden generar residuos o productos químicos que causan reacciones con la atmósfera en el espacio confinado y generan peligros.
- Procesos de oxidación, descomposición de materiales orgánicos y su fermentación, ya que estos procesos pueden disminuir los niveles de oxígeno en un espacio confinado (Carmona, 2021).

Se considera aire de calidad respirable, el que cuente con las siguientes características:

- Contenido de oxígeno (v/v) entre 19.5 – 23.5 %
- Contenido de hidrocarburo (condensado) de 5mm por metro cúbico de aire o menos.
- Contenido de monóxido de carbono (CO) de 10 ppm o menos.
- Contenido de CO₂ de 1000 ppm o menos.
- Ausencia de olor perceptible (MinTrabajo, 2020).

El monóxido de carbono (CO) es conocido también como óxido de carbono, gas carbonoso y anhídrido carbonoso, este puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. En concentraciones tóxicas penetra en el organismo por vía inhalatoria sin ser detectado por la víctima, causando síntomas clínicos. Es llamado "el asesino silencioso". La intoxicación por CO es frecuente y muchas veces grave, puede ser letal o dejar secuelas irreversibles (Guirola et al., 2019).

Peligros derivados de la atmósfera se presentan en un espacio confinado, estos son:

- **Atmósfera tóxica:** Concentración de cualquier sustancia química peligrosa por arriba de los niveles permisibles establecidos por la conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).
- **Atmósfera explosiva:** Es la mezcla con el aire de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, que tras una ignición la mezcla se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada. Se considera ambiente explosivo cuya concentración de contaminante es mayor al 10% del límite inferior de inflamabilidad (LEL) (MinTrabajo, 2020).
- **Atmósfera deficiente de oxígeno:** El aire respirable está entre 19,5 %v/v y 23,5 % v/v de oxígeno. Por lo tanto, si hay deficiencia de oxígeno, el trabajador puede verse severamente afectado y, en casos extremos, puede resultar la muerte. Si la concentración de oxígeno está por debajo del 15% en volumen, la eficiencia física e intelectual de una persona es reducida significativamente. Si está por debajo del 8% se produce en pocos minutos la muerte por asfixia, a menos que la reanimación se haga inmediatamente (Linde, 2015).
- **Atmósfera enriquecida de oxígeno:** Las personas que han estado expuestas a un ambiente enriquecido de oxígeno deben ventilar su ropa muy bien, ya que el oxígeno se satura en su ropa. Encender un cigarrillo puede causar la ignición de la ropa. La respiración de oxígeno puro o en aire enriquecido, por regla general, no tiene efectos adversos sobre el organismo humano (Linde, 2015).
- **Atmósfera inerte:** Es aquella atmósfera no respirable e inmediatamente peligrosa para la vida y la salud. Generalmente son atmósferas con presencia de nitrógeno y dióxido de carbono (MinTrabajo, 2020).

DESARROLLO PRÁCTICO RESOLUCIÓN 0491 DEL 2020

En la actividad laboral, sea esta del tipo industrial, comercial o depósitos, la idea es evitar que se produzcan incendios, sean estos producidos por problemas en los procesos productivos o por malos trabajos de mantenimiento. Para poder dar inicio a una combustión, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Material comburente.
- Material combustible.
- Fuente de calor, con la temperatura suficiente para lograr que el material combustible desprenda gases.
- Lograr que la mezcla de vapores o gases con el agente oxidante, alcance la temperatura de ignición.
- Mezcla inflamable dentro del rango inflamable.
- Fuente de ignición de energía suficiente para encender la mezcla inflamable (Botta, 2012).

Las propiedades físicas de los combustibles (la inflamabilidad y combustibilidad de los distintos tipos de materiales orgánicos, la carga o cantidad de estos, la profundidad de las capas o estratos de material combustible, su densidad y arreglo espacial) interactuando con las condiciones del estado del tiempo atmosférico, constituyen el triángulo del fuego (Jardel et al., 2018).

Todo fuego necesita tres elementos indispensables para iniciarse, así se define el triángulo del fuego:

- Combustible: es la materia que se quema (se oxida).
- Comburente: es lo que reacciona (oxida) con el combustible generando la combustión.
- Calor o fuente de ignición: este elemento del triángulo del fuego tiene dos componentes:

temperatura del combustible y la energía mínima de ignición (MMA, 2019).

Los límites de inflamabilidad o los límites de explosividad son un concepto importante en el momento de la combustión. Durante un incendio, una masa gaseosa de combustible se forma debido a la pirolisis. Cuando suficientes gases inflamables se han formado, se alcanza el límite inferior de explosividad (LIE) y el límite inferior de inflamabilidad (LEL) (Lambert, 2016).

El control de riesgos específicos por atmósferas peligrosas requiere de mediciones ambientales con el empleo de instrumental adecuado. Las mediciones deben efectuarse previamente a la realización de los trabajos y de forma continuada mientras se realicen estos y sea susceptible de producirse variaciones de la atmósfera interior (ARL, 2020).

El detector de gas móvil es un aparato para saber la concentración de gases tóxicos y abundancia o escasez de oxígeno, estos equipos de detección de gases brindan una supervisión visual y sonora cuando se exceden los límites máximos permitidos de concentración de los diferentes tipos de gases que se encuentran en un área de trabajo. El detector de gas está disponible de manera que pueda detectar la presencia de un solo gas o una concentración de gases. Los equipos mono-gases utilizan un sensor para la detección de un gas específico y los de multi-gases utilizan hasta seis sensores de gases diferentes y algunos gases pueden ser oxígeno, gases inflamables, monóxido de carbono y sulfuro de hidrogeno, (Salazar, 2020).

Para la medición de gases se hace uso de un sensor electroquímico, como indica DRAGER (2009). Los sensores para la detección de gases y vapores son transductores que usan ciertas propiedades de los gases para la conversión en una señal eléctrica adecuada. Este sensor electroquímico consiste como mínimo dos electrodos (electrodo de medida y contra electrodo) que tienen contacto eléctrico de dos maneras diferentes: por un lado, un medio eléctricamente conductivo llamado electrolito (un líquido pastoso para transportar iones), por otro lado, un circuito de corriente eléctrica

externo (un simple cable de cobre para transportar electrones) (Lay, 2021). Además hay diferentes tipos de sensores, como se observa en la siguiente tabla (ver **Tabla 2**).

Tabla 2

Tipos de sensores y principio de medición.

Tipo de sensor	Principio de medición
Sensor electroquímico	Funciona por un micro-reactor, mediante la presencia de gases reactivos produce electrones como una batería.
Sensor de perla catalítica	Por aumento de temperatura en la reacción.
Sensor infrarrojo	Por presencia de hidrocarburos que tienen características de absorción de infrarrojos. Principio de fotómetro.

Nota. Tipos de sensores y principio de medición, por Draeger, 2009.

(<https://www.draeger.com/Library/Content/9046703-infoflip-gds-es.pdf>)

4. Metodología

En el primer procedimiento se revisaron fuentes como la *Resolución 0491 del 2020, Dräger, Consejo Colombiano de Seguridad* y para complementar el desarrollo práctico se revisó la fuente de *Fundación Aquae*, por consiguiente, se prepararon los métodos prácticos en forma de prototipo y posteriormente se enseñaron con los diferentes materiales requeridos, seguidamente, se brindó una explicación desde el montaje de cada ensayo, hasta su respectivo funcionamiento y se elaboró un instructivo de cada uno de los experimentos, para dejar claridad de la elaboración de su montaje hasta el funcionamiento interno y externo de cada uno de los ensayos.

Experimentos como la demostración del triángulo del fuego (combustión), atmósferas deficientes y enriquecidas de oxígeno.

4.1 Experimento 1. Fósforo que levita

4.1.1 Materiales

- Dos fósforos y su caja
- Una moneda
- Fuente de ignición

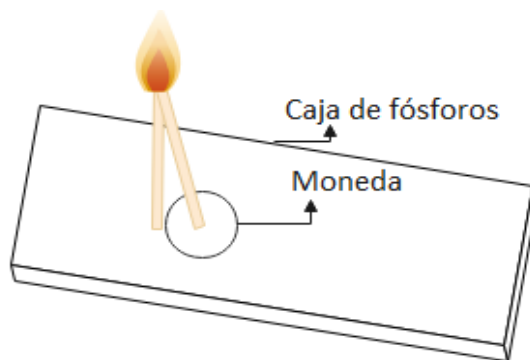
4.1.2 Método

En este experimento se ancló un fósforo a la caja de fósforos y el siguiente se ubicó en una moneda, de forma que ambos fósforos queden con sus cabezas juntas y posteriormente con una fuente de ignición se suministró fuego a los dos fósforos (Aquae, 2013).

4.1.3 Diseño del experimento

Figura 5

Experimento 1. Fósforo que levita.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.2 Experimento 2. Fuego de colores

4.2.1 Materiales

- Bicarbonato de sodio
- Sal marina
- Ácido bórico
- Alcohol
- Tres tapas metálicas
- Fuente de ignición

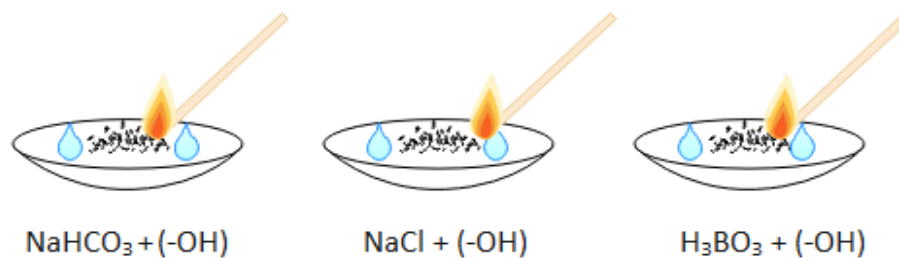
4.2.2 Método

Se procedió a añadir una cucharada de bicarbonato de sodio y una cucharada de alcohol en una tapa metálica, en la siguiente sal marina con alcohol y en el siguiente ácido bórico con alcohol, posteriormente se agregó fuego hasta que aparezca la llama, en cada una de las tapas, (HRom, 2021).

4.2.3 Diseño del experimento

Figura 6

Experimento 2. Fuego de colores.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.3 Experimento 3. Apagar una vela

4.3.1 Materiales

- Recipiente hondo
- Agua
- Colorante
- Una vela
- Recipiente de vidrio transparente
- Fuente de ignición

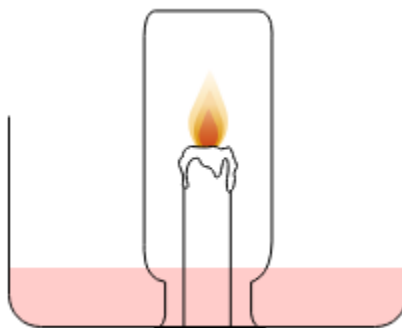
4.3.2 Método

Se colocó una vela encendida en el centro del recipiente y se añadió agua con colorante, posteriormente se tapa la vela con la botella (Aquae, 2013).

4.3.3 Diseño del experimento

Figura 7

Experimento 3. Apagar una vela.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.4 Experimento 4. Apagar tres velas

4.4.1 Materiales

- Tres velas de diferente tamaño
- Una tapa metálica
- Botella de vidrio transparente
- Fuente de ignición

4.4.2 Método

Se procedió a pegar las 3 velas en la tapa metálica con la misma esperma de ellas, luego se colocó la botella de vidrio de tal manera que cubriera las 3 velas (Aquae, 2013).

4.4.3 Diseño del experimento

Figura 8

Experimento 4. Apagar tres velas.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.5 Experimento 5. Vaciar humo de una botella

4.5.1 Materiales

- Botella de vidrio
- Cilindro de papel
- Alcohol
- Fuente de ignición
- Una vela

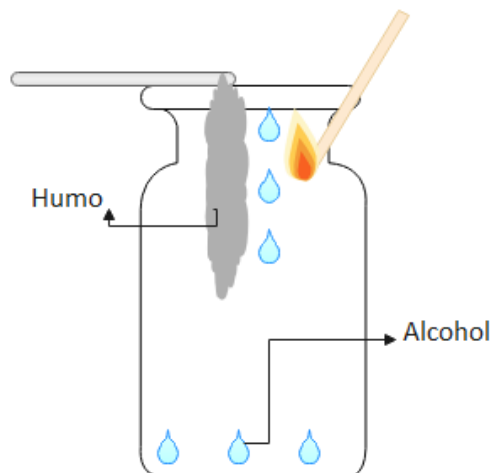
4.5.2 Método

Se procedió a llenar de humo la botella con el cilindro de papel, posteriormente se añadió una cucharada de alcohol a la botella y se agitó, seguidamente esta se acercó a una vela encendida (Aqua, 2013).

4.5.3 Diseño del experimento

Figura 9

Vaciar humo de una botella.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.6 Experimento 6. Atmósfera en ausencia y presencia de oxígeno

4.6.1 Materiales

- Recipiente cilíndrico de vidrio transparente con su tapa
- Encendedor largo
- Algodón
- Alcohol

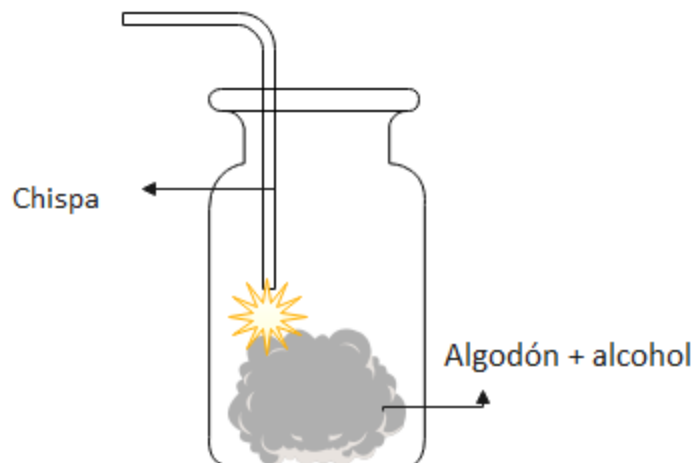
4.6.2 Método

Se procedió a desarmar el encendedor de tal forma que quedaran cerca los dos cables que generan la chispa al accionar el encendedor, luego se perforó la tapa del recipiente para dar paso a estos dos cables, posteriormente se armó una bola de algodón y se humedeció con alcohol, después de introdujo en el recipiente, se selló con su respectiva tapa y se accionó el encendedor, (elaboración propia, 2022).

4.6.3 Diseño del experimento

Figura 10.

Atmósfera en ausencia y presencia de oxígeno.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.7 Experimento 7. Generación de CO_2

4.7.1 Materiales

- Matraz Erlenmeyer con tapón
- Probeta
- Manguera plástica
- Ácido acético
- Bicarbonato de sodio
- Recipiente hondo
- Colorante

4.7.2 Método

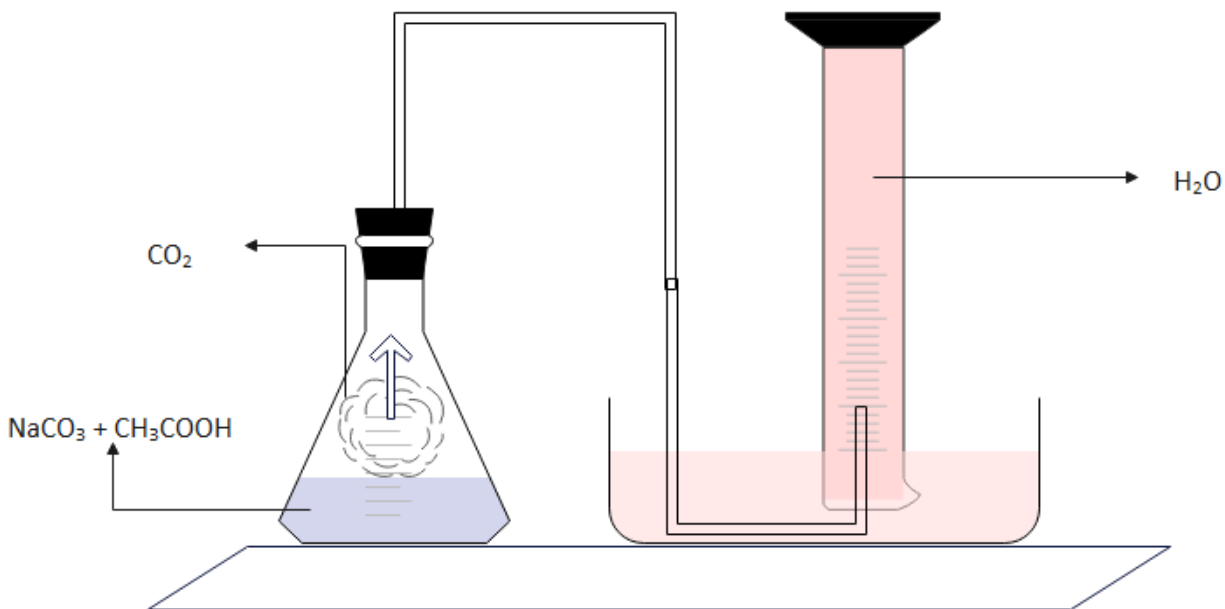
Se procedió a llenar la totalidad de la probeta con la mezcla agua - colorante, de tal manera que cubriera todo el volumen de esta misma, luego se colocó boca abajo en un recipiente con la mezcla agua - colorante, por otro lado, el tapón del Erlenmeyer se perforó de tal manera que permitiera el paso de la manguera plástica, una vez conectada la manguera con el matraz se conectó a la probeta para así evitar

que ingresen burbujas de aire, en el matraz se añadió una cucharada de bicarbonato y una de ácido acético, y se colocó el tapón rápidamente, (Cienciabit, 2015).

4.7.3 Diseño del experimento

Figura 11

Experimento 7. Generación de CO_2 .



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.8 Experimento 8. Exposición a humo

4.8.1 Materiales

- Tres globos
- Manguera plástica
- Una botella plástica 400 mL
- Cilindro de papel
- Fuente de ignición
- Algodón

- Pistola de silicona
- Barras de silicona

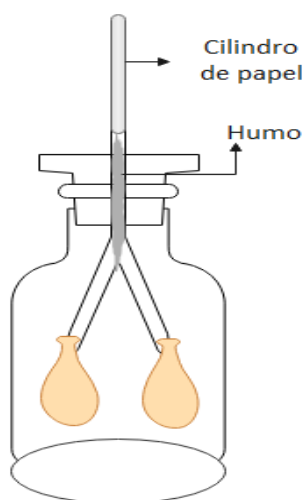
4.8.2 Método

Se procedió a armar dos bolas de algodón y a los dos globos se le introdujo una bola de estas, posteriormente, se hizo una Y con la manguera plástica, en los dos extremos de la Y se conectó una bomba, se aseguró con cinta adhesiva para evitar fugas, luego se perforó la tapa de la botella para conectar la Y de forma invertida, el fondo de la botella se cortó y se colocó un globo, que funcionó como inyector y eyector de aire, al extremo de la Y que sale de la tapa de la botella se le ajustó un cilindro de papel encendido, para el suministro de humo a los dos globos que funcionan como pulmones, (Sciencebits, 2019).

4.8.3 Diseño del experimento

Figura 12

Experimento 8. Exposición a humo.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.9 Experimento 9. Electrólisis del agua

4.9.1 Materiales

- Pila 9 V
- Cables eléctricos
- Recipiente hondo
- Dos jeringas
- Bicarbonato de sodio
- Agua
- Fuente de ignición
- Dos tornillos metálicos

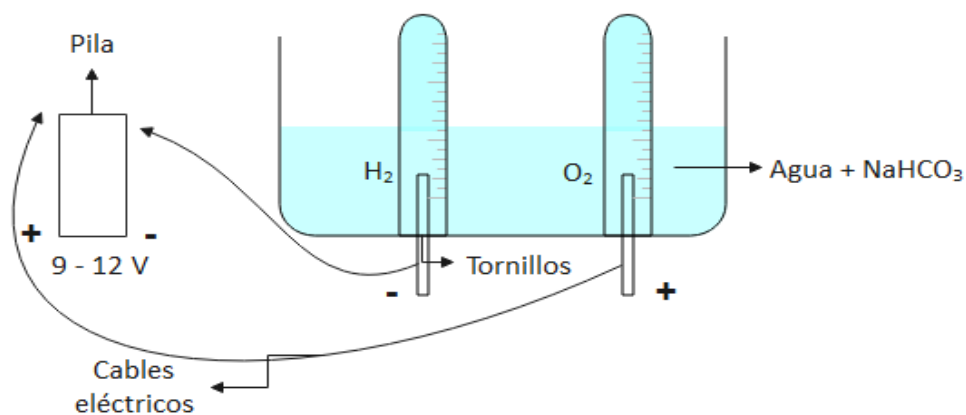
4.9.2 Método

Se realizó una mezcla con bicarbonato de sodio y agua en el recipiente, posteriormente se perforó el recipiente de tal manera que se pudiera introducir los dos tornillos, luego el volumen de las jeringas fue ocupado con la mezcla de bicarbonato de sodio – agua, colocando esto boca abajo en la zona del tornillo, la boca de la jeringa se adhirió al fondo del recipiente con plastilina, para permitir el desplazamiento del agua, por último, los cables eléctricos se conectaron a los tornillos y a la pila, (Classesamida, 2019)

4.9.3 Diseño del experimento

Figura 13.

Experimento 9. Electrólisis del agua.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.10 Experimento 10. Generación de O₂

4.10.1 Materiales

- Dióxido de manganeso
- Peróxido de hidrogeno
- Matraz Erlenmeyer
- Palito de madera
- Fuente de ignición

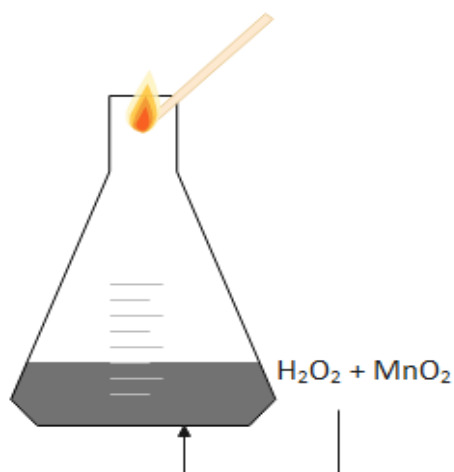
4.10.2 Método

En el matraz Erlenmeyer se agregó dióxido de manganeso extraído de una pila de carbón y zinc, seguidamente se añadió peróxido de hidrogeno, conocido como agua oxigenada, posteriormente se encendió un palito de madera y se acercó a la boca del Erlenmeyer, (Cienciabit, 2018).

4.10.3 Diseño del experimento

Figura 14

Experimento 10. Generación de O₂.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

4.11 Experimento 11. Bomba de humo

4.11.1 Materiales

- Nitrato de potasio
- Azúcar
- Papel aluminio
- Mecha de una vela
- Fuente de ignición

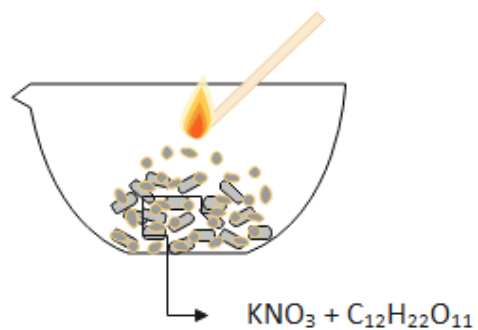
4.11.2 Método

Se mezcló nitrato de potasio y azúcar en un cuadro de papel aluminio, posteriormente se selló con el papel aluminio y se introdujo una mecha extraída de una vela para posteriormente acercarla a una fuente de ignición, (Rasbak, 2021)

4.11.3 Diseño del experimento

Figura 15

Experimento 11. Bomba de humo.



Nota. Elaborado en *Edraw Max*, 2022.

5. Resultados y discusión

Siguiendo los objetivos planteados durante el desarrollo de este trabajo, se obtuvieron los siguientes resultados, cabe mencionar que los diseños de cada experimento se enseñaron en la sección 6, estos diseños se elaboraron en la herramienta digital *Edraw Max*, dando a conocer con ellos el montaje para cada experimento.

5.1 Exposición oral

Se materializó cada experimento mediante una exposición oral a los entrenadores en espacios confinados y a los administrativos para brindar un espacio de conocimiento, esta exposición se evidenció mediante encuestas para conocer sugerencias y/o aportes por parte de los entrenadores y administrativos, asistiendo un total de 10 personas, que hicieron su respectivo aporte y sugerencia, además las personas del área administrativa estuvieron interesadas en adquirir y/o complementar conocimientos, evidencia en la **Figura 16**.

Figura 16

Evidencia exposición oral.

SPROSIS		SISTEMA GESTIÓN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO		Código: FOR-SST-01s
		GESTIÓN SSTA		Fecha: 10/01/2022
		RECLAMOS, QUEJAS Y SUGERENCIAS		Versión: 2
				Página 1 de 1
Sus sugerencias son importantes dentro de nuestro proceso de mejoramiento continuo				
FECHA: 16/11/2022	LUGAR: SPROSIS	DIRECCIÓN: calle 31ª # --		
NOMBRE Y APELLIDO: Anyibe Zuleima Leguizamán		CELULAR: 3204841221		
RECLAMO ☐	QUEJA ☐	SUGERENCIA ☒		
Felicidades por la explicación, pero tal vez subir un poco más el tono de voz				
SPROSIS		SISTEMA GESTIÓN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO		Código: FOR-SST-01s
		GESTIÓN SSTA		Fecha: 10/01/2022
		RECLAMOS, QUEJAS Y SUGERENCIAS		Versión: 2
				Página 1 de 1
Sus sugerencias son importantes dentro de nuestro proceso de mejoramiento continuo				
FECHA: 16-11-22	LUGAR: SPROSIS	DIRECCIÓN:		
NOMBRE Y APELLIDO: Anyibe		CELULAR:		
RECLAMO ☐	QUEJA ☐	SUGERENCIA ☐		
Excelente capacitación, muy buena presentación y adquirir conocimientos, gracias				
RESPUESTA AL RECLAMO, QUEJA Y/O SUGERENCIA:				
QUIEN RESPONDE:				

5.2 Manual de instrucciones

Para la elaboración del instructivo se manejaron los siguientes ítems:

Nombre del experimento, materiales, procedimiento, resultados y análisis. Este último ítem se reflejó en el manual, para que la persona que desee realizar cada experimento tenga en cuenta los posibles resultados que debe arrojar el experimento correctamente realizado. El manual que se elaboró para la empresa se encuentra en anexos.

5.2.1 Experimento 1. Fósforo que levita

- **Diseño del experimento.**

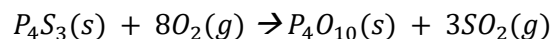
Figura 17

Diseño del experimento 1.



- **Resultado y análisis.** Las cerillas de encendido universal contienen sesquisulfuro de fósforo (P_4S_3), que al reaccionar con oxígeno se libera una gran cantidad de energía suficiente para emprender la combustión, como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 1

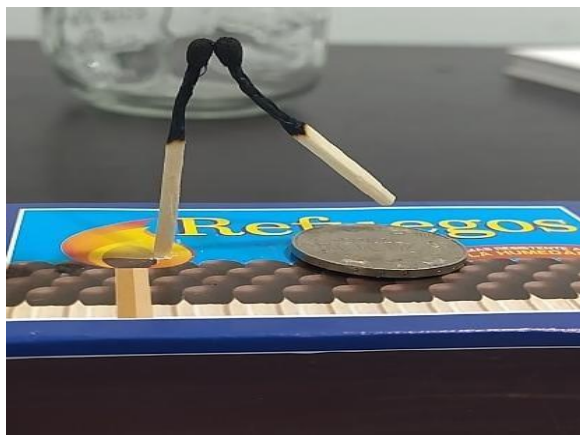


Además, como resultado de la combustión de la madera, se emiten dióxido de carbono y vapor de agua (Prada, 2019). De esta forma, se observa en la **Figura 18**, como un fósforo levita y queda apoyado en la cabeza del fósforo estable, debido a los componentes que este presenta, como se observa en la

Ecuación 1.

Figura 18

Resultado del experimento 1.



5.2.2 Experimento 2. Fuego de colores

- **Diseño del experimento.**

Figura 19.

Diseño del experimento 2.



- **Resultados y análisis.** La coloración de la llama es causada por un cambio en los niveles de energía de algunos electrones de los átomos de los elementos. En una mezcla cada elemento exhibe a la llama su propia coloración, por lo tanto, el color de la llama en una mezcla de elementos estará compuesto por todos los colores de sus componentes, como se observa en la **Figura 20**, la llama presenta un color azul, este color es el emitido por la presencia de alcohol, usado como combustible (Romero, 2015).

Figura 20

Resultado del experimento 2.



5.2.3 Experimento 3. Apagar velas

- **Diseño del experimento.**

Figura 21

Diseño del experimento 3.



- **Resultados y análisis.** Cuando el recipiente tapa las velas, estas se apagan, causando sofocación del oxígeno, que según el triángulo del fuego si uno de los tres elementos, fuente de ignición, comburente y combustible necesarios para la combustión se elimina esta misma desaparece (Hurtado et al., 2020). Seguidamente el agua del plato sube, debido a la existencia de presiones diferentes, tanto al interior del recipiente como al exterior de este mismo, y a la liberación de vapores de la vela.

Figura 22

Resultado del experimento 3.



5.2.4 Experimento 4. Apagar tres velas

- Diseño del experimento.

Figura 23

Diseño del experimento 4.



- **Resultados y análisis.** Se observa que la vela más grande se apaga, luego la mediana y por último la pequeña, debiéndose al agotamiento de oxígeno, de arriba hacia abajo, a causa de que los vapores son invisibles y más pesados que el aire, por lo tanto fluyen hacia abajo acumulándose en el punto más bajo del espacio confinado (Trade, 2021).

Figura 24

Resultado del experimento 4.



5.2.5 Experimento 5. Vaciar humo de una botella

- **Diseño del experimento.**

Figura 25

Diseño del experimento 5.



- **Resultados y análisis.** El alcohol etílico es un líquido incoloro que desprende vapores muy inflamables y forma mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales. Cuando los vapores del etanol se encuentran confinados en un recipiente, su velocidad de combustión aumenta drásticamente convirtiéndose en una deflagración, debido a la presencia del humo (Prada, 2020) como se observa en la **Figura 26**.

Figura 26

Resultado del experimento 5.

**5.2.6 Experimento 6. Atmósfera en ausencia y presencia de oxígeno**

- **Diseño del experimento.**

Figura 27

Diseño del experimento 6.



- **Resultados y análisis.** En este experimento se observa el mismo efecto que el experimento 5, una deflagración, solo que en este caso es sin la presencia de humo, y al momento de accionar nuevamente el encendedor no se genera combustión debido a la ausencia de oxígeno, de acuerdo a los factores del triángulo del fuego.

Figura 28

Resultado del experimento 6.



5.2.7 Experimento 7. Generación de CO_2

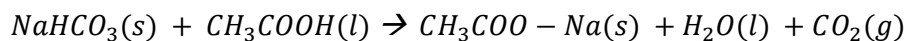
- Diseño del experimento.

Figura 29

Diseño del experimento 7.



- **Resultados y análisis.** En este experimento se observa como el agua sufre un desplazamiento a causa del gas generado en la reacción presente en el matraz, en este caso el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) reacciona con el vinagre produciendo dióxido de carbono, como se observa en la siguiente ecuación (Dubini, 2021)

Ecuación 2

La reacción que ocurre es producida por la efervescencia, que consiste en la producción de burbujas de gas en el seno de un líquido. La reacción comienza en presencia de agua, incluso con pequeñas cantidades que actúa como catalizador de la reacción (Delli, 2017).

Figura 30

Resultado del experimento 7.

**5.2.8 Experimento 8. Exposición a humo**

- **Diseño del experimento.**

Figura 31

Diseño del experimento 8.



- **Resultados y análisis.** En este experimento se observa la coloración amarilla-café que presentan los algodones (interior de los pulmones), inicialmente los pulmones recibían aire y luego del suministro del humo, entregaron dicha coloración, evidenciando contaminación causada por el humo. Este humo causa infiltración neutrofílica y desactivación del surfactante pulmonar, así mismo produce inflamación de las vías respiratorias aumentando las citoquinas inflamatorias y las especies reactivas de oxígeno (López et al., 2014).

Figura 32

Resultado del experimento 8.



5.2.9 Experimento 9. Electrólisis

- **Diseño del experimento.**

Figura 33

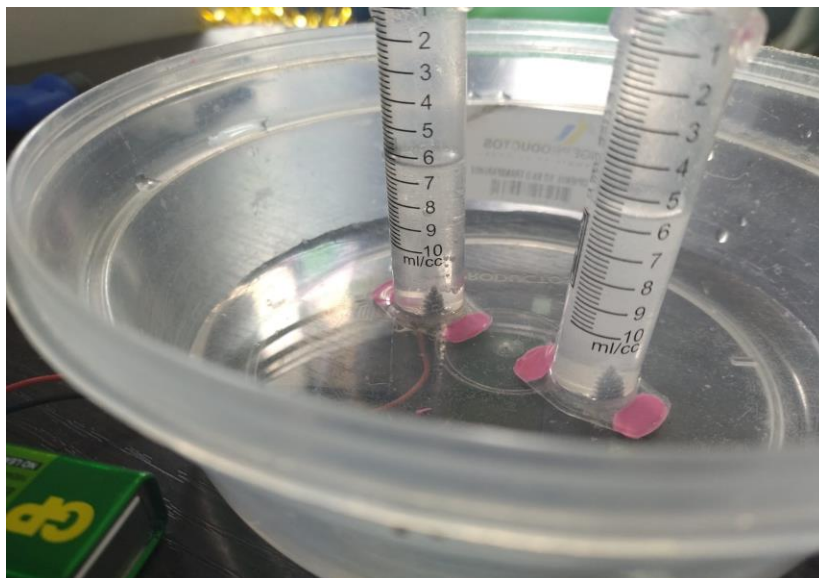
Diseño del experimento 9.



- **Resultados y análisis.** En este experimento se observa la generación de hidrógeno y oxígeno gaseoso al igual que su velocidad de propagación, al someterlos a calor, en una jeringa ocurre una pequeña explosión y en la otra se observa como el fuego aumenta su llama, esto se debe a la presencia de H_2 (cátodo) y O_2 (ánodo) respectivamente, gases que se generaron por el paso de corriente eléctrica entre los electrodos, en este caso los tornillos, descomponiendo de esta manera la molécula del agua en hidrógeno y oxígeno, por la conductividad brindada del bicarbonato de sodio (Torres, 2021).

Figura 34

Resultado del experimento 9.

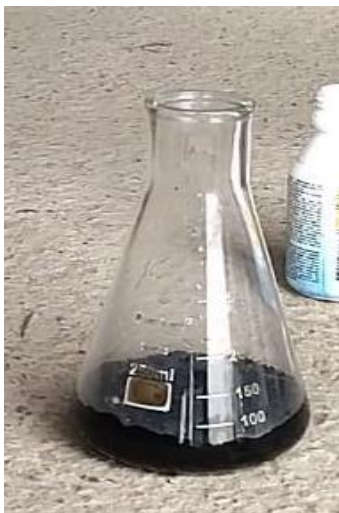


5.2.10 Experimento 10. Generación de oxígeno

- **Diseño del experimento.**

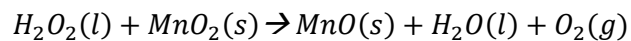
Figura 35

Diseño del experimento 10.

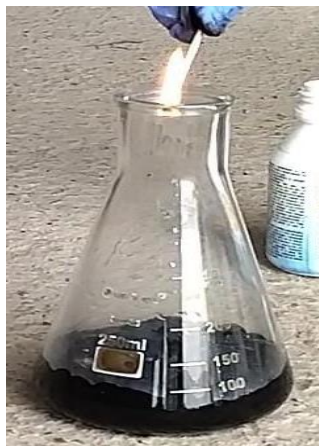


- **Resultados y análisis.** La molécula del agua oxigenada presenta características muy polares y está formada por dos átomos de hidrógeno y 2 de oxígeno, siendo un potente agente oxidante. Es relativamente estable a temperatura ambiente, pero se descompone con facilidad en oxígeno, en agua por calentamiento y por exposición a la luz solar, además, numerosas

sustancias actúan como catalizadores de su descomposición, entre ellas es dióxido de manganeso, de acuerdo a la **Ecuación 3**, (Aguilar, 2011).

Ecuación 3**Figura 36**

Resultado del experimento 10.

**5.2.11 Experimento 11. Bomba de humo**

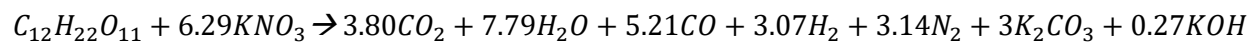
- **Diseño del experimento.**

Figura 37

Diseño del experimento 11.



- **Resultados y análisis.** En este caso se genera combustión por la presencia del azúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$) que actúa como combustible y el nitrato de potasio (KNO_3) que es un agente oxidante, la cantidad de humo es proporcional a la cantidad usada de cada reactivo, la reacción es de acuerdo a la **Ecuación 4** (Robayo et al., 2021).

Ecuación 4**Figura 38**

Resultado del experimento 11.



En resumen, para todos los experimentos se elaboró una tabla (ver **Tabla 3**) indicando el riesgo que presenta y su respectiva conclusión.

Tabla 3

Resumen de los experimentos realizados.

Experimento	Riesgo	Conclusión
Fósforo que levita	Bajo	Se observó la demostración del triángulo del fuego de una forma didáctica, hasta el agotamiento de los tres elementos del triángulo, cuando el fósforo inestable quedó levitando.
Fuego de colores	Bajo	Se observó la demostración del triángulo del fuego mediante llamas de colores, hasta el agotamiento del combustible, en este caso el alcohol.
Apagar una vela	Bajo	Se observó lo que ocurre cuando uno de los elementos del triángulo del fuego se elimina, en este caso el oxígeno, y el concepto de presión.
Apagar tres velas	Bajo	Se observó lo que ocurre cuando uno de los elementos del triángulo del fuego se elimina, en este caso el oxígeno.
Vaciar humo de una botella	Moderado	En este experimento se evidenció el concepto de deflagración y como el humo desaparece a causa de la combustión.
Atmósfera con ausencia y presencia de oxígeno	Moderado	Se observó como la presencia de oxígeno genera combustión y como esta misma agota el oxígeno.
Generación de CO ₂	Bajo	Se observó el comportamiento de un gas, en este caso el dióxido de carbono, evidenciando que puede apagar una vela.
Exposición a humo	Bajo	Se evidenció como la exposición a humo puede generar daño en los pulmones, por lo tanto es indispensable el uso de respiradores.

DESARROLLO PRÁCTICO RESOLUCIÓN 0491 DEL 2020

Electrólisis	Bajo	Se observó el comportamiento tanto del hidrógeno como del oxígeno, el H ₂ generó explosión y el O ₂ aumentó la intensidad de la llama.
Generación de O ₂	Moderado	Se evidenció como el oxígeno aumenta la intensidad de la combustión, siendo este uno de los elementos del triángulo del fuego.
Bomba de humo	Moderado	Se observó como la mezcla de nitrato de potasio y azúcar generan una cantidad considerable de humo, gracias al papel que juega el azúcar (combustible) y el nitrato de potasio (agente oxidante).

6. Conclusiones

Un espacio confinado tiene variedad de peligros, como el tipo de atmósfera y la presencia de gases tóxicos e inflamables, para anticipar estos peligros, tanto el empleado como el empleador debe tener conocimiento del espacio donde se va a trabajar, además de los diferentes conceptos involucrados en un espacio confinado y cómo se desarrolla un plan de emergencia en caso de un posible accidente.

La combustión es un fenómeno muy presente en un espacio confinado, puesto que al tener gases inflamables confinados, con una mínima chispa se genera lo indeseado, una explosión. Por lo tanto, entra el denominado triángulo del fuego, donde solo tres elementos hacen posible la combustión, el oxígeno, calor y combustible, este último puede ser sólido, líquido o gaseoso.

Los experimentos presentados en la exposición, fueron previamente ensayados, verificando su correcto funcionamiento y los correspondientes cuidados en su manipulación, haciendo posible el enfoque hacia un espacio confinado, ofreciéndole al espectador una forma diferente de adquirir conocimiento desde un nivel químico, desde cómo se genera la combustión y el por qué se genera, además demostrando cómo actúan diferentes gases frente a una combustión, dejando estos experimentos en un manual de instrucciones, con su respectiva explicación desde el montaje hasta su funcionamiento.

Referencias

- Aguilar, L., & Durán, C. (2011). *Revista Eureka*. Obtenido de <https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/14550/11-AguilarMu%C3%B1oz-446-453.pdf>
- Alvarez, L. (2020). *UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25543/AlvarezNietoLuisEnriqueRubianoAcostaEdisonFernando2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarez, L., & Rubiano, E. (2020). *UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS*. Obtenido de UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25543/AlvarezNietoLuisEnriqueRubianoAcostaEdisonFernando2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aquae. (Fundación Aquae de 2013). *Fundación Aquae*. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/el-agua-que-sube-por-la-botella/>
- ARL, S. (2020). *ARL SURA*. Obtenido de https://www.arsura.com/images/tar/docs/confinados/espacios_confinados_clasificacion_monitoreo_atmosferico.pdf
- Atencio, L., Rincón, E., & Salamanca, J. (2021). *CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS*. Obtenido de CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13845/1/AtencioLopezLinaMarcela_2021.pdf
- Bedoya, N., & Medina, J. (Agosto de 2021). *Fundación Universidad de América*. Obtenido de <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/8656/1/6161739-2021-2-IQ.pdf>
- Betancourt, S., & Velasquez, J. (2021). *ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES - ECCI*. Obtenido de ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES - ECCI: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1234/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Botta, N. (Octubre de 2012). *RED PROTEGER*. Obtenido de https://www.redproteger.com.ar/miscongresos/jornadaincendio2012/Medicion_Explosividad_Nov2012.pdf
- Botti, L., Mora, C., & Ferrari, E. (13 de Junio de 2022). *ScienceDirect*. Obtenido de ScienceDirect: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2022.104731>
- Butrón, E. (2018). Sistema de gestión de riesgos en Seguridad y Salud en el Trabajo. En E. Butrón, *Sistema de gestión de riesgos en Seguridad y Salud en el Trabajo* (pág. 15). Bogotá: Ediciones de la U.
- Butrón, E. (2018). Sistema de gestión de riesgos en Seguridad y Salud en el Trabajo. En E. Butrón, *Sistema de gestión de riesgos en Seguridad y Salud en el Trabajo* (pág. 15). Bogotá: Ediciones de la U.

- Cañón, N., & López, C. (2021). *ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES - ECCI*. Obtenido de ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES - ECCI:
<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1233/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Carmona, H. (Febrero de 2021). *Consejo Colombiano de Seguridad*. Obtenido de Consejo Colombiano de Seguridad: https://ccs.org.co/wp-content/uploads/2021/02/GT-ESPACIOS_CONFINADOS_CCS_V6_FINAL_CON_ISBN.pdf
- Cienciabit. (2015). *Youtube*. Obtenido de Youtube:
https://www.youtube.com/watch?v=ozko7fkg4Ko&ab_channel=Cienciabit%3ACienciayTecnolog%C3%ADa.
- Cienciabit. (2018). *Youtube*. Obtenido de Youtube:
https://www.youtube.com/watch?v=BOvd8TD3Hil&ab_channel=Cienciabit%3ACienciayTecnolog%C3%ADa.
- Clasesamida. (2019). *Youtube*. Obtenido de Youtube:
https://www.youtube.com/watch?v=2ztA3lR6RmU&ab_channel=clasesamida
- CORPORATIVO, I. (Junio de 2020). *ISQUISA S.A. DE C.V.* Obtenido de
https://isquisa.com/assets/files/HDSLISTOS/%C3%93XIDOS/HDS-Per%C3%B3xido%20de%20Hidr%C3%B3geno%2050_.pdf
- Delli, A., & Martín, P. (Junio de 2017). *Universidad Complutense*. Obtenido de
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/AARON%20DELLI-PAOLI%20MARTIN.pdf>
- Drager. (2004). *Drager*. Obtenido de <https://www.draeger.com/Products/Content/sensoren-br-9069990-es-es.pdf>
- Dubini, E. (2021). *Silvestre*. Argentina: Penguin Random House.
- Guirola, J., Pérez, L., García, Y., O'Rellys, D., & Guedes, R. (2019). *Revista Cubana de Medicina Militar*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubmedmil/cmm-2019/cmm192l.pdf>
- HRom. (2021). *Youtube*. Obtenido de Youtube:
https://www.youtube.com/watch?v=nqeTcagCvZQ&ab_channel=HRom
- Hurtado, Q., Álvarez, J., & Antonio, C. (2020). *Universidad Tecnológica del Perú*. Obtenido de
https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3213/Juan%20Quispe_Claudio%20Alvarez_Trabajo%20de%20Investigacion_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jardel, E., Quintero, S., Lomelí, A., Graf, J., Rodríguez, J., & Pérez, D. (Octubre de 2018). Obtenido de
<https://old-snigf.cnf.gob.mx/wp-content/uploads/Incendios/Insumos%20Manejo%20Fuego/Modelos%20combustibles/Guia%20modelos.pdf>
- Lambert, K. (2016). Obtenido de http://www.cfbt-be.com/images/artikelen/artikel_34_ES.pdf
- Lambert, K. (2016). Obtenido de http://www.cfbt-be.com/images/artikelen/artikel_34_ES.pdf

- Lay, M., & Rios, P. (2021). *Universidad Nacional de Uyacali*. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5089/B72_UNU_INGENIERIAAMBIENTAL_2021_T_MELISSA-LAY_PERCY-RIOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Linde, A. (2015). *Linde*. Obtenido de Linde: [https://www.linde-gas.es/es/images/CS_3_%20v%2012%20\(deficiencia%20de%20ox%C3%ADgeno\)_tcm316-25931.pdf](https://www.linde-gas.es/es/images/CS_3_%20v%2012%20(deficiencia%20de%20ox%C3%ADgeno)_tcm316-25931.pdf)
- Linde, A. (2015). *Linde*. Obtenido de https://www.linde-gas.es/es/images/CS_4_%20v%2012%20%28enriquecimiento%20de%20ox%C3%ADgeno%29_tcm316-25932.pdf
- Loaiza, L., & Taborda, J. (2018). *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES: <https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/2176/1/Juan%20Sebasti%C3%A1n%20Taborda%20Casella.pdf>
- López, M., Mongilardi, N., & Checkley. (2014). *Scielosp*. Obtenido de <https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2014.v31n1/94-99/es>
- LPS, L. i. (2018). *Laboratorios industriales LPS*. Obtenido de <https://laboratorioslps.com/new/wp-content/uploads/2018/12/PD-OT-321-HOJA-DE-SEGURIDAD-LIMPIADOR-MULTIPROP%C3%93SITO-CON-VINAGRE.pdf>
- Meyer, R. q. (15 de Agosto de 2019). *Reactivos Meyer*. Obtenido de https://reactivosmeyer.com.mx/datos/pdf/reactivos/hds_0390.pdf
- MinTrabajo. (24 de Febrero de 2020). *Ministerio de trabajo*. Obtenido de Ministerio de trabajo: <https://ccs.org.co/wp-content/uploads/2020/02/Resolucion-0491del-2020-REGLAMENTO-TRABAJO-SDEGURO-EN-ESPACIOS-CONFINADOS.pdf>
- MMA, D. d. (27 de Junio de 2019). *Dirección de capacitación*. Obtenido de http://biblioteca.malvinasargentinas.ar/gobierno/GOB_teor%C3%ADa_fuego.pdf
- Prada, F. (2019). *Anales de química*. Obtenido de Anales de química: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7285187.pdf>
- Prada, F. (2020). Obtenido de Universidad de Cádiz: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/download/5667/6070/24560#:~:text=El%20alcohol%20et%C3%ADlico%20es%20un,el%20aire%20a%20temperaturas%20normales>.
- PTG, G. (2018). Obtenido de <https://www.ikonorm.com/wp-content/uploads/2020/10/whitepapper-AWS-hoja-seguridad-salud.pdf>
- Ramírez, R. (2020). *GESTIÓN DE TRABAJO EN ESPACIOS CONFINADOS*. Obtenido de GESTIÓN DE TRABAJO EN ESPACIOS CONFINADOS: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37038/Ram%C3%ADrezAlbad%C3%A1nRa%C3%BAlHern%C3%A1n2020.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rasbak. (2021). *Youtube*. Obtenido de Youtube:

https://www.youtube.com/watch?v=trvQ613bAHU&ab_channel=Rasbak

Raúl, R. (2020). *Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37038/Ram%c3%adrezAlbad%c3%a1nRa%c3%balHern%c3%a1n2020.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Robayo, R., Portocarrero, J., Meneses, J., Salgado, J., Martínez, S., Delgado, F., & Gómez, A. (2021).

Revista UIS. Obtenido de

<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/11068/11311>

Romero, Í., & Dávila, K. (2015). *Universidad Técnica de Machala*. Obtenido de

<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6643/1/10%20PRINCIPIOS%20BASICOS%20DE%20QUIMICA%20ANALITICA%20CUALITATIVA.pdf>

Rueda, L., Naranjo, G., & Tapias, W. (2020). *POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO*. Obtenido de

POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO:

<https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/2797/Trabajo%20de%20grado-%20Luis-%20Guillermo%20-%20Wilson.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salazar, J. (Febrero de 2020). *Universidad Tecnológica del Perú*. Obtenido de

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4380/Jhony_Salazar_Quispe_Trabajo_de_Suficiencia_Profesional_Titulo_Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sciencebits. (2019). *Youtube*. Obtenido de Youtube:

https://www.youtube.com/watch?v=F4WfCejFp8I&ab_channel=ScienceBits

SURA, A. (2020). *ARL SURA*. Obtenido de ARL SURA:

<https://www.arlsura.com/images/tar/docs/confinados/Guia%20Espacios%20Confinados%20Resolucion%200491%20de%202020.pdf>

Torres, M., & Gutierrez, N. (2021). *Universidad EIA*. Obtenido de

https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/5325/TorresMarcos_2022_Dise%c3%b1oCeldaGeneracion.pdf?sequence=11&isAllowed=y

Trade, C. (2021). *Cámara de comercio*. Obtenido de Cámara de comercio:

<https://casanaretrade.com/wp-content/uploads/2022/06/4CLASIFICACION-DE-MERCANCIAS-PELIGROSASs.pdf>

Vasquez, D. (2021). *Universidad de los Andes*. Obtenido de

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55261/26460.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

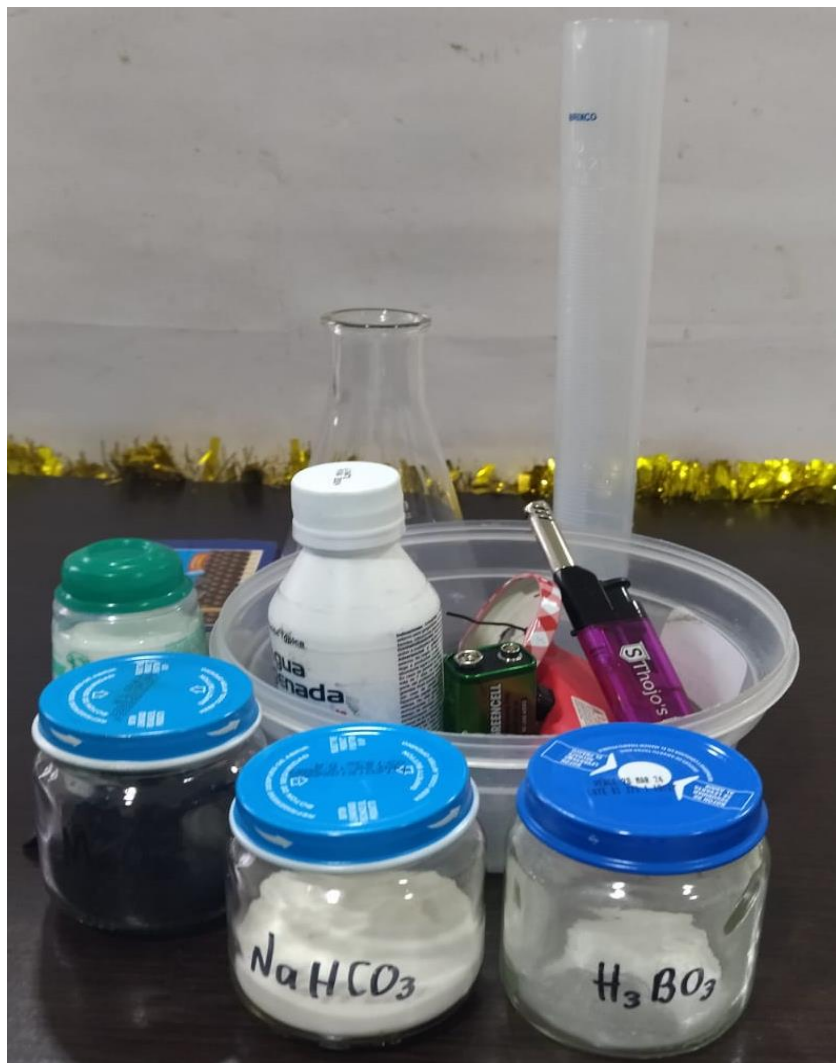
Anexos

Figura 39

Evidencia de exposición oral.

Manual de instrucciones

Desarrollo práctico de la resolución 0491 del 2020



Versión 1

Diciembre 2022

Sprosis de Colombia S.A.S

Introducción

La seguridad y la salud en el trabajo, es un sistema que se gestiona para asegurar el bienestar físico y mental del trabajador, controlar y prevenir riesgos que comprometan la seguridad y salud del mismo, con ello se brinda calidad de vida al empleado y un entorno laboral con las condiciones óptimas de trabajo, contribuyendo a la eficiencia y productividad del trabajador, favoreciendo su sentido de pertenencia, oportunidades de desarrollo y una mayor confianza en sí mismo, al observar como el/la gerente demuestra preocupación por la salud mental y física de sus empleados (Butrón, 2018).

Empresas con actividades económicas de alto riesgo como el desarrollo de trabajos en espacios confinados, deben dar a conocer medidas preventivas y correctivas respecto a esta actividad, los diferentes métodos que se deben realizar en caso de un peligro o riesgo que se pueda presentar allí, para anticipar estas medidas se debe contar con conocimiento previo de lo que es un espacio confinado, los tipos de atmosfera que se presentan, elementos de protección personal al ingresar en un espacio confinado, tipos de ventilación a suministrar dentro de un espacio confinado y las personas involucradas en estas actividades a desarrollar.

El presente proyecto acerca del desarrollo práctico de la resolución 0491 de 2020 para la empresa Sprosis de Colombia S.A.S en Aguazul Casanare, se desarrolla con la finalidad de dar a conocer la resolución 0491 de 2020 de una forma práctica, mediante la elaboración de experimentos a escala laboratorio, aplicando conceptos como la combustión (triángulo del fuego) y comportamiento de gases en un espacio confinado, por lo tanto, se busca la forma de generar conocimientos sólidos en los diferentes riesgos que se pueden encontrar allí, brindando información útil para la formación en espacios confinados.

1. Desarrollo práctico de la resolución 0491 de 2020

Para el desarrollo de cada uno de los experimentos se debe tener en cuenta las propiedades de cada reactivo a manipular, por lo tanto, al momento de realizar cada experimento se debe tener conocimiento previo de los reactivos, sus hojas de seguridad se encuentran adjuntas al final del manual.

1.1 Experimento 1. Fósforo que levita

1.1.1 Materiales

- Bicarbonato de sodio
- Sal marina
- Ácido bórico
- Alcohol
- Tres tapas metálicas
- Fuente de ignición

1.1.2 Procedimiento

En este experimento se ancla un fósforo a la caja de fósforos y el siguiente fósforo se ubica en una moneda, de forma que ambos fósforos queden con sus cabezas juntas y posteriormente con una fuente de ignición se suministra fuego a los dos fósforos.

1.1.3 Diseño del experimento

Figura 40

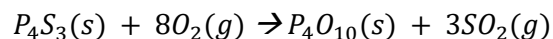
Diseño del experimento 1.



1.1.4 Resultado y análisis

Las cerillas de encendido universal contienen sesquisulfuro de fósforo (P_4S_3), que al reaccionar con oxígeno se libera una gran cantidad de energía suficiente para emprender la combustión, como se muestra en la siguiente ecuación:

Ecuación 5

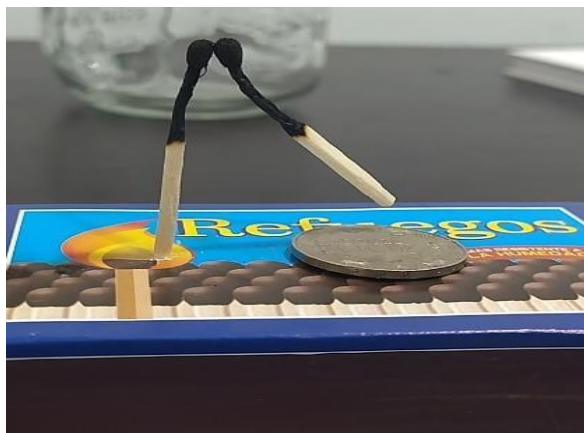


Además, como resultado de la combustión de la madera, se emiten dióxido de carbono y vapor de agua (Prada, 2019).

De esta forma, se observa en la **Figura 41**, como un fósforo levita y queda apoyado en la cabeza del fósforo estable, debido a los componentes que este presenta, como se observa en la ecuación 1.

Figura 41

Resultado del experimento 2.



1.2 Experimento 2. Fuego de colores

1.2.1 Materiales

- Bicarbonato de sodio
- Sal marina
- Ácido bórico
- Alcohol
- Tres tapas metálicas

- Fuente de ignición

1.2.2 Procedimiento

En este experimento se procede a añadir 2 g de bicarbonato de sodio y 2 mL de alcohol en una tapa metálica, en la siguiente sal marina con alcohol y en el siguiente ácido bórico con alcohol, utilizando las mismas medidas en gramos y volumen, posteriormente se agregó fuego hasta notar la llama en cada una de las tapas.

1.2.3 Diseño del experimento

Figura 42

Diseño del experimento 2.



1.2.4 Resultados y análisis

La coloración de la llama es causada por un cambio en los niveles de energía de algunos electrones de los átomos de los elementos. En una mezcla cada elemento exhibe a la llama su propia coloración, por lo tanto, el color de la llama en una mezcla de elementos estará compuesto por todos los colores de sus componentes, como se observa en la **Figura 43**, la llama presenta un color azul, este color es el emitido por la presencia de alcohol, usado como combustible (Romero, 2015).

Figura 43

Resultado del experimento 2.



1.3 Experimento 3. Apagar velas

1.3.1 Materiales

- Recipiente hondo
- Agua
- Colorante
- Una vela grande o tres pequeñas
- Recipiente de vidrio transparente
- Fuente de ignición

1.3.2 Procedimiento

Para este experimento se vierte agua con colorante en el recipiente hondo de tal manera que la vela se mantenga adherida al recipiente, es decir, que no flote, luego se enciende la vela y se tapa con el recipiente de vidrio, boca abajo.

1.3.3 Diseño del experimento

Figura 44

Diseño del experimento 3.



1.3.4 Resultados y análisis

Cuando el recipiente tapa las velas, estas se apagan, causando sofocación del oxígeno, que según el triángulo del fuego si uno de los tres elementos, fuente de ignición, comburente y combustible necesarios para la combustión se elimina esta misma desaparece (Hurtado et al., 2020). Seguidamente el agua del plato sube, debido a la existencia de presiones diferentes, tanto al interior del recipiente como al exterior de este mismo, y a la liberación de vapores de la vela.

Figura 45

Resultado del experimento 3.



1.4 Experimento 4. Apagar tres velas

1.4.1 Materiales

- Tres velas de diferente tamaño
- Una tapa metálica
- Botella de vidrio transparente
- Fuente de ignición

1.4.2 Procedimiento

Para este experimento se pegan las tres velas de diferente tamaño en la tapa metálica, luego se coloca la botella de vidrio boca abajo de tal manera que tape las tres velas encendidas.

1.4.3 Diseño del experimento

Figura 46

Diseño del experimento 4.



1.4.4 Resultados y análisis

Se observa que la vela más grande se apaga, luego la mediana y por último la pequeña, debiéndose al agotamiento de oxígeno, de arriba hacia abajo, a causa de que los vapores son invisibles y más pesados que el aire, por lo tanto fluyen hacia abajo acumulándose en el punto más bajo del espacio confinado (Trade, 2021).

Figura 47

Resultado del experimento 4.



1.5 Experimento 5. Vaciar humo de una botella

1.5.1 Materiales

- Botella de vidrio
- Cilindro de papel
- Alcohol
- Fuente de ignición
- Una vela

1.5.2 Procedimiento

En este experimento se procede a llenar de la botella de humo con el cilindro de papel, previamente encendido en un extremo, y el otro extremo se acerca a la boca de la botella, posteriormente se añade una cucharada de alcohol a la botella y se agita de tal forma que este quede impregnado en las paredes de la botella, y por último se acerca a una vela encendida.

1.5.3 Diseño del experimento

Figura 48

Diseño del experimento 5.



1.5.4 Resultados y análisis

El alcohol etílico es un líquido incoloro que desprende vapores muy inflamables y forma mezclas explosivas con el aire a temperaturas normales. Cuando los vapores del etanol se encuentran confinados en un recipiente, su velocidad de combustión aumenta drásticamente convirtiéndose en una deflagración, debido a la presencia del humo (Prada, 2020) como se observa en la **Figura 49**.

Figura 49

Resultado del experimento 5.



1.6 Experimento 6. Atmósfera en ausencia y presencia de oxígeno

1.6.1 Materiales

- Recipiente cilíndrico de vidrio transparente con su tapa
- Encendedor largo
- Algodón
- Alcohol

1.6.2 Procedimiento

Para este experimento se procede a desarmar el encendedor de tal forma que queden cerca los dos cables que generan la chispa al accionar el encendedor, luego se perfora la tapa del recipiente para dar paso a estos dos cables, posteriormente se arma una bola de algodón y se humedece con alcohol, después se introduce en el recipiente, posteriormente se sella con su respectiva tapa y se acciona el encendedor hasta generar una leve combustión.

1.6.3 Diseño del experimento

Figura 50

Diseño del experimento 6.**1.6.4 Resultados y análisis**

En este experimento se observa el mismo efecto que el experimento 5, una deflagración, solo que en este caso es sin la presencia de humo, y al momento de accionar nuevamente el encendedor no se genera combustión debido a la ausencia de oxígeno, de acuerdo a los factores del triángulo del fuego.

Figura 51*Resultado del experimento 6.*



1. 7 Experimento 7. Generación de CO_2

1.7.1 Materiales

- Matraz Erlenmeyer con tapón
- Probeta
- Manguera plástica
- Ácido acético
- Bicarbonato de sodio
- Recipiente hondo
- Colorante

1.7.2 Procedimiento

Se procede a llenar la totalidad de la probeta con la mezcla agua - colorante, de tal manera que cubra todo el volumen de la misma, luego se coloca boca abajo en un recipiente con la mezcla agua - colorante, por otro lado, el tapón del Erlenmeyer se perfora de tal manera que permita el paso de la manguera plástica, una vez conectada la manguera con el matraz se pasa a la probeta evitando que ingresen burbujas de aire, en el matraz se añaden aproximadamente 5g de bicarbonato y se añade ácido

acético hasta que genere el gas suficiente para desplazar el agua de la probeta, y se coloca el tapón rápidamente.

1.7.3 Diseño del experimento

Figura 52

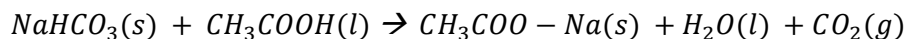
Diseño del experimento 7.



1.7.4 Resultados y análisis

En este experimento se observa como el agua sufre un desplazamiento a causa del gas generado en la reacción presente en el matraz, en este caso el bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) reacciona con el vinagre produciendo dióxido de carbono, como se observa en la siguiente ecuación (Dubini, 2021)

Ecuación 6



La reacción que ocurre es producida por la efervescencia, que consiste en la producción de burbujas de gas en el seno de un líquido. La reacción comienza en presencia de agua, incluso con pequeñas cantidades que actúa como catalizador de la reacción (Delli, 2017).

Figura 53

Resultado del experimento 7.



1.8 Experimento 8. Exposición a humo

1.8.1 Materiales

- Tres globos
- Manguera plástica
- Una botella plástica 400 mL
- Cilindro de papel
- Fuente de ignición
- Algodón
- Pistola de silicona
- Barras de silicona

1.8.2 Procedimiento

Se procede a armar dos bolas de algodón que se introducen en cada uno de los globos, posteriormente, se hace una Y con la manguera plástica, en los dos extremos de la Y se conecta una bomba con su respectiva bola de algodón, se asegura con cinta adhesiva para evitar fugas y sostener los globos, luego

se perfora la tapa de la botella para conectar la Y de forma invertida, el fondo de la botella se corta y se coloca un globo, que funciona como inyector y eyector de aire, al extremo de la Y que sale de la tapa de la botella se le ajusta un cilindro de papel encendido, para el suministro de humo a los dos globos que funcionan como pulmones.

1.8.3 Diseño del experimento

Figura 54

Diseño del experimento 8.



1.8.4 Resultados y análisis

En este experimento se observa la coloración amarilla-café que presentan los algodones (interior de los pulmones), inicialmente los pulmones recibían aire y luego del suministro del humo, entregaron dicha coloración, evidenciando contaminación causada por el humo. Este humo causa infiltración neutrofílica y desactivación del surfactante pulmonar, así mismo produce inflamación de las vías respiratorias aumentando las citoquinas inflamatorias y las especies reactivas de oxígeno (López et al., 2014).

Figura 55

Resultado del experimento 8.



1. 9 Experimento 9. Electrólisis

1.9.1 Materiales

- Pila 9 V
- Cables eléctricos
- Recipiente hondo
- Dos jeringas
- Bicarbonato de sodio
- Agua
- Fuente de ignición
- Dos tornillos metálicos

1.9.2 Procedimiento

Se realiza una mezcla con bicarbonato de sodio y agua en el recipiente, posteriormente se perfora el recipiente de tal manera que se puedan introducir los dos tornillos, luego el volumen de las jeringas se ocupa con la mezcla de bicarbonato de sodio – agua, colocándolas boca abajo en la zona del tornillo, la boca de la jeringa se adhiere al fondo del recipiente con plastilina, para permitir el desplazamiento del agua, por último, los cables eléctricos se conectan a los tornillos y a la pila.

1.9.3 Diseño del experimento

Figura 56

Diseño del experimento 9.

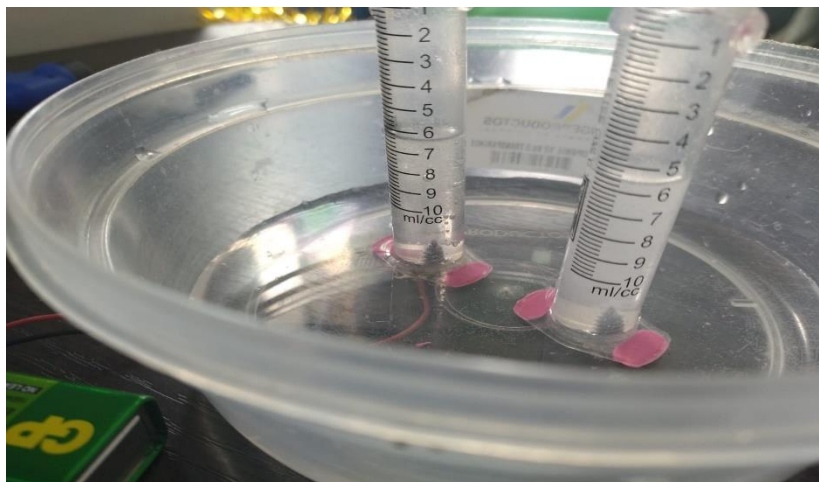


1.9.4 Resultados y análisis

En este experimento se observa la generación de hidrógeno y oxígeno gaseoso al igual que su velocidad de propagación, al someterlos a calor, en una jeringa ocurre una pequeña explosión y en la otra se observa como el fuego aumenta su llama, esto se debe a la presencia de H_2 (cátodo) y O_2 (ánodo) respectivamente, gases que se generaron por el paso de corriente eléctrica entre los electrodos, en este caso los tornillos, descomponiendo de esta manera la molécula del agua en hidrógeno y oxígeno, por la conductividad brindada del bicarbonato de sodio (Torres, 2021).

Figura 57

Resultado del experimento 9.



1.10 Experimento 10. Generación de oxígeno

1.10.1 Materiales

- Dióxido de manganeso
- Peróxido de hidrogeno
- Matraz Erlenmeyer
- Palito de madera
- Fuente de ignición

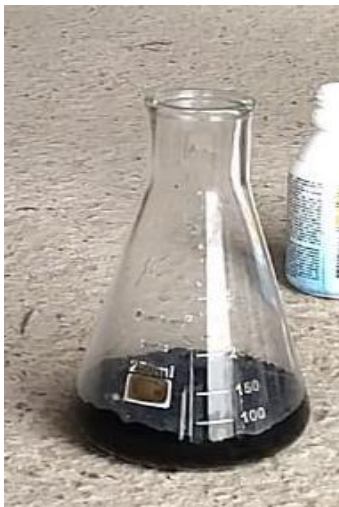
1.10.2 Procedimiento

En el matraz Erlenmeyer se agrega 2g de dióxido de manganeso extraído de una pila de carbón y zinc (tipo C), seguidamente se añade 5mL de peróxido de hidrogeno, conocido como agua oxigenada, y se agita el matraz, posteriormente se enciende un palito de madera y se acerca a la boca del Erlenmeyer.

1.10.3 Diseño del experimento

Figura 58

Diseño del experimento 10.



1.10.4 Resultados y análisis

La molécula del agua oxigenada presenta características muy polares y está formada por dos átomos de hidrógeno y 2 de oxígeno, siendo un potente agente oxidante. Es relativamente estable a temperatura ambiente, pero se descompone con facilidad en oxígeno, en agua por calentamiento y por exposición a la luz solar, además, numerosas sustancias actúan como catalizadores de su descomposición, entre ellas es dióxido de manganeso, de acuerdo a la **Ecuación 3** (Aguilar, 2011)

Ecuación 7

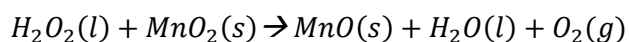


Figura 59

Resultado del experimento 10.



1.11 Experimento 11. Bomba de humo

1.11.1 Materiales

- Nitrato de potasio
- Azúcar
- Papel aluminio
- Mecha de una vela
- Fuente de ignición

1.11.2 Procedimiento

Se mezcla nitrato de potasio (40 g) y azúcar (20 g) en un cuadro de papel aluminio, posteriormente se sella con el mismo papel y se introduce una mecha extraída de una vela para posteriormente acercarla a una fuente de ignición.

1.11.3 Diseño del experimento

Figura 60

Diseño del experimento 11.



1.11.4 Resultados y análisis

En este caso se genera combustión por la presencia del azúcar ($C_{12}H_{22}O_{11}$) que actúa como combustible y el nitrato de potasio (KNO_3) que es un agente oxidante, la cantidad de humo es proporcional a la cantidad usada de cada reactivo (Robayo et al., 2021).

Figura 61

Resultado del experimento 11.



Para la elaboración de cada uno de los experimentos se tuvo en cuenta la manipulación y características de cada reactivo usado, por lo tanto, se anexan las hojas de seguridad correspondientes.

ÁCIDO BÓRICO

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
ÁCIDO BÓRICO	ÁCIDO ORTOBÓRICO	H₃BO₃	61.83 g/mol

2. Identificación de peligros

Indicaciones de peligro

H361 Susceptible de perjudicar la fertilidad o dañar al feto.

Identificador SGA



Consejos de prudencia

P403+P233	Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente.
P280	Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
P308+P313	EN CASO DE EXPOSICIÓN: Consultar a un médico.
P405	Guardar bajo llave.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



Protección de las vías respiratorias.



Protección de la piel.



4. Otra información



ÁCIDO ACÉTICO

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
ÁCIDO ACÉTICO	VINAGRE	CH₃COOH	60.05 g/mol

2. Identificación de peligros

De acuerdo con los criterios del SGA, este producto se considera No Peligroso.

Consejos de prudencia

- P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
- P301+P330+P331 EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
- P307+310 EN CASO DE EXPOSICIÓN: Llamar inmediatamente a un centro de toxicología o a un médico.
- P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



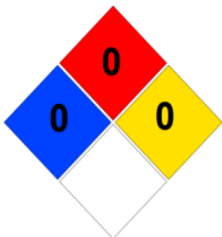
Protección de la piel.



Protección de las vías respiratorias.



4. Otra información



ALCOHOL ETILICO

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
ALCOHOL ETILICO	ETANOL	CH₃CH₂OH	46.07 g/mol

2. Identificación de peligros

Indicaciones de peligro

H225 Líquido y vapores muy inflamables.

H319 Provoca irritación ocular grave.

Identificador SGA



Consejos de prudencia

P210	Mantener alejado del calor, chispas u otra fuente de ignición.
P220	Mantener alejado de la ropa y otros materiales combustibles.
P280	Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
P405	Guardar bajo llave.
P305+P351+P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.
P264	Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.
P370+P378	EN CASO DE INCENDIO: Utilizar arena seca, o espuma seca resistente al alcohol para la extinción.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



Protección de las vías respiratorias.



Protección de la piel.



4. Otra información



BICARBONATO DE SODIO

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
BICARBONATO DE SODIO	CARBONATO ÁCIDO DE SODIO	NaHCO₃	84.01 g/mol

2. Identificación de peligros

Indicaciones de peligro

H323 Nocivo si se inhala

Identificador SGA



Consejos de prudencia

- P264 Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.
- P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.
- P280 Llevar gafas/máscara de protección.
- P301+P312+P330 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un centro de toxicología/médico si la persona se encuentra mal. Enjuagarse la boca.
- P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



Protección de la piel.



Protección de las vías respiratorias.



4. Otra información



CLORURO DE SODIO

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
CLORURO DE SODIO	SAL	NaCl	58.44 g/mol

2. Identificación de peligros

Indicaciones de peligro

H303 Puede ser nocivo en caso de ingestión.

H319 Provoca una irritación ocular grave.

Identificador SGA



Consejos de prudencia

P264 Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P301+P312+P330 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un centro de toxicología/médico si la persona se encuentra mal. Enjuagarse la boca.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



Protección de las vías respiratorias.



4. Otra información



DIÓXIDO DE MANGANESO

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
DIÓXIDO DE MANGANESO	ÓXIDO DE MANGANESO (IV)	MNO₂	86.94 g/mol

2. Identificación de peligros

Indicaciones de peligro

H332 Nocivo si se inhala.

H302 Nocivo en caso de ingestión.

Identificador SGA



Consejos de prudencia

P264 Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P301+P312+P330 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un centro de toxicología/médico si la persona se encuentra mal. Enjuagarse la boca.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.

P370+P378 EN CASO DE INCENDIO: Utilizar arena seca, o espuma seca resistente al alcohol para la extinción.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



Protección de la piel.



Protección de las vías respiratorias.



4. Otra información



NITRATO DE POTASIO

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
NITRATO DE POTASIO	N/D	KNO₃	101.10 g/mol

2. Identificación de peligros

Indicaciones de peligro

H272 Puede agravar un incendio.

H303 Puede ser nocivo en caso de ingestión.

Identificador SGA



Consejos de prudencia

P210 Mantener alejado del calor, chispas u otra fuente de ignición.

P220 Mantener alejado de la ropa y otros materiales combustibles.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.

P264 Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.

P370+P378 EN CASO DE INCENDIO: Utilizar arena seca, o espuma seca resistente al alcohol para la extinción.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



Protección de las vías respiratorias.



Protección de la piel.



4. Otra información



PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
PERÓXIDO DE HIDROGENO	AGUA OXIGENADA	H₂O₂	34.01 g/mol

2. Identificación de peligros

Indicaciones de peligro

H272 Puede agravar un incendio.

H335 Puede irritar las vías respiratorias.

H302+H332 Nocivo en caso de ingestión o in
Identificador SGA



Consejos de prudencia

P264 Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.

P301+P312+P330 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un centro de toxicología/médico si la persona se encuentra mal. Enjuagarse la boca.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



Protección de las vías respiratorias.



Protección de la piel.



4. Otra información



SACAROSA

1. Identificación del producto

Nombre químico:	Sinónimos:	Fórmula:	Peso molecular:
SACAROSA	AZÚCAR	C₁₂H₂₂O₁₁	342.30 g/mol

2. Identificación de peligros

Indicaciones de peligro

N/D

Identificador SGA



Consejos de prudencia

- P264 Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.
- P301+P312+P330 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un centro de toxicología/médico si la persona se encuentra mal. Enjuagarse la boca.
- P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
- P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir enjuagando.

3. Protección personal

Protección de los ojos/la cara.



Protección de las vías respiratorias.



Protección de la piel.



4. Otra información

