



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN**

**TEMA:**

---

**“EXPOSICIÓN LABORAL AL SULFURO DE HIDRÓGENO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EMPRESA TEIMSA”**

---

Trabajo de graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

**Sublínea de Investigación:** Sistemas de administración de la salud, seguridad ocupacional y medio ambiente

**AUTOR:** Pazmiño Pérez Andrea Patricia

**TUTOR:** Ing. Jessica Paola López Arboleda, Mg

Ambato – Ecuador

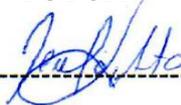
Marzo - 2018

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “EXPOSICIÓN LABORAL AL SULFURO DE HIDRÓGENO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EMPRESA TEIMSA”, de la señorita Pazmiño Pérez Andrea Patricia, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Marzo, 2018

TUTOR



Ing. Jessica Paola López Arboleda, Mg

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “EXPOSICIÓN LABORAL AL SULFURO DE HIDRÓGENO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EMPRESA TEIMSA”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato marzo, 2018



---

Pazmiño Pérez Andrea Patricia

CC: 160046677-3

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato marzo, 2018



---

Pazmiño Pérez Andrea Patricia

CC: 160046677-3

## **APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA**

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EXPOSICIÓN LABORAL AL SULFURO DE HIDRÓGENO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EMPRESA TEIMSA”, presentado por la Señorita Pazmiño Pérez Andrea Patricia de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

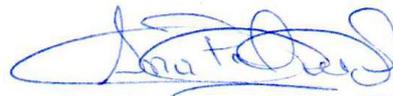


Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Mg. Edison Jordán  
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Mg. Ana María Pilco  
DOCENTE CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

*A mis padres y hermanos, José  
María, Ángela y Andrés y a mi  
esposo e hijas Alejandro,  
Jennifer y Salomé, quienes con su  
apoyo se han convertido en mi  
inspiración para conseguir las  
metas propuestas.*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi Dios porque a pesar de los obstáculos me ha dado la fuerza necesaria para continuar en el camino del bien, mi guía espiritual quien me ha sabido llenar de esperanza, sabiduría y de fortaleza para nunca rendirme.*

*A mi hermosa familia quienes a pesar de las circunstancias me han ayudado de gran manera para poder salir adelante en todo momento.*

*A los docentes que han estado presentes con sus conocimientos y experiencias impartidas, y me ha sido de gran ayuda a la hora de iniciar mis primeros pasos en mi vida profesional.*

*A la Universidad y a la FISEI que me ha dado la oportunidad de llegar a ser una profesional.*

*A TEIMSA que me abrió las puertas para iniciar mi carrera y aportar en mi experiencia como profesional.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORÍA.....	ii
DERECHOS DE AUTOR.....	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xv
GLOSARIO.....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	xix
CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	1
1.3. Delimitación .....	3
1.3.1. Delimitación de contenidos .....	3
1.3.2. Delimitación espacial .....	3
1.3.3. Delimitación temporal.....	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos .....	4
1.5.1. Objetivo general .....	4
1.5.2. Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II .....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes investigativos .....	6
2.2. Fundamentación teórica .....	9
2.2.1. Contaminantes químicos .....	9
2.2.2. Sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S).....	10
Efectos del sulfuro de hidrógeno sobre la salud.....	11

Normativa.....	12
Niveles de exposición al sulfuro de hidrógeno permitido.....	12
Evaluación de la exposición a contaminantes químicos .....	14
Valores referenciales ambientales .....	15
2.2.3. Higiene industrial .....	16
Control de las exposiciones.....	16
2.3. Propuesta de solución.....	17
CAPÍTULO III.....	18
METODOLOGÍA .....	18
3.1. Modalidad de la investigación.....	18
3.1.1. Tipos o niveles .....	18
3.2. Población y muestra .....	18
3.3. Recolección de la información.....	19
3.4. Procesamiento y análisis de datos .....	19
3.5. Desarrollo del proyecto .....	19
CAPITULO IV.....	21
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	21
4.1 Información general de la Empresa TEIMSA.....	21
4.1.1. Misión y Visión. ....	24
4.2. Descripción actual de la planta de tratamiento. ....	24
4.2.1. Identificación de las áreas de tratamiento del agua .....	27
4.3. Identificación de la fuente emisora de sulfuro de hidrógeno. ....	33
4.4. Identificación de riesgos de exposición al sulfuro de hidrógeno en los trabajadores de la planta de tratamiento de aguas industriales de la empresa TEIMSA.....	36
4.4.1. Elaboración de la matriz de riesgos químicos .....	36
5.3.2. Evaluación del grado de concentración de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales.....	55
4.4 Determinación de medidas de control para reducir la exposición a sulfuro de hidrógeno.....	62
4.5. Discusión y Resultados. ....	68
CAPÍTULO V .....	73
5.1 Conclusiones y recomendaciones .....	73
ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efectos en diferentes niveles de sulfuro de hidrógeno.....	11
Tabla 2 Límites regionales de exposición laboral para H2S.....	15
Tabla 3 Población de la empresa TEIMSA.....	19
Tabla 4 Áreas de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	28
Tabla 5 Descripción de actividades en las áreas de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	31
Tabla 6 ¿Cree ud que su lugar de trabajo tiene exposición a riesgos de tipo químico? .....	38
Tabla 7 ¿Mencione en que actividades de las que realiza diariamente tiene más riesgo de exposición a los riesgos químicos? .....	39
Tabla 8 ¿Posee un procedimiento que establezcan las actividades que debe realizar para manejo de químicos?.....	40
Tabla 9 ¿Tiene acceso a las hojas de seguridad en caso de algún imprevisto con los químicos que utiliza?.....	41
Tabla 10 Cree que se encuentra totalmente capacitado en lo que respecta a riesgos químicos? .....	42
Tabla 11 De las siguientes opciones señale el orden de actividades las considera con riesgos químicos para su salud, desde un valor 3 como máximo y un valor 1 como mínimo?.....	43
Tabla 12 Ha recibido de la empresa el equipo de protección personal necesario para el desarrollo de las actividades que realiza? .....	44
Tabla 13 Para actividades de manteniendo de las instalaciones de la planta de tratamiento existe algún documento que establezca las normas de seguridad para efectuar dichas actividades con seguridad?.....	45
Tabla 14 Determine el grado de importancia para las siguientes actividades que son considerados de riesgos químicos siendo 1 el más alto y 3 el más bajo: .....	46
Tabla 15 Factor riesgo químico, muestreo.....	47
Tabla 16 Factor riesgo químico, control de variables .....	48
Tabla 17 Factor riesgo químico, Reposición de Inventario. ....	49
Tabla 18 Factor riesgo químico, dosificación de ácidos .....	50

Tabla 19 Factor riesgo químico, dosificación de polímero.....	51
Tabla 20 Factor riesgo químico, dosificación de PAC. ....	52
Tabla 21 Factor riesgo químico, manipulación de químicos. ....	53
Tabla 22 Factores de riesgo químico para la planta de tratamiento .....	54
Tabla 23 Consideraciones de lecturas .....	59
Tabla 24 Resumen de concentración diaria de sulfuro de hidrógeno en cada actividad .....	61
Tabla 25 Exposición sulfuro de hidrógeno utilizando medidas de control .....	65
Tabla 26 Equipo de seguridad para el personal de la planta de tratamiento .....	67
Tabla 27 Ahorro de consumo de ácido fórmico.....	69
Tabla 28 Costo de construcción de nuevo laboratorio .....	70
Tabla 29 Comparación del grado de concentración de sulfuro de hidrógeno para la actividad de muestreo.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Clasificación de los contaminantes químicos según la forma en que se presentan .....	10
Fig. 2 Valoración para estimación del riesgo (Ministerio de Trabajo) .....	14
Fig. 3 Ubicación de la empresa TEIMSA .....	21
Fig. 4 Mapa de procesos de TEIMSA .....	22
Fig. 5 Descripción de los procesos productivos de TEIMSA y los contaminantes generados.....	23
Fig. 6 Rejilla manual y automática .....	25
Fig. 7 Tanque de Homogenización .....	25
Fig. 8 Tubería que conecta el tanque de homogenización y el tanque biológico.....	26
Fig. 9 Tanque Biológico.....	26
Fig. 10 Clarificador Secundario .....	27
Fig. 11 Diagrama actual de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	28
Fig. 12 Bodega de la planta de tratamiento.....	29
Fig. 13 Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales .....	30
Fig. 14 TK2- Tubo para dosificar ácido sulfúrico.....	34
Fig. 15 Oxido de la estructura metálica de las instalaciones en la PTAR.....	35
Fig. 16 Ingreso al laboratorio de la PTAR .....	35
Fig. 17 Laboratorio de la PTAR sobre TK1- tanque de homogenización .....	36
Fig. 18 ¿Cree ud que su lugar de trabajo tiene exposición a riesgos de tipo químico? .....	38
Fig. 19 ¿Mencione en que actividades de las que realiza diariamente tiene más riesgo de exposición a los riesgos químicos? .....	39
Fig. 20 Posee un procedimiento que establezcan las actividades que debe realizar para manejo de químicos?.....	40
Fig. 21 ¿Tiene acceso a las hojas de seguridad en caso de algún imprevisto con los químicos que utiliza?.....	41
Fig. 22 Cree que se encuentra totalmente capacitado en lo que respecta a riesgos químicos? .....	42
Fig. 23 De las siguientes opciones señale el orden de actividades las considera con riesgos químicos para su salud, desde un valor 3 como máximo y un valor 1 como mínimo?.....	43

Fig. 24 Ha recibido de la empresa el equipo de protección personal necesario para el desarrollo de las actividades que realiza? .....	44
Fig. 25 Para actividades de manteniendo de las instalaciones de la planta de tratamiento existe algún documento que establezca las normas de seguridad para efectuar dichas actividades con seguridad?.....	45
Fig. 26 Determine el grado de importancia para las siguientes actividades que son considerados de riesgos químicos siendo 1 el más alto y 3 el más bajo: .....	46
Fig. 27 Detector de gas tango TX1 para sulfuro de hidrógeno .....	55
Fig. 28 Componentes del equipo.....	56
Fig. 29 Componentes internas del equipo.....	57
Fig. 30 Calibración de sensores .....	58
Fig. 31 Valores de exposición diaria al sulfuro de hidrógeno por actividades en la planta de tratamiento de aguas residuales .....	62
Fig. 32 Dosificación del ácido fórmico.....	63
Fig. 33 Nueva ubicación del laboratorio de la PTAR .....	64
Fig. 34 Equipos y materiales para control de variables. ....	64
Fig. 35 Valoración del sulfuro de hidrógeno por fechas.....	66
Fig. 36 Colocación de señalética en cada área de la PTAR.....	68
Fig. 37 Diseño de la campana para extracción de gases en el laboratorio de la planta de tratamiento.....	72

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de investigación titulado “Exposición laboral al sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa TEIMSA” registra cinco capítulos, los mismos que se detallan a continuación:

En el primer capítulo se especifica el problema y la causa raíz que genera la presencia del sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa TEIMSA, ya que este compuesto, al ser un elemento gaseoso y que al ser liberado en el ambiente se lo puede distinguir con facilidad por su olor característico a huevo podrido; este gas al estar presente en altas concentraciones en el medio laboral puede ser considerado como una sustancia de alto riesgo que afecta a los trabajadores provocando diferentes tipos de enfermedades profesionales y a su vez constituyendo una afección en el desempeño óptimo de los trabajadores de la empresa reduciendo sus valores de productividad; de igual manera se establece que el objetivo principal es evaluar el grado de exposición laboral al sulfuro de hidrógeno.

El segundo capítulo hace referencia a los antecedentes investigativos, es decir, a algunos trabajos previos que se relacionan con la presencia del sulfuro de hidrógeno y qué se ha hecho al respecto para mitigar este problema; de igual manera, se detalla la teoría que permite la comprensión y asimilación de los conceptos necesarios para desarrollar el proyecto de investigación y efectivizar los objetivos planteados.

En el tercer capítulo se explica paso a paso la metodología que se utiliza para determinar el grado de concentración de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales; se especifican las actividades a realizar, las metodologías empleadas para la recolección de la información las mismas que permiten cumplir con la propuesta de solución.

En el cuarto capítulo se efectiviza la propuesta de solución, para esto se recurre a la identificación de los procesos inherentes al tratamiento de aguas residuales, en donde se analiza la presencia de las fuentes emisoras de sulfuro de hidrógeno con el fin de conocer los puntos estratégicos en donde se realiza las mediciones de este gas. De igual manera se elabora la matriz de riesgos químicos utilizando el formato del Ministerio de Relaciones Laborales del Ecuador, el mismo que permite determinar que la

presencia de este gas en el medio laboral genera un riesgo significativo tanto para el personal operativo de la planta de tratamiento como para los demás trabajadores que laboran en la empresa. El promedio de la concentración diaria del sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA es de 1,03 ppm. Para este caso se verifica que los valores superan al TVL – TWA establecido por la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) la cual establece como límite de 1,0 ppm

En el quinto capítulo se establecen las conclusiones y recomendaciones que se generan al finalizar el trabajo investigativo para lo cual se expresa que para reducir el riesgo de exposición en el medio transmisor, se realiza planos de reubicación del laboratorio de la planta de tratamiento, con instalaciones y equipos adecuaciones y necesarios que garanticen que el personal operativo realice sus actividades diarias en un lugar con aire renovado y dentro de los valores estándares permisibles por la ACGIH, de igual manera se actúa sobre la fuente emisora, reemplazando el uso del ácido sulfúrico por el ácido fórmico para el control de ph en el tanque biológico. Una medida de control en la fuente receptora, en este caso el personal, se dota de los equipos de protección necesaria como botas, guastes de nitrilo, mascarillas con filtros para vapores orgánicos, entre otros detallados en presente trabajo de investigación.

## EXECUTIVE SUMMARY

This research work has five chapters, which are detailed below: the first chapter specifies the problem and the cause generated by the presence of hydrogen sulfide in sewage treatment plant the company TEIMSA industrial, since this compound, being a gaseous element and that to be released into the environment can it be distinguished easily by their characteristic rotten egg smell; This gas to be present in high concentrations in the working environment can be considered as a substance of high risk which affects workers causing different types of occupational diseases and at the same time constituting a condition in the performance optimum of the workers of the company by reducing their productivity values; Likewise establishes that the main objective is to assess the degree of occupational exposure to hydrogen sulphide.

The second chapter makes reference to the research background, i.e. to some previous work related to the presence of hydrogen sulphide and what had been done in this regard to mitigate this problem; Similarly, details the theory that allows the understanding and assimilation of the concepts needed to develop the research project and make the goals.

The third chapter explains step by step the methodology used to determine the degree of concentration of hydrogen sulphide in the waste water treatment plant; Specifies the activities to perform, the methodologies used for the collection of information which allow compliance with the proposed solution.

In the fourth chapter, the proposed solution, is effective for this use the identification of the processes inherent to wastewater treatment, where the presence of the hydrogen sulfide sources is analyzed in order to know the strategic points where is this gas measurements. In the same way prepares matrix of chemical risks using the format of the Ministry of labour relations of Ecuador, which allows you to determine that the presence of this gas in the workplace creates a significant risk for staff operating the treatment plant as to other workers working in the company. The average daily concentration of hydrogen sulphide in the company TEIMSA wastewater treatment plant is 1.03 ppm. In this case check that values outweighed the TVL - TWA established by ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) which set as the limit of 1.0 ppm.

The fifth chapter establishes the conclusions and recommendations that are generated at the end of the investigative work for which it is expressed that to reduce the risk of exposure in the average transmitter, held flat relocation of the laboratory of the plant of treatment, with facilities and equipment adjustments and necessary to ensure that operating personnel perform their daily activities in a place with renewed air and within the values permissible standards by the ACGIH, of equal way it acts on the source, replacing the use of sulphuric acid by the formic acid to control pH in biological tank. A measure of control in receiving source, in this case the staff, is endowed of the protective equipment required as boots, gloves nitrile, masks with filters for organic vapors, among others detailed in this research work.

## GLOSARIO

**PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**TLV:** Valor umbral límite

**TWA:** Concentración promedio ponderada para 8 horas que no deberá ser superada en ningún turno de 8 horas para semanas laborables de 40 horas.

**TLV-TWA:** Valor límite ambiental publicado por la ACGIH

**ACGIH:** American Conference of Industrial Hygienists, o bien la Sociedad Americana de Higienistas Industriales. Asociación con sede USA que agrupa a más de 3000 profesionales de la Higiene del Trabajo que desarrollan su labor en instituciones públicas y universidades en todo el mundo.

**OSHA:** Organismo de Administración federal con competencia en el establecimiento de las normas legales relativas a la preservación de riesgos y promoción de la salud en el trabajo laboral.

**SULFURO DE HIDRÓGENO:** Es un gas tóxico de olor inconfundible a huevos podridos. Se origina en la descomposición bacteriana de la materia orgánica. Fórmula H<sub>2</sub>S.

**DIFUSORES:** Los difusores son utilizados ya sea para mezclar, circular, o disolver aire dentro del agua. La aireación se utiliza con frecuencia como un método secundario en el tratamiento de las aguas residuales.

**PROCESO BIOLÓGICO:** Proceso que consiste en desarrollar un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua.

**AGUAS RESIDUALES.** Aguas alteradas en su composición, resultado de haber sido utilizadas en procesos productivos.

**ORGANISMOS AEROBIOS:** Se denominan aerobios o aeróbicos a los organismos que pueden vivir o desarrollarse en presencia de oxígeno.

**ORGANISMOS ANAEROBIOS:** Organismos que catabolizan y asimilan sus alimentos en ausencia de oxígeno.

**PAC:** Policloruro de Aluminio, utilizado principalmente para remover color y materia coloidal en las plantas de tratamiento.

**POLÍMERO:** Es utilizado como un auxiliar de coagulación, para controlar la estabilizada de las suspensiones, que favorecen la separación del sólido, empleando operaciones de sedimentación, flotación o filtración.

**ÁCIDOS:** En la planta de tratamiento de aguas residuales se hace uso de los ácidos para control de PH en el proceso tratamiento biológico.

**PH:** Potencial de hidrógeno; es una variable que permite controlar los procesos biológicos del tratamiento de las aguas residuales; la mayoría de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales se desarrollan en un rango de pH óptimo entre 6,5 y 8,5 unidades.

**PPM:** Partes por millón. Medida adimensional de la concentración, que expresa el número de unidades de peso de soluto por millón de unidades de peso de solución.

**MEDIDOR DE GAS:** Equipo o instrumento que detecta, mide o sensa la concentración de un determinado gas en la atmósfera.

**EPP:** Equipo de protección personal.

## INTRODUCCIÓN

La emisión de olores generadas en las plantas de tratamiento ya instaladas sumado a la carencia de un control y el desconocimiento de las normativas legales por parte de los empresarios, han dado inicio a conflictos entre la población y la reubicación de las industrias manufactureras. Entre las industrias que exponen a las personas a la presencia del sulfuro de hidrógeno en sus actividades rutinarias son las minerías, las fábricas de papel, las plantas de tratamiento, refinerías de petróleo y curtiembres, pues este gas incoloro conocido también como gas de alcantarilla, es el causante de las emisiones de malos olores de forma natural, ya que estas industrias contienen procesos en donde es inevitable la descomposición de la materia orgánica produciendo un hedor insoportable al redor de las fuentes emisoras.

La presente investigación hace referencia a la exposición laboral al sulfuro de hidrógeno en una planta de tratamiento de aguas residuales industriales, por lo tanto es necesario conocer que los olores son generados por la liberación de sulfuro de hidrógeno proveniente de cada etapa del proceso de tratamiento de aguas residuales, por tal motivo es indispensable identificar las fuentes de emisión, analizar las condiciones que aportan a la producción de este gas, a la liberación y dispersión del mal olor, realizar las mediciones de sulfuro de hidrógeno necesarias en la fuente emisora, conocer los valores límites permisibles para las personas que se encuentran expuestas a este gas y plantear alternativas que permitan prevenir enfermedades profesionales y afecciones en la salud de la población.

El sulfuro de hidrógeno presente en la planta de tratamiento constituye un factor de riesgo químico para el personal que trabaja en la empresa, por lo que se debe controlar a través de la implementación de diferentes técnicas, siendo la de más utilidad la técnica que controla el riesgo en la fuente, pero debido al inconveniente de cambiar los procesos internos en la planta de tratamiento, para controlar la fuente emisora, se propone realizar control en el receptor y en el medio transmisor, las mismas que mejorarán las condiciones de trabajo para las personas afectadas por la presencia de los malos olores.

El objetivo determinante de esta investigación es evaluar el grado de exposición laboral al sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales

industriales con el fin de garantizar el cumplimiento de los límites permisibles en la normativa de seguridad y salud ocupacional.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Tema**

Exposición laboral al sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa TEIMSA

### **1.2. Planteamiento del problema**

A nivel mundial las plantas de tratamiento de aguas residuales, se han convertido en una herramienta básica impulsadora de la preservación del medio ambiente, no obstante, la principal problemática que ha conllevado a una determinación radical como clausura o desistir de una instalación, ha sido la emisión de malos olores provenientes del tratamiento de las aguas y de la degradación de la materia orgánica propia del proceso [3].

Actualmente la contaminación por malos olores ha tenido un notable incremento en los últimos años y tienden a causar daño en un 25% de la población de Madrid y Barcelona, mientras que en el resto de Europa oscila entre el 13 y 20%, según comentan los expertos. Legislativamente no se cuenta con un procedimiento claro que garantice medidas preventivas para combatir este problema, pero es una realidad los datos alarmantes que se manejan en cuanto a la gravedad que conlleva la emanación de gases a la atmósfera [1].

En Ecuador, hoy en día, se están llevando a cabo muchas campañas ambientales cuyo objetivo es la concientización del cuidado del medio ambiente y la reducción del impacto ambiental que indirectamente las industrias están causando al planeta, es por este motivo que muchas de las empresas manufactureras que generen desechos contaminantes líquidos, han sentido la necesidad de implementar en sus procesos una

planta de tratamiento de aguas residuales que reduzcan el nivel de contaminación como resultado de sus procesos internos. Industrialmente las textileras son fuertes consumidoras de químicos necesarios para sus procesos por lo tanto llegan a contribuir notablemente en la contaminación del medio ambiente, ya que son productos que se evaporan al medio circundante convirtiéndose en una fuente de riesgos para las personas que trabajan en este tipo de industria [2].

La emanación de gases contaminantes a la atmósfera, resultado de los procesos industriales, han venido causando una serie de impactos ambientales las mismas que se pueden evidenciar con la presencia de efectos tales como la lluvia ácida, el efecto invernadero, la contaminación fotoquímica, entre otros. La concentración de gases en el ambiente puede llegar a ser nocivo para las vías respiratorias por la presencia de olores desagradables que alteren la calidad de vida de las personas, considerando que el olfato humano es muy sensible y es capaz de detectar olores a muy bajos niveles de concentración [4].

La presencia de mal olor, característico de las plantas de tratamiento, se produce por la condición anaerobia o séptica del proceso. Los organismos que se desarrollan en las aguas residuales, conocidos como sulfato reductores, se metabolizan en este tipo de aguas, para lo cual utilizan el ión del sulfato ( $\text{SO}_4$ ) como fuente de oxígeno, y como resultado de esta actividad se obtiene la presencia de sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) cuya composición química le permite tener una baja solubilidad en el agua y como medio de desfogue emana un irritante olor característico a huevos putrefactos añadiendo la característica de ser un gas de alto potencial corrosivo, afectando notablemente las instalaciones eléctricas, construcciones y herramientas metálicas [5].

Las personas que se exponen a tiempos prolongados al sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) presentan afecciones como irritación en sus ojos y en su aparato respiratorio, inclusive cuando se habla de inhalar este gas, puede provocar dolor de cabeza, náuseas, pérdida de peso, y otros síntomas debido a daños cerebrales, si la exposición a una concentración de 250 ppm, puede llegar a causar edema pulmonar y neumonitis bronquial, además si la exposición es a 500 ppm y 30 minutos llega a provocar además de lo anterior mencionado diarrea, cansancio, excitación e inconciencia [6].

La Empresa TEIMSA, es una empresa textilera, cuyo objetivo principal es la elaboración de hilos y telas pesadas y semipesadas 100% algodón de alta calidad, esta empresa, vio la necesidad de implementar una planta de tratamiento que procese las aguas residuales provenientes del proceso de tinturado de telas [7].

El proceso de tratamiento de aguas residuales en la empresa libera al medio ambiente cantidades no controladas de sulfuro de hidrógeno como respuesta al proceso de fermentación anaeróbica de la materia orgánica presente en aguas residuales, esto sucede mayormente en el interior de las tuberías que transportan las aguas residuales, si no hay oxígeno, los microorganismos se alimentan y producen sulfuro de hidrógeno, lo cual se denomina septicidad, dichas condiciones están afectando al personal de la empresa que percibe estos malos olores [8]. Actualmente la empresa no cuenta con un estudio del grado de concentración de sulfuro de hidrógeno que permita identificar los riesgos que generan este gas al cual están expuestos los trabajadores que diariamente desarrollan sus actividades en la empresa.

### **1.3. Delimitación**

#### **1.3.1. Delimitación de contenidos**

**Área académica:** Industrial y Manufactura

**Línea de investigación:** Sistemas de control

**Sublínea de investigación:** Sistemas de administración de la salud, seguridad ocupacional y medio ambiente.

#### **1.3.2. Delimitación espacial**

La presente investigación se lleva a cabo en la empresa “TEIMSA” ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Santa Rosa, Km. 7 ½ vía a Guaranda.

#### **1.3.3. Delimitación temporal**

El desarrollo del presente trabajo de investigación se realiza en el periodo académico Septiembre 2017 – Marzo 2018, en un lapso de seis meses.

#### **1.4. Justificación**

Este proyecto es de interés, ya que se pretende realizar el análisis de la exposición laboral al sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo del personal operativo y reducir los riesgos químicos que alteren la salud y bienestar ocupacional.

Existe **factibilidad** para realizar este proyecto porque se dispone de los conocimientos y predisposición del investigador y del tutor, la facilidad para acceder a la información ya que existe la total apertura de la alta dirección de la empresa, suficiente bibliografía, recursos tecnológicos y económicos necesarios y el tiempo previsto para culminar el proyecto de grado.

La investigación tendrá **utilidad teórica** porque contribuye a la comunidad Universitaria como fuente de consulta. Mientras que la **utilidad práctica** se lo demuestra con la presentación de una propuesta de solución al problema investigado.

El presente trabajo de titulación proporcionará un **aporte metodológico** al departamento de seguridad y salud ocupacional de la empresa generando innovadores criterios y metodologías para realizar procedimientos y procesos seguros.

La investigación pretende cumplir lo planteado en la **misión y visión** de la empresa, las mismas que buscan mejorar las condiciones de seguridad y salud de sus colaboradores, a través del cumplimiento de las exigencias legales y reglamentarias vigentes en el país.

Con el desarrollo del presente proyecto los beneficiarios directos serán todo el personal que brinda sus servicios profesionales en la empresa TEIMSA, puesto que les permitirá realizar sus actividades en un ambiente libre de agentes químicos que alteren su salud y bienestar personal.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

- Evaluar el grado de exposición laboral al sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de la Empresa TEIMSA.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Identificar las fuentes emisoras de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA.
- Medir el grado de concentración de sulfuro de hidrógeno en las fuentes emisoras utilizando mediciones de campo y guiándose en la Normativa Legal vigente.
- Establecer las acciones necesarias para reducir la exposición laboral al sulfuro de hidrógeno.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes investigativos**

En la Universidad de Cádiz de la Facultad De Ciencias Departamento De Ingeniería Química, Tecnología De Alimentos Y Tecnologías Del Medio Ambiente en el año 2007, el Sr. Martin Ramírez Muñoz realizó “VIABILIDAD DE UN PROCESO PARA LA ELIMINACIÓN CONJUNTA DE H<sub>2</sub>S Y NH<sub>3</sub> CONTENIDO EN EFLUENTES GASEOSOS” donde llegó a concluir que en la realización del proceso de inmovilización in situ, le permitió llegar a la cantidad máxima necesaria de bacterias inmovilizadas durante el periodo de tiempo requerido, lo que le permitió realizar la comparación de ambas técnicas de inmovilización, concluyendo que dicha inmovilización in situ presenta una mayor velocidad de consumo de sustrato, constituyéndose en la técnica de fácil escalamiento y el soporte no necesitó de mucha manipulación, ya que todo el proceso se realizó dentro del biofiltro, de igual manera ideó que es necesaria una fase de adaptación de la biopelícula, ya que se alcanzan porcentajes de eliminación muy altos desde los primeros instantes de operación de los biofiltros [9].

En la Universidad de Chile en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología, en el año 2009, el Sr. Claudio Manuel Escobar Antoine realizó: “ESTUDIO DE LA REDUCCIÓN DE AZUFRE ELEMENTAL Y PRODUCCIÓN DE SULFURO DE HIDRÓGENO EN BIOREACTORES ANAERÓBICOS” lo que le permitió llegar a concluir que para el proceso de bioreducción de azufre elemental es más conveniente el empleo un reactor gaslift que el reactor agitado mecánicamente, pues le permitió lograr un patrón de

mezclado aceptable, una buena suspensión de azufre y mayores velocidades de formación de producto para menores consumos de potencia, de esta manera el desarrollo de un modelo fenomenológico que describió la bioreducción de azufre elemental, se determinó los parámetros cinéticos de la reacción en el reactor agitado mecánicamente. Se pudo ajustar adecuadamente el modelo para la concentración de bacterias suspendidas y para el radio promedio de partículas de azufre. No fue posible lograr lo mismo para la concentración del ion sulfuro ácido; una efectuada en su totalidad las actividades propuestas, existió la posibilidad de llevar a cabo la bioreducción de azufre elemental en un reactor agitado mecánicamente y en un reactor gaslift, cumpliendo satisfactoriamente los objetivos específicos propuestos, ya que se logró identificar las variables críticas del sistema y las etapas limitantes de la velocidad de la reacción, se logró estudiar la adherencia bacteriana, se pudieron identificar posibles intermediarios de la reacción y fue posible determinar parámetros cinéticos mediante el desarrollo de un modelo fenomenológico [10].

En la Universidad el Rosario la Srta. Hovanna Torres Castro, previo a la obtención del título de Msc en salud Ocupacional y Ambiental, en el año 2015 desarrolló: “CARACTERIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A LOS GASES, DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>), SULFURO DE HIDRÓGENO (H<sub>2</sub>S), Y MONÓXIDO DE CARBONO (CO), Y LA PERCEPCIÓN DE SALUD DE LOS TRABAJADORES, EN UNA EMPRESA DEL SECTOR HIDROCARBURO EN COLOMBIA”, donde se pudo evidenciar que los resultados obtenidos por el autor, indica que el 100% de los trabajadores son de género masculino y se desempeñan en cargos de operadores, recorredores de pozos de crudo y supervisores, siendo el 97% de los operadores quienes tienen más de cuarenta años de edad y el 80% de los mismos ha laborado por más de 6 años en la compañía, en cuanto a la percepción de los trabajadores sobre su estado de salud el 90% afirma que su salud es buena, el 97% respondió que no presenta problemas respiratorios, el 23% manifiesta que presenta trastornos dermatológicos y el 27% indican que presenta dolor de cabeza constante, por lo que al realizar la revisión de los informes de calidad de aire disponibles se encontró que las mediciones de dióxido de azufre SO<sub>2</sub>, monóxido de carbono CO se encuentran dentro del rango definido como el de menor impacto para la salud humana. De los datos del informe se puede concluir que la calidad del aire es buena en el 100% de las áreas de influencia de las estaciones de tratamiento de crudo. Según los informes

de higiene industrial el 34% de las instalaciones presenta concentraciones de Sulfuro de Hidrógeno ( $H_2S$ ) en el límite permisible para exposiciones crónicas en un promedio ponderado de tiempo (TLV-TWA) y el límite permisible para exposiciones agudas en un límite de exposición a corto plazo (TLV-STEL), por lo que solo el 37% de los trabajadores objeto de este estudio percibe el riesgo por la exposición a factores de riesgo químicos y son claramente conscientes que se encuentran expuestos a estos riesgos por la manipulación de productos químicos y exposición a sustancias químicas producto de sus actividades rutinarias, el 73% no percibe el riesgo de exposición por su actividad laboral; los factores de riesgo ambiental y ocupacional, de los gases y vapores generados se deben al proceso de tratamiento de crudo, están mutuamente relacionados dado que al generarse una emisión y/o escape no controlado como consecuencia se tiene una afectación directa al medio ambiente y a los trabajadores [11].

De acuerdo a la publicación de Nogue S, Sanz-Gallén P, Vilche D y Fernández- Sola J, en su publicación titulada “Secuelas neurológicas irreversibles causadas por una exposición al sulfuro de hidrógeno en un accidente laboral” sintetizan que el sulfuro de hidrógeno es un gas que puede llegar a ser muy tóxico, el mismo que impacta en el ser humano en primera instancia por las vías respiratorias, segundo por la vía cutánea, llegando incluso a la sangre dejando secuelas en el sistema nervioso central. Para este estudio se tomó como paciente a un varón de 40 años de edad que sufrió de intoxicación de sulfuro de hidrógeno, mientras realizaba tareas de mantenimiento industrial de refinado de hidrocarburos sin utilizar ningún EPP. Su diagnóstico por intoxicación dejó secuelas neurológicas irreversibles y síndrome de fatiga crónica, dejándolo en estado inválido de cualquier actividad laboral. Por tal razón es importante saber que como medidas de prevención de riesgos laborales, es necesario que los trabajadores estén plenamente conscientes de los riesgos que conllevan las actividades que expone a este tipo de gas, para lo cual debe estar capacitado si sus actividades involucra desarrollar tareas con presencia inevitable de sulfuro de hidrógeno y más aún cuando éstas sean dentro de espacios confinados, para lo cual es imprescindible la dotación y el uso adecuado del equipo de protección personal [11].

En el artículo titulado “Disminución de la contaminación ambiental por sulfuro de hidrógeno en la tecnología ácida de Níquel y Cobalto” publicado por la revista cubana

de química en el año 2005, resalta en sus conclusiones que existen varios procedimientos químicos que de ser aplicados permitirán disminuir el impacto ambiental que genera el sulfuro de hidrógeno en la atmósfera, para lo cual se recomienda evaluar el procedimiento de separación y absorción del  $H_2S$  residual en una solución amoniacal, permitiendo obtener  $NH_4HS$ , dicho subproducto posteriormente se utilizaría en el proceso Caron en la precipitación de cobalto, lo cual es un producto costoso y de alta demanda así también la absorción de  $H_2S$  de los gases residuales de las corrientes líquidas con el  $Fe_2O_3$  de las colas de mineral [12].

Referenciando al artículo científico titulado: “Malos olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos” cuya publicación corresponde al congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales en el año 2000, menciona que para llevar a cabo una tecnología del biofiltro es importante enfocar esfuerzos en aquellos rubros que permitan desarrollar nuevos medios filtrantes con el fin de favorecer a la retención de humedad existente, también que posean una alta disponibilidad de nutrientes y de superficie para el soporte de los microorganismos así como medios filtrantes con alta porosidad y bajas caídas de presión, de igual manera el desarrollo de mejores técnicas para el control de pH, humedad y nutrientes en el medio filtrante con el objeto de incrementar su vida útil. La demanda de una tecnología para el control de olores es amplia y será mayor conforme la legislación especifique un mayor control en la emisión de olores a la atmósfera ya que existen muy pocas empresas en el ámbito internacional que ofrecen tecnologías biológicas para el control de emisiones a la atmósfera y el mercado ha sido cubierto en su mayor parte por procesos de tipo fisicoquímico. En este sentido, se prevé una importante participación en el ámbito académico y comercial, no sólo en México, sino también en América Latina [13].

## **2.2. Fundamentación teórica**

### **2.2.1. Contaminantes químicos**

Se considera como contaminante químico a aquella sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores,

con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas, en la figura 1 se muestra como se clasifican los químicos que existen en la atmósfera y a los cuales las personas están expuestas a la hora de desarrollar sus actividades.

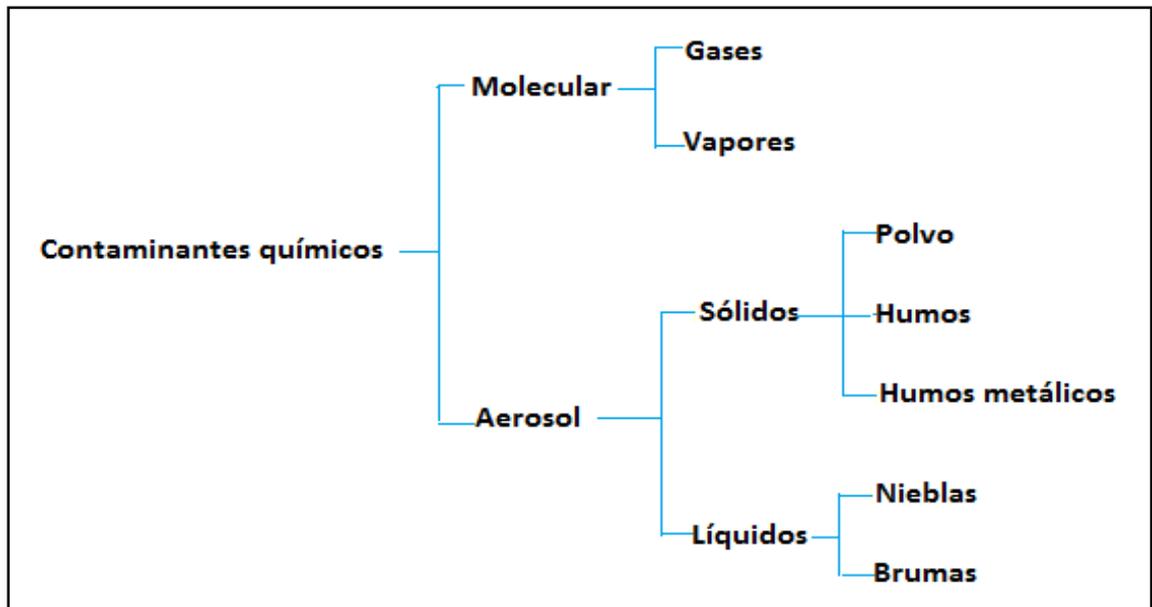


Fig. 1 Clasificación de los contaminantes químicos según la forma en que se presentan

- **Gases:** Son sustancias que a temperatura y presión ambientales normales, (25 °C y 760mmHg) se encuentran en estado gaseoso. Ejemplos: nitrógeno, argón, dióxido de carbono, acetileno, etc. [14].

A continuación, se realizará un enfoque al Sulfuro de hidrógeno, gas que será nuestro objeto de estudio.

### 2.2.2. Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)

El sulfuro de hidrógeno, conocido también como ácido sulfhídrico, gas sulfhídrico, hidrógeno sulfurado, etc., es un hidrácido cuya nomenclatura es H<sub>2</sub>S. Este gas, se caracteriza por ser un gas más pesado que el aire, es inflamable, incoloro, tóxico, odorífero: su olor es el de materia orgánica en descomposición, como de huevos podridos.

En diferentes procesos industriales se utiliza sulfuro de hidrógeno o se puede formar a través de reacciones químicas, como ocurre en las industrias del curtido y manufactura de pieles, producción y refinación de petróleo, vulcanización del caucho, fabricación de pasta de papel, celofán, colas, fibras sintéticas, fieltros, seda, productos depilatorios,

sulfuro de carbono, tintes, colorantes y hasta más de setenta actividades laborales diferentes [13].

#### **Efectos del sulfuro de hidrógeno sobre la salud**

Este gas actúa directamente sobre el sistema nervioso central, provocando parálisis de centros respiratorios, debido a que se une a la metahemoglobina de una forma similar a los cianuros. Su medio de transporte es a través del torrente sanguíneo que reacciona con algunas enzimas, lo que provoca inhibición de la respiración celular, parálisis pulmonar y la muerte. Los primeros síntomas de intoxicación, de manera general, son: náusea, vómito, diarrea, irritación de la piel, lagrimeo, falta de olfato y visión nublada. Por lo que, para prevenir estos riesgos a la salud de los trabajadores, los cuales se encuentran o se podrían encontrar expuestos a esta sustancia, se necesita contar con medidas de prevención o de protección de acuerdo con los niveles de exposición o riesgos.

El H<sub>2</sub>S es extremadamente tóxico y causa de una gran cantidad de muertes, no sólo en áreas de trabajo abiertas, sino también en áreas de acumulación natural como cisternas, drenajes, ductos o tanques de almacenamiento [14].

A continuación, se detalla los efectos de distintos niveles de Sulfuro de Hidrógeno. Ver Tabla 1.

Tabla 1 Efectos en diferentes niveles de sulfuro de hidrógeno

<b>SULFURO DE HIDRÓGENO</b>	
<b>Nivel de H<sub>2</sub>S en ppm</b>	<b>Efecto en el ser humano</b>
0,13	Olor mínimo perceptible
4,6	Se detecta fácilmente
10	Comienza a irritarse los ojos
27	Olor intenso y desagradable, pero tolerable
100	Tos, irritación ocular, pérdida del sentido del olfato después de 2 a 5 minutos.
200 – 300	Conjuntivitis aguda (inflamación en los ojos) e irritación del tracto respiratorio tras una hora de exposición.
500 – 700	Pérdida de la conciencia, cese (interrupción o pausa) de la respiración y muerte.
1000 – 2000	Pérdida inmediata de la conciencia, cese rápido de la respiración y muerte en pocos minutos. La persona puede fallecer incluso si se la aleja inmediatamente del lugar hacia el aire fresco.

## **Normativa**

En el Ecuador el Ministerio de Relaciones Laborales a través de la dirección de Seguridad y Salud en el Trabajo es la entidad pertinente en determinar las directrices que regulen la seguridad y salud de los trabajadores en las empresas.

Considerando los derechos de los empleados y las obligaciones de los empleadores, se ha creado un programa llamado Sistemas de Gestión en las industrias del país en donde constan los siguientes lineamientos:

- Instrumento Andino (Decisión 584) y Reglamento del Instrumento (957)
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo – Decreto Ejecutivo 2393
- Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas
- Convenios OIT relacionados a la Seguridad y Salud ratificados por Ecuador
- Reglamento de Seguridad del Trabajo contra Riesgos en Instalaciones de Energía Eléctrica
- Fe de erratas s/n (a la publicación del acuerdo no. Mdt2015- 0141, instructivo para el registro de Reglamentos y Comités de Higiene y Seguridad en el trabajo del Ministerio del Trabajo, efectuada en el registro oficial no. 540 De 10 de julio de 2015).
- Acuerdo no. Mdt-2014-0243 (se reforma el acuerdo no. Mrl-2012-203, Manual de requisitos y definición del Trámite de aprobación del reglamento de seguridad y salud) [15]

## **Niveles de exposición al sulfuro de hidrógeno permitido**

**NIOSH:** El Instituto de Salud y Seguridad Ocupacional de Estados Unidos (NIOSH) es una agencia de gobierno federal que tiene un mandato para dar información sobre los niveles seguros de exposición a compuestos químicos en el área de trabajo. Es parte de los Centros de Control de Enfermedades de Estados Unidos. NIOSH ha recomendado una concentración “techo” para el nivel de exposición para el H<sub>2</sub>S en el aire es de 10 partes por millón o 15 miligramos por metro cúbico. La especificación de concentración techo significa que nunca debería excederse este nivel de exposición.

**OSHA:** son las siglas en inglés de Administración de Salud y Seguridad Ocupacional. También es una agencia de gobierno federal que opera bajo el Departamento de

Trabajo de Estados Unidos, y tiene un deber similar a NIOSH en términos de que debe publicar límites permitidos de exposición para varios compuestos químicos. Los límites permitidos de exposición de OSHA para el H<sub>2</sub>S son de 10 partes por millón, como una exposición promedio para un día de trabajo de ocho horas. OSHA también permite un límite de exposición a corto plazo ligeramente superior de 15 partes por millón durante no más de 15 minutos.

**ACGIH:** La Conferencia de Higienistas Industriales Gubernamentales de Estados Unidos (ACGIH) es una organización profesional que ha estado publicando información sobre seguridad química desde la década de 1940. La ACGIH también ha publicado recomendaciones de exposición para el sulfuro de hidrógeno. Estos límites son idénticos a los establecidos por OSHA; un promedio de 10 partes por millón para un día laboral de ocho horas, así como un límite de exposición a corto plazo ligeramente superior de 15 partes por millón para 15 minutos [16].

#### **Matriz de riesgos**

En la Fig. 11 se describe la evaluación para estimar dichos riesgos utilizando el método de triple criterio, donde se los evalúa con los siguientes valores: 1, 2 y 3 para los siguientes factores [17]:

- Probabilidad de Ocurrencia
- Gravedad del daño
- Vulnerabilidad

Al realizar la suma de sus calificaciones se puede determinar la estimación del riesgo de acuerdo a los siguientes eventos:

- Riesgo Moderado: si se encuentra en un valor de 3 ó 4
- Riesgo Importante: si se encuentra en un valor de 5 ó 6
- Riesgo Intolerable: si se encuentra en un valor de 7, 8 ó 9
- Estimación del Riesgo [15]

CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - MÉTODO TRIPLE CRITERIO									
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			GRAVEDAD DE DAÑO			VULNERABILIDAD			ESTIMACIÓN DEL RIESGO
BAJA	MEDIA	ALTA	LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTRAMADAMENTE DAÑINO	MEDIANA GESTIÓN (Acciones puntuales aisladas)	INCIPIENTE GESTIÓN (Protección personal)	NINGUNA GESTIÓN	RIESGO MODERADO
1	2	3	1	2	3	1	2	3	4 Y 3
									6 Y 5
									9, 8 Y 7

Fig. 2 Valoración para estimación del riesgo (Ministerio de Trabajo)

#### ✚ Evaluación de la exposición a contaminantes químicos

Para el evento específico de que sean sustancias químicas las causantes de un posible efecto adverso en la salud del trabajador, es necesario valorar el riesgo existente, en este caso la concentración de H<sub>2</sub>S en el ambiente laboral, para lo cual es indispensable obtener valores numéricos y compararlos con los rangos permisibles y seguros para la salud del trabajador, en base a los valores límites de referencia normados. El objetivo de la evaluación es permitir al especialista de seguridad y salud ocupacional, predecir los posibles efectos que un agente químico provocaría en una persona.

##### ▪ Evaluación inicial

Para la evaluación se elimina la presencia del agente en el ambiente laboral o evitar el contacto físico del trabajador con dicho agente. O de lo contrario, se debe exponer el riesgo a rangos no aceptables, que permitan utilizar medidas para reducir su magnitud; en caso de que no resultara esta metodología, se debe utilizar la siguiente evaluación.

##### ▪ Evaluación básica

Esta evaluación se la realiza a través de valores cuantitativos confiables y sujetos a comparación. Requiere de un nivel de juicio elevado ante el riesgo existente y se

fundamenta en la comparación de los datos obtenidos con los valores límites diseñados para concentraciones ambientales de los productos químicos.

▪ **Evaluación detallada**

Consiste en medir las concentraciones del ambiente implementando planes de medición y toma de decisiones [18].

✚ **Valores referenciales ambientales**

Los valores referenciales que rige cada autoridad por país para el H<sub>2</sub>S se muestra en la Tabla 2 que se muestra a continuación:

Tabla 2 Límites regionales de exposición laboral para H<sub>2</sub>S

<b>Autoridad/País</b>	<b>Descripción</b>	<b>Límite medio ponderado en el tiempo (TWA)</b>	<b>Límite de exposición de corta duración (STEL)</b>
NIOSHO	REL	10 ppm TWA	15 ppm STEL
OSHA	PEL	20 ppm Límite máximo	50 ppm durante 10 min
ACGIH	TLV	10 ppm TWA	15 ppm STEL
Reino Unido	WEL	5ppm TWA	10 ppm STEL
Canadá	OEL	10 ppm TWA	15ppm
Australia	OEL	10 ppm TWA	15 ppm STEL
Alemania	BGR	5 ppm	
Sudáfrica		10 ppm TWA	15 ppm STEL

**STEL:** Límite de exposición de corta duración (es la exposición media aceptable durante un breve periodo de tiempo, normalmente 15 minutos).

**TWA:** El Límite medio ponderado en el tiempo es la exposición media durante un periodo de tiempo especificado, normalmente de ocho a diez horas nominales, en función de las disposiciones nacionales.

**TLV:** El Valor umbral límite es un nivel al que se considera que un trabajador puede exponerse a diario durante su vida laboral sin experimentar efectos adversos para la salud.

**WEL:** El Límite de exposición en el lugar de trabajo es un límite superior en Reino Unido para la concentración aceptable de una sustancia peligrosa en el aire del lugar de trabajo en relación con un material o una clase de materiales en particular.

**OEL:** El Límite de exposición laboral es un límite superior en Australia para la concentración aceptable de una sustancia peligrosa en el aire del lugar de trabajo en relación con un material o una clase de materiales en particular.

**AGW:** Arbeitsplatzgrenzwert es un límite superior en Alemania para la concentración aceptable de una sustancia peligrosa en el aire del lugar de trabajo en relación con un material o una clase de materiales en particular.

**PEL:** El Límite de exposición permisible es un límite legal en Estados Unidos para la exposición de un empleado a una sustancia química o agente físico [19].

### **2.2.3. Higiene industrial**

Se entiende por higiene industrial a la ciencia que se especializa para la anticipación, la identificación, la evaluación y el control de los riesgos que se originan en el lugar de trabajo o en relación con él y que pueden poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores, considerando además la posible repercusión a las comunidades aledañas y al medio ambiente en general. El objetivo principal de esta especialidad es el de proteger y promover la salud y el bienestar de los trabajadores sin dejar de lado el interés de proteger el medio ambiente, adoptando medidas preventivas en el lugar de trabajo [20].

#### **Enfermedad profesional**

Son afecciones crónicas, causadas de una manera directa por el ejercicio de la profesión u ocupación que realiza el trabajador y como resultado de la exposición a factores de riesgo, que producen o no incapacidad laboral [21].

#### **Control de las exposiciones**

Considerando que el grado de riesgo es dependiente de la concentración de contaminante y del tiempo de exposición (DOSIS), para reducir en su máxima expresión el riesgo existente se deberá tomar acciones sobre alguno de estas dos variables. Puede ser en la reducción del tiempo de exposición que es una de las medidas más viables. Existen tres acciones que se puede analizar al momento de pretender reducir la concentración de contaminantes químicos a los que está expuesto el sujeto inhalador, así tenemos:

- **Acciones sobre el foco contaminante** Se refiere a que se debe actuar sobre el proceso que ya está en funcionamiento. Se debe tratar en lo posible de aislar aquellas operaciones potencialmente contaminantes.
- **Acciones sobre el medio:** En este caso se podría optar por ventilación general y ventilación localizada.
- **Acciones sobre el receptor:** Se debe realizar capacitaciones al personal que se expone al agente contaminante para que tenga el conocimiento de las sustancias peligrosas que manipula y de sus riesgos. Una medida preventiva que puede considerarse es la rotación de los puestos de trabajo para disminuir el tiempo de exposición. Otra opción puede ser la ubicación de los trabajadores en un lugar debidamente protegido y como último recurso de protección del trabajador se pueden utilizar los equipos de protección individual. [19]

### **2.3. Propuesta de solución**

Se pretende evaluar el grado de concentración de sulfuro de hidrógeno presente en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA a través de mediciones de campo con el fin de establecer las acciones necesarias y pertinentes que permitan reducir la exposición laboral ante este compuesto químico.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Modalidad de la investigación**

La presente investigación será de dos modalidades: bibliográfica- documental, porque se necesita un sustento sobre conceptos teóricos de soporte, que servirá en el trabajo para ampliar, profundizar y deducir diferentes puntos de vista sobre el tema de diferentes autores en diferentes documentos e investigaciones científicas sobre el tema.

Además será la investigación de campo porque los datos se obtendrán mediante técnicas e instrumentos dirigidos al personal que labora en el proceso de tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa.

##### **3.1.1. Tipos o niveles**

El presente trabajo de investigación es proyecto de Investigación Aplicada (I) porque se aplicará definiciones y metodologías ya investigadas no se tendrá que desarrollar metodologías nuevas para la consecución del proyecto.

#### **3.2. Población y muestra**

La población total que se ven afectada por los malos olores resultado del tratamiento de las aguas residuales no supera el límite de 100 personas; por lo que la estadística recomienda que toda la población sea considerada como la muestra; razón por la cual la muestra corresponde al mismo número de la población, en este caso es 40 tal como se desglosa en la tabla 3.

Tabla 3 Población de la empresa TEIMSA

Descripción del puesto	Cantidad
Personal Administrativo	10
Personal Operativo	25
Personal de Mantenimiento	5
<b>Población Total.</b>	<b>40</b>

### 3.3. Recolección de la información

Para la recolección de la información del presente proyecto de investigación se utiliza técnicas como la observación en campo para lo cual se cumple una serie de actividades como la identificación de las fuentes de emisión de gases en la planta de tratamiento, encuesta a las personas que se ven afectadas por respirar aire con presencia de sulfuro de hidrógeno provenientes de la planta de tratamiento, además se hace uso de la matriz de riesgos y el equipo de medición de gases para evaluar las concentraciones de sulfuro de hidrógeno que desprende la planta de tratamiento y determinar si estos valores se encuentran dentro de los rangos moderados y permisibles para la salud de los trabajadores.

### 3.4. Procesamiento y análisis de datos

- Revisión de los valores obtenidos de las mediciones.
- Organizar la información obtenida de documentos y bases de datos.
- Interpretar la información recolectada en función a lo que se necesitará.
- En caso de ser necesario, repetir las mediciones con el fin de obtener datos reales y precisos que permitan tomar decisiones de mejora.

### 3.5. Desarrollo del proyecto

- Elaboración de técnicas que permitan obtener la información necesaria para el desarrollo del proyecto.
- Reconocimiento del espacio físico para evaluar el grado de concentración de sulfuro de hidrógeno.
- Determinación de las fuentes emisoras de sulfuro de hidrógeno.

- Aplicación de las técnicas para la recolección de la información
- Establecimiento de la estrategia de medición de concentración de sulfuro de hidrógeno.
- Procesamiento y análisis de resultados.
- Comparación de los datos obtenidos con estándares permisibles
- Establecimiento de propuestas factibles que permitan mejorar las condiciones ambientales de trabajo.
- Elaboración de un informe técnico final.

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **4.1 Información general de la Empresa TEIMSA**

La empresa TEIMSA se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, Parroquia Santa Rosa Km 7 ½ vía a Guaranda, Calle B. Echeverría. Ver figura 2:



Fig. 3 Ubicación de la empresa TEIMSA

La empresa TEIMSA nació en el año de 1992, con la participación de 84 accionistas siendo el principal objetivo la fabricación de lonas y gabardinas para calzado. En la actualidad en la empresa prestan sus servicios 156 trabajadores, la producción mensual en la empresa es de 107 000Kg de telas e hilos.

En el figura 3 se especifica el mapa de procesos de TEIMSA, donde se puede apreciar cada uno de los procesos que participan activamente en la empresa, en este caso tenemos los procesos estratégicos, operativos y de apoyo, los mismos que permiten tener una comunicación efectiva para el desarrollo eficaz y eficiente de la producción diaria.

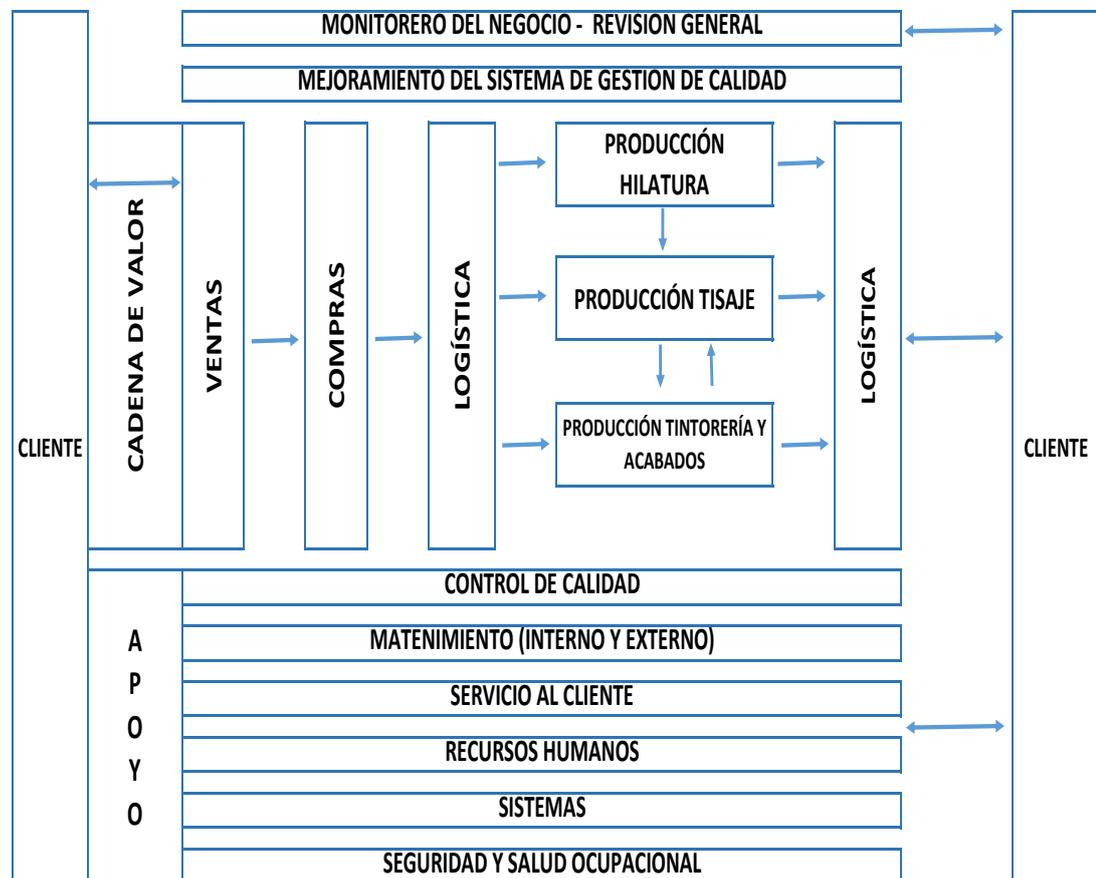


Fig. 4 Mapa de procesos de TEIMSA

En la línea de producción de la empresa TEIMSA, se diferencian los siguientes procesos productivos: Hilatura, Tisaje, Tintorería y Acabados. El proceso de Tintura y Acabados es el que libera efluentes contaminantes hacia la planta de tratamiento, debido a los procesos de engomado y tintura; considerando que el proceso de tintura

contiene los siguientes tratamientos en las telas como: blanqueo, desgrude, teñido, enjuagues, lavados de telas, lavados de máquinas. Ver figura 4.

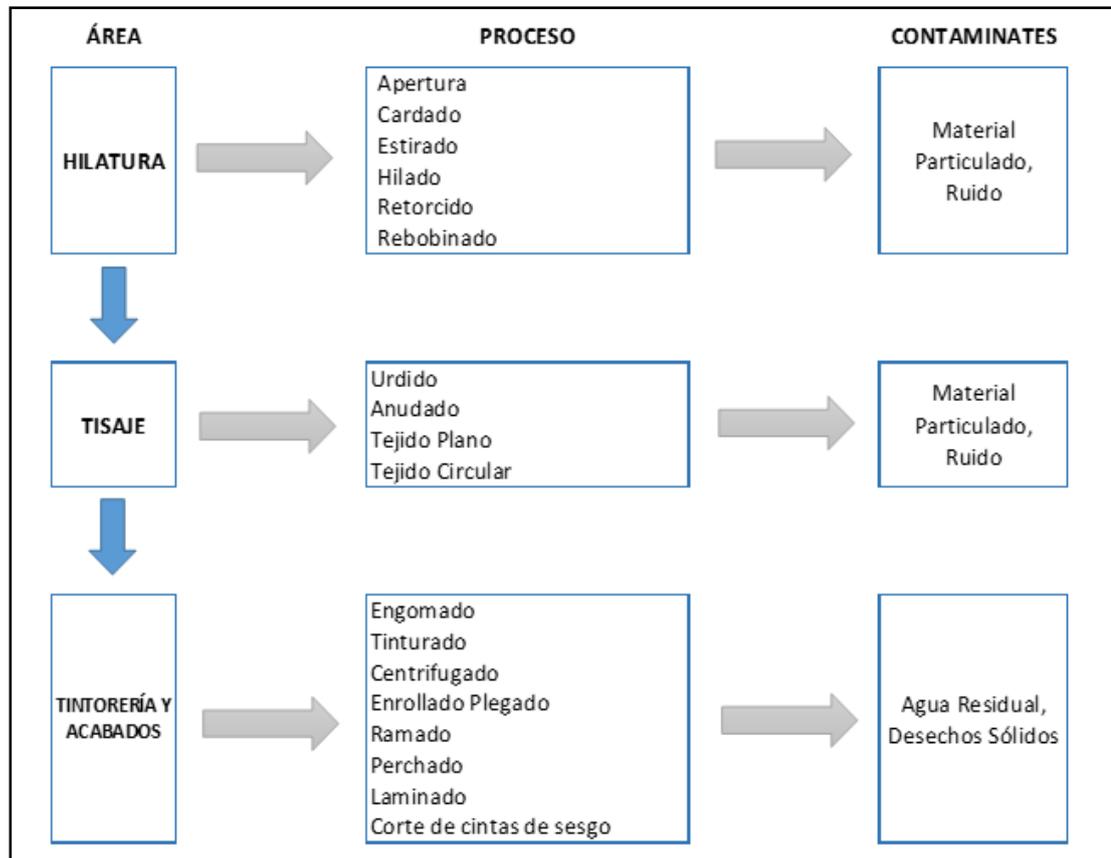


Fig. 5 Descripción de los procesos productivos de TEIMSA y los contaminantes generados

Al ser la planta de tintura y acabados el área que contiene procesos que generan las aguas residuales industriales en la empresa TEIMSA, se hace referencia a la siguiente descripción: el área de tintura y acabados cuenta con 6 máquinas tinturadoras y una máquina centrífuga además existe el área de engomado donde se encuentra la máquina engomadora de hilo; dichos procesos son generadores de efluentes contaminantes durante sus procesos productivos, los mismos que son conducidos a través de un sistema hacia la planta de tratamiento y luego descargado al alcantarillado público.

La cantidad y calidad de agua depende del tipo de procesos que se efectúen durante la semana, sumado a la demanda de productos en el mercado.

#### **4.1.1. Misión y Visión.**

- **Misión:**

Ofrecemos productos textiles y servicios de excelente calidad, satisfaciendo a nuestros clientes mediante asesoría directa, utilizando tecnología de punta, altos niveles de eficiencia y dinamismo empresarial [7].

- **Visión:**

Ser una empresa textil integrada, líderes en productos y servicios de óptima calidad, comprometidos con la satisfacción de nuestros clientes nacionales e internacionales, contribuyendo al desarrollo de la comunidad [7].

#### **4.2. Descripción actual de la planta de tratamiento.**

En la planta de tratamiento de las aguas residuales se realizan las descargas líquidas provenientes del proceso de tinturado de la empresa; posee una capacidad de 200m<sup>3</sup>, que cuenta con un tratamiento primario correspondiente a una rejilla de retención de sólidos, también cuenta con un tratamiento secundario que corresponde a un tratamiento de lodos activados, y por último como tratamiento terciario se tiene la electrocoagulación. Esta planta posee una alta eficiencia para la descontaminación de las aguas residuales propias de la industria [7].

El agua residual proveniente de la planta de tintorería y acabados es recogida por un canal (135,85m de largo) que además transporta el agua de la lluvia proveniente de las canaletas de esta nave, provocando en época invernal, el colapso del tanque recolector por el exceso de agua, lo que deriva en un desbordamiento de los vertidos de la planta hacia el sistema de alcantarillado público.

Es importante citar que, en el tramo intermedio del canal, se presenta un sistema de rejilla automática que se encuentra inoperable por daño en el motor, además de 3 rejillas de dimensiones 0,61m x 0,44m, 0,59m x 0,61m y 0,59m x 0,64m de ancho y alto respectivamente, que permiten la retención de las partículas de mayor tamaño, evitando así su ingreso al sistema de tratamiento de aguas residuales. Ver figura 6.



Fig. 6 Rejilla manual y automática

Una vez transportado por el canal, el efluente arriba al tanque de homogenización denominado TK-1 de aproximadamente  $168,75 \text{ m}^3$  de capacidad, donde es almacenado y homogenizado mediante aireación por medio de un sistema tipo flauta, para posteriormente ser enviado hacia el tanque biológico TK-2 mediante una bomba de succión. Ver figura 7.



Fig. 7 Tanque de Homogenización

Se puede observar que en la tubería que conecta a los tanques TK-1 y TK-2, existe una bomba dosificadora de ácido sulfúrico para regulación de pH, lo que permitiría estabilizar el pH a un valor neutro, requerido para el sistema de tratamiento. Ver figura 8.



Fig. 8 Tubería que conecta el tanque de homogenización y el tanque biológico.

En el tanque TK-2 (tanque biológico) de 210,93 m<sup>3</sup> de volumen, se encuentra adaptado un sistema de aireación, el mismo que cuenta con difusores de membrana, los que inicialmente se encontraban en mal estado al igual que los blowers causando una ineficiente aireación. Para solucionar este inconveniente se realizó un rediseño de la planta de tratamiento, en donde se necesitó la siembra de microorganismos cuya marca comercial es ISA ECOENZIM-IN, estos microorganismos producen enzimas que permiten la degradación de la materia orgánica contenida en las aguas residuales industriales. El sistema para el tratamiento biológico que fue implementado es el de lodos activados, lo cual consiste en la recirculación de fangos provenientes de la decantación, sujetas a un sistema aerobio. Este proceso se basa en la producción de una masa activa de microorganismos que son mezclados en un reactor junto a aguas residuales en presencia de una gran cantidad de oxígeno, para producir la oxidación de una parte de la materia orgánica, generando energía necesaria para la síntesis de nuevas células [22]. Ver figura 9.



Fig. 9 Tanque Biológico

Luego que el agua pasa a través del proceso biológico, ingresa al clarificador primario TK-3 (29,68 m<sup>3</sup> de capacidad) por gravedad, donde decantan los lodos generados. Ver figura 10.



Fig. 10 Clarificador Secundario

Inicialmente, existió una escasa deposición de los lodos en el clarificador, los cuales eran recirculados hacia el tanque biológico, el mismo que se encontraba inactivo. El sobrenadante es vertido hacia una cisterna de 15,72 m<sup>3</sup> de capacidad, para que mediante un sistema de bombeo sea enviado al electrocoagulador de la planta de tratamiento, que junto a la adición de una solución de polielectrolito que ayuda al proceso de coagulación, permiten la reducción de los sólidos suspendidos y coloides que se encuentran en las aguas residuales; así mismo el electrocoagulador se encuentra conectado a un clarificador secundario con una capacidad de 30,78 m<sup>3</sup>, donde se genera la sedimentación de los lodos. El efluente que pasa por el clarificador secundario es direccionado hacia una última cisterna con capacidad de 15,72 m<sup>3</sup>, misma que se encuentra conectada a una bomba de succión que eleva el agua al sistema de filtración, compuesto por una capa de arena y de piedra. Finalmente, el agua es descargada al sistema de alcantarillado público, mientras que los lodos generados durante el proceso son enviados hacia un filtro prensa previo al proceso de incineración realizado por un Gestor ambiental, que en el caso de la empresa es INCINEROX.

#### **4.2.1. Identificación de las áreas de tratamiento del agua**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa cuenta con distintas áreas de trabajo tal como se muestra en la figura 11.

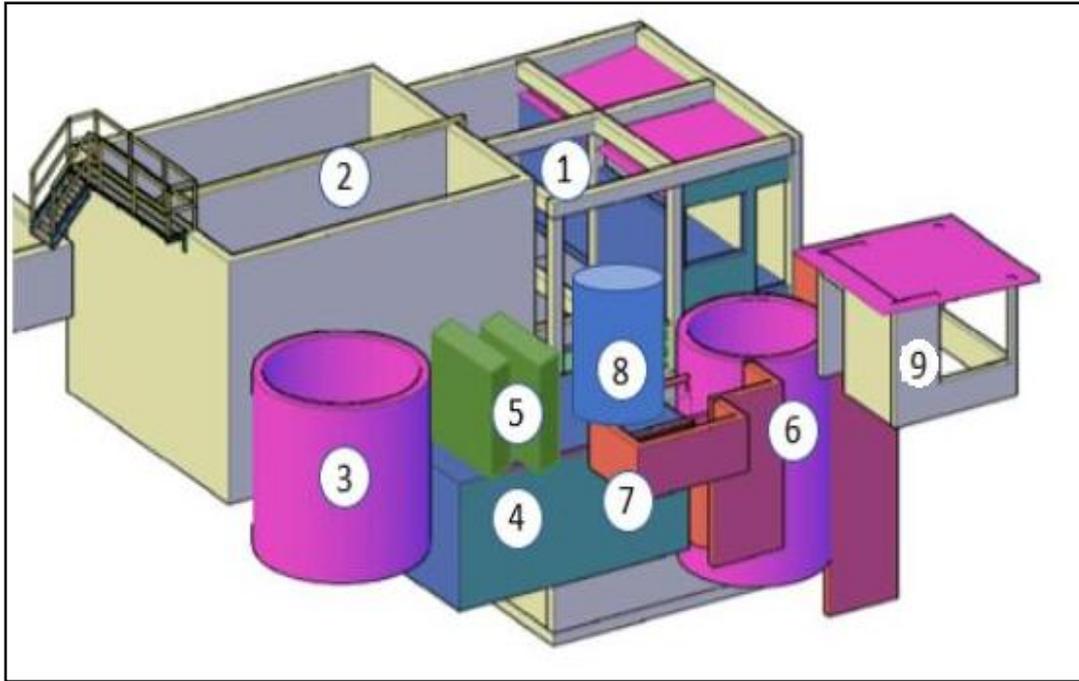


Fig. 11 Diagrama actual de la planta de tratamiento de aguas residuales

En la y en la tabla 4 su se detalla la descripción de cada una de las áreas de la planta de tratamiento con su respectiva nomenclatura.

Tabla 4 Áreas de la planta de tratamiento de aguas residuales

Numeración	Nomenclatura	Área
1	TK1	Tanque de Homogenización
2	TK2	Tanque Bilógico
3	TK3	Clarificador Primario
4	TK4	Cisterna del Electrocuagulador
5	ELCG	Electrocuaguladores
6	TK5	Tanque Mezclador
7	FP	Filtro Prensa Lodos
8	TK6	Clarificador Secundario
9	LBRT	Laboratorio PTAR Tablero De Control

Es importante mencionar que la bodega es un área de apoyo que permite mantener en óptimas condiciones los productos químicos necesarios para el tratamiento de aguas residuales. Ver figura 12.



Fig. 12 Bodega de la planta de tratamiento

- **Diagrama de Flujo del Tratamiento de las Aguas Residuales.**

En la figura 13 se puede observar el diagrama de flujo que sigue el efluente de las aguas residuales para el tratamiento actualizado.

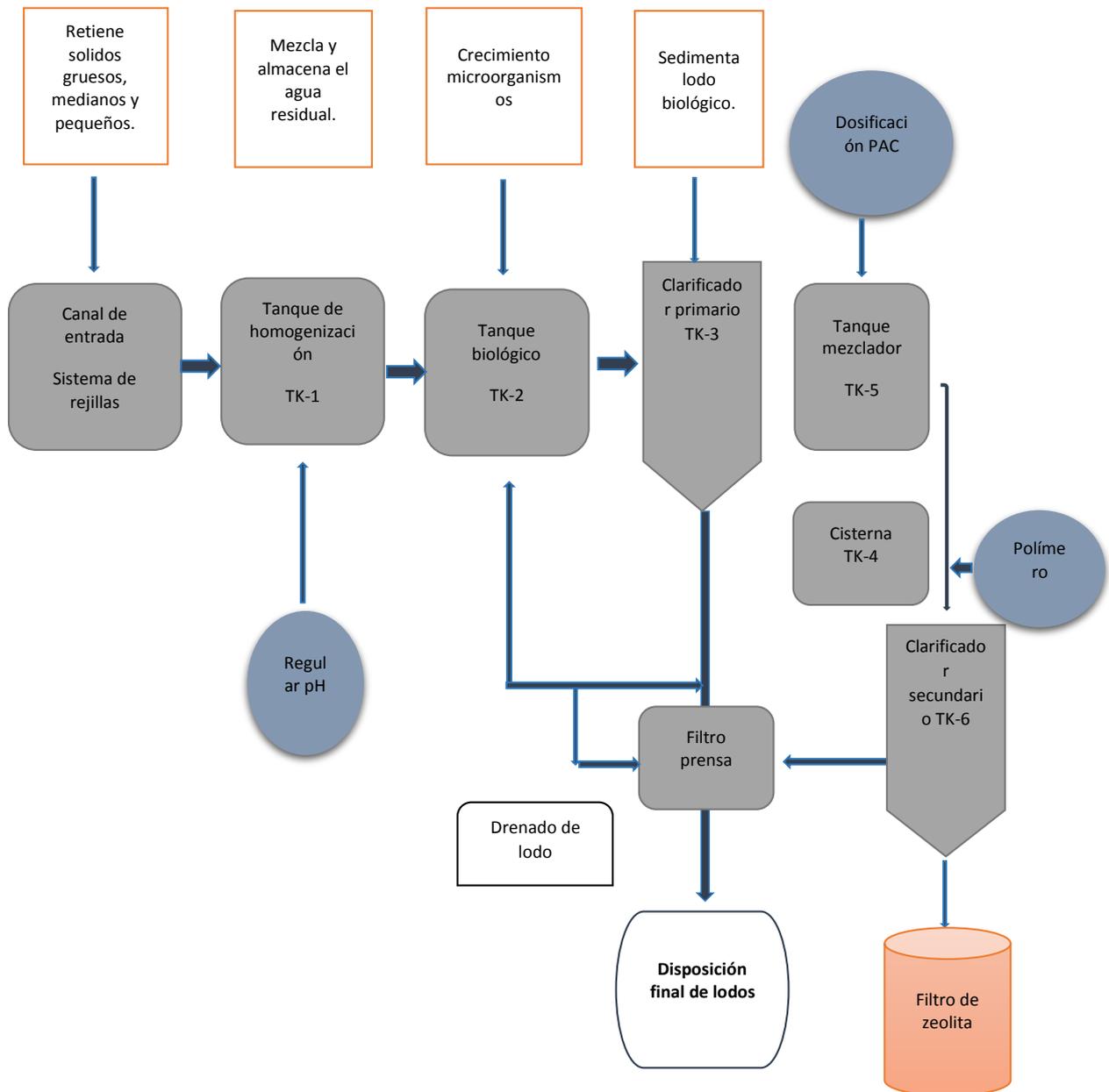


Fig. 13 Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales

- **Descripción de actividades que el personal operativo debe realizar diariamente en cada área de la planta de tratamiento de aguas residuales.**

A continuación, se describe las actividades en las áreas en donde el personal operativo de la planta de tratamiento realiza actividades manuales. Ver Tabla 5.

Tabla 5 Descripción de actividades en las áreas de la planta de tratamiento de aguas residuales

ÁREA	OPERACIÓN	Nº	Actividad	Sub Actividades	Rutina		Tiempo (min)	Veces por día	Total (min)	EPP	Observaciones
					SI	NO					
TK1 - TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN	Accionamiento de TK1	1	Mantenimiento	Limpieza de compuertas motorizadas y rejillas	X		20	2	40	Guantes, Mascarilla, ropa Impermeable, zapatos de seguridad	La rejilla debe estar apagada
		2	Muestreo, Control de Variables	Medir PH	X		20	3	60	Guantes, Mascarilla, zapatos de seguridad	Muestreo: en Planta Control de Variables: Se lo realiza en el Laboratorio
		3		Medir Temperatura	X					Guantes, Mascarilla, zapatos de seguridad	
		4	Mecánica	Accionamiento de bombas de alimentación hacia TK2-biológico		X	2	N/A	N/A	Uniforme, zapatos de seguridad	El accionamiento se lo realiza cada lunes inicio de turno: (6:00 horas)
TK2 - TANQUE BIOLÓGICO	Accionamiento de TK2	1	Control de Variables, Manipulación de químicos, Dosificación de Ácidos	Medición de Caudal y Encendido de la bomba dosificadora de ácido fórmico y ácido fosfórico	X		30	1	30	Uniforme, zapatos de seguridad	
		2	Muestreo, Control de Variables	Medir PH	X		20	3	60	Guantes, Mascarilla, zapatos de seguridad	Muestreo: en Planta Control de Variables: Se lo realiza en el Laboratorio
		3		Medir Temperatura	X					Guantes, Mascarilla, zapatos de seguridad	
		4		Medir Óxido Disuelto	X					Guantes, Mascarilla, zapatos de seguridad	
TK5 - TANQUE MEZCLADOR	Accionamiento de	1	Mecánica, manipulación de químicos	Llenar con agua el tanque de dosificación de polímero encendiendo la bomba dosificadora	X		5	2	10	Guantes, Mascarilla, ropa Impermeable, zapatos de seguridad	

		2	Mecánica, manipulación de químicos	Llenar con agua el tanque de dosificación de PAC encendiendo la bomba dosificadora	X		5	1	5	Guantes, Mascarilla, ropa Impermeable, zapatos de seguridad	
		3	Dosificación de PAC,	Encender el mezclador del polímero y mezclador del PAC	x		20	1	20	Uniforme, zapatos de seguridad	El accionamiento se lo realiza cada lunes inicio de turno: (6:00 horas)
		4	Dosificación de Polímeros,	Encender el mezclador del polímero	x		20	2	40	Uniforme, zapatos de seguridad	El accionamiento se lo realiza cada lunes inicio de turno: (6:00 horas)
TK6 - CISTERNA FILTRO DE ARENA	Accionamiento de TK6	1	Mecánica	Encendido de la bomba de alimentación del filtro de arena.		X	2	N/A	N/A	Uniforme, zapatos de seguridad	El accionamiento se lo realiza cada lunes inicio de turno: (6:00 horas)
		2	Mecánica	Encendido del caudal del filtro de arena.		X	2	N/A	N/A	Uniforme, zapatos de seguridad	El accionamiento se lo realiza cada lunes inicio de turno: (6:00 horas)
		3	Muestreo, Control de Variables	Medir PH	X		30	3	90	Guantes, Mascarilla, zapatos de seguridad	Muestreo: en Planta Control de Variables: Se lo realiza en el Laboratorio
		4		Medir los sólidos disueltos totales	X					Guantes, Mascarilla, zapatos de seguridad	
		5		Medir la claridad	X					Guantes, Mascarilla, zapatos de seguridad	
		6	Mantenimiento	Lavar el filtro de arena	X		20	1	20	Guantes, Mascarilla, ropa Impermeable, zapatos de seguridad	
BDG BODEGA	Administración de productos químicos	7	Manejo de químicos, reposición de inventario	Recepción		X	5	N/A	N/A	Guantes, Mascarilla, ropa Impermeable, zapatos de seguridad	Una Vez por mes
		8		Almacenaje		X	15	N/A	N/A	Guantes, Mascarilla, ropa Impermeable, zapatos de seguridad	Una Vez por mes
		9	Manejo de químicos	Distribución	X		10	4	40	Guantes, Mascarilla, ropa Impermeable, zapatos de seguridad	

### **4.3. Identificación de la fuente emisora de sulfuro de hidrógeno.**

El proceso de tratamiento de aguas residuales conlleva a actividades de colección y transporte de agua a través de tuberías. El contenido químico de esta agua es un potencial generador de mal olor, pues es el residuo de actividades de tintura en donde la descarga contiene una serie de compuestos que provocan la descomposición microbiológica de la materia orgánica existente en las aguas residuales y la reducción biológica de sulfatos. Este gas está presente en las tuberías, tanques, sistema de bombeo por la limitada transferencia de oxígeno hacia las aguas residuales [23].

Dicho lo anterior la fuente principal emisora de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales es el proceso de tratamiento biológico, debido a que en esta área (TK2 – Tanque biológico) se desarrollan los microorganismos conocidos como microorganismos aerobios, necesarios para la oxidación de la materia orgánica y generación de la energía requerida para la reproducción de nuevas células. Por lo tanto es un proceso de mucha vulnerabilidad, pues la falta de generación externa de oxígeno a través de los difusores provoca que los microorganismos mueran dando paso a la proliferación de la población de organismos anaerobios, y generando de esta manera el incremento de emanación de sulfuro de hidrógeno, ya que estos organismos al no tener oxígeno disuelto en el agua y al ser un requisito para su metabolismo, en su intento de sobrevivencia, aprovechan el ión del sulfato ( $\text{SO}_4$ ), componente abundante en las aguas residuales, como fuente de oxígeno quedando como resultado de este proceso el sulfuro de hidrógeno, el mismo que de acuerdo a la tabla 1, con tan solo 0,13 ppm de concentración es perceptible y genera un ambiente de trabajo poco amigable para desarrollar las actividades diarias. En el TK1- Tanque biológico se encuentra adaptado un sistema de aireación, el cual, cuenta con difusores de membrana, los que se encuentran en mal estado al igual que los blowers causando una ineficiente aireación para los fines antes citados, provocando la presencia de sulfuro de hidrógeno en el ambiente.

Para el control de ph en este proceso, se dosifica el ácido sulfúrico en la tubería que conecta a los tanques TK-1 y TK-2 para que los organismos se puedan desarrollar en un ambiente óptimo, llegando a consumir aproximadamente 28 Kg/día de este producto químico, este ácido es de tipo inorgánico el cual es el generador de sulfuros

y es el causante del generador de malos olores en el proceso de tratamiento de aguas. Ver figura 14.



Fig. 14 TK2- Tubo para dosificar ácido sulfúrico

Otro factor importante que resulta un peligro la presencia del sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA es que este gas es un eminente productor de corrosión y oxidación para las instalaciones metálicas, tuberías, instalaciones eléctricas.

Como se puede observar en las figuras 15, 16, y 17 las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales sufren de este mal, pero lo alarmante es que en el laboratorio donde se realizan las actividades de control de variables del proceso y que es el lugar en donde el personal operativo pasa más tiempo se encuentra en condiciones no adecuadas para este fin, pues por el mal diseño de la planta de tratamiento, este laboratorio fue construido sobre el TK1 – Tanque de Homogenización, en donde la presencia del sulfuro de hidrógeno sumado a la presencia de óxido en la estructura genera un mal ambiente de trabajo para este lugar.



Fig. 15 Oxido de la estructura metálica de las instalaciones en la PTAR



Fig. 16 Ingreso al laboratorio de la PTAR



Fig. 17 Laboratorio de la PTAR sobre TK1- tanque de homogenización

#### **4.4. Identificación de riesgos de exposición al sulfuro de hidrógeno en los trabajadores de la planta de tratamiento de aguas industriales de la empresa TEIMSA.**

Para identificar los riesgos que exponen al bienestar de la salud de los trabajadores en un proceso determinado es necesario recurrir a la utilización y aplicación de la matriz de riesgos, siendo esta una herramienta principal que permite evaluar aquellos factores de alto riesgo y cuyo objetivo principal es analizarlos y controlarlos a través de acciones que minimicen los daños que puedan provocar sobre un trabajador [16].

##### **4.4.1. Elaboración de la matriz de riesgos químicos**

Para identificar los riesgos químicos en la planta de tratamiento de aguas residuales industriales en base al formato de la Unidad de Seguridad y Salud en el Trabajo del Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo del Ecuador se debe elaborar una matriz de triple criterio.

Para la elaboración de la matriz de riesgo en la planta de tratamiento y en base a la técnica de observación en campo se determinaron las actividades que realiza el personal en cada área expuestos al sulfuro de hidrógeno [22].

## **Elaboración de la matriz de riesgos químicos en la planta de tratamiento de aguas residuales**

Para realizar la matriz de riesgos químicos en la planta de tratamiento de aguas residuales, se acompaña al personal que realiza las actividades en cinco fechas diferentes y en base al procedimiento establecido para este proceso, se determinaron las siguientes actividades que requieren un análisis de riesgos químicos:

- a) Muestreo
- b) Control de variables del proceso
- c) Reposición de inventario
- d) Dosificación de Ácidos
- e) Dosificación de Polímeros
- f) Dosificación de PAC
- g) Manejo de químicos

Para definir los ítems antes mencionados, se realizó una encuesta a un total de 40 personas correspondiente a la población total de la investigación, los mismos que se encuentran expuestos al tema de investigación. Ver pregunta 9 del cuestionario; de igual manera se procedió a establecer documentos con cada una de las actividades que se debe realizar en cada una de las áreas de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa, además de la determinación del tiempo estimado que se deben demorar en llevar a cabo dichas actividades; tal como se aprecia en la tabla 5 ya antes mostrada.

La encuesta antes mencionada se la realiza durante las jornadas laborales, es decir en los tres turnos que se labora en la empresa (6:00am – 14:00pm; 14:00pm – 22:00pm y 22:00pm – 6:00am) al personal operativo a quien afecta la presencia de los riesgos químicos.

### **Cuestionario:**

Identificadas las actividades que involucra mayor riesgo químico por exposición al sulfuro de hidrógeno de acuerdo a la encuesta aplicada al personal según el Anexo A en donde se puede concluir que es evidente la falta de conocimiento por parte del personal la importancia que se debe dar a la exposición a los riesgos químicos que diariamente están asechando a la salud de las personas, existen muchos aspectos de los cuales las personas deben hacer conciencia de involucrarse y no solo dar la

responsabilidad al empleador o al personal de seguridad, si no también se debe destinar un periodo de tiempo para capacitarse particularmente con la información que dispone, aprender cómo cuidar la salud ante los riesgos inevitables que nos rodean.

### **Análisis e interpretación de la encuesta**

El cuestionario tiene como objetivo conocer la opinión de los trabajadores de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, de los efectos que producen a la salud por su exposición a los riesgos químicos. La encuesta se realizó a la totalidad de la población del área de estudio (40 personas).

#### **1. ¿Cree Ud. que su lugar de trabajo tiene exposición a riesgos de tipo químico?**

Tabla 6 ¿Cree Ud. que su lugar de trabajo tiene exposición a riesgos de tipo químico?

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	34	85%
No	6	15%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>



Fig. 18 ¿Cree Ud. que su lugar de trabajo tiene exposición a riesgos de tipo químico?

### **Análisis e interpretación**

Se evidencia que el 85% de las personas encuestadas conocen y están conscientes de que su lugar de trabajo implica un alto riesgo de exposición a riesgos químicos, por el hecho de que existen muchas fuentes emisoras de este tipo de riesgos, pero el 15% del personal encuestado no tiene un pleno conocimiento de cuáles son los riesgos químicos que se encuentran en el ambiente laboral.

**2. ¿Mencione en que actividades de las que realiza diariamente tiene más riesgo de exposición a los riesgos químicos?**

Tabla 7 ¿Mencione en que actividades de las que realiza diariamente tiene más riesgo de exposición a los riesgos químicos?

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Dosificar químicos	10	25%
Manipular químicos	5	13%
Transportar químicos	5	13%
inhalar polvo	20	50%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>

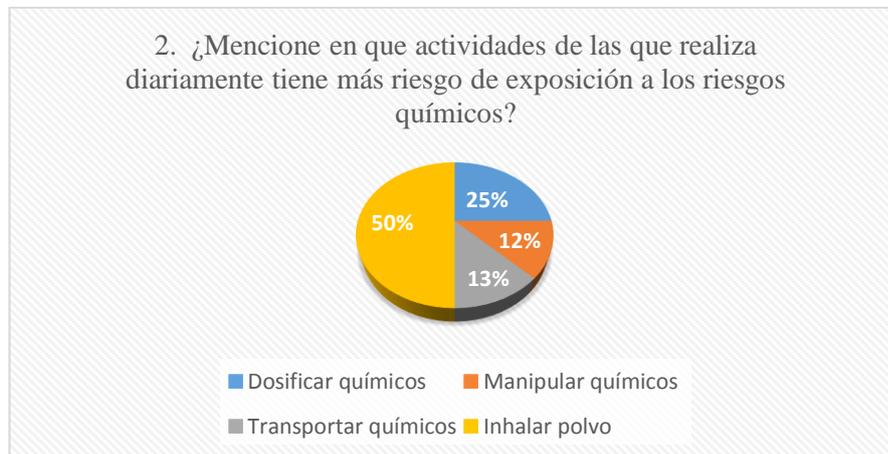


Fig. 19 ¿Mencione en que actividades de las que realiza diariamente tiene más riesgo de exposición a los riesgos químicos?

**Análisis e interpretación**

El 25% del personal encuestado declara y concuerdan claramente que el dosificar químicos para el control de variables es el mayor riesgo de exposición a riesgos químicos tienen cuando trabajan en la planta de tratamiento, seguido con un 13% que corresponde a la actividad de transporte de químicos y un 12% a actividades de manipulación de químicos.

### 3. ¿Posee un procedimiento que establezcan las actividades que debe realizar para manejo de químicos?

Tabla 8 ¿Posee un procedimiento que establezcan las actividades que debe realizar para manejo de químicos?

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	20	50%
No	20	50%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>

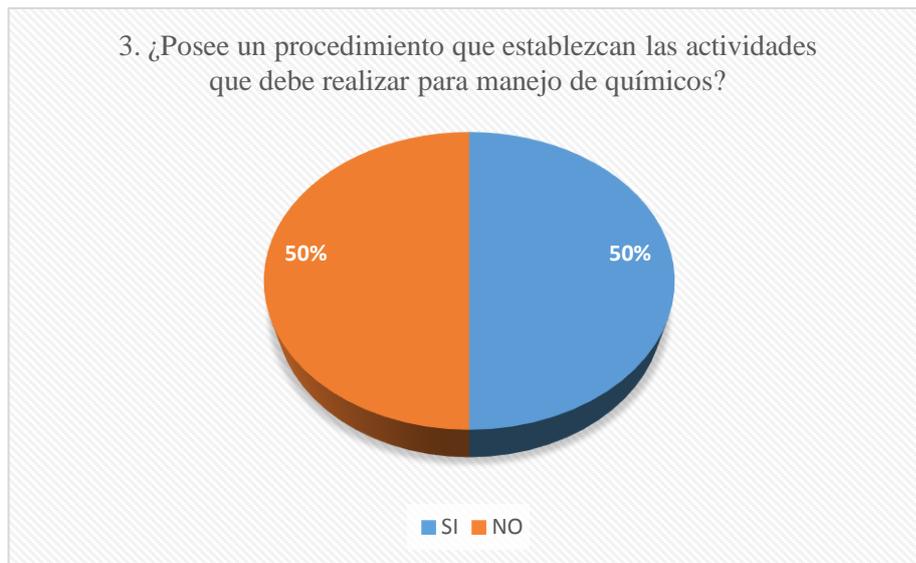


Fig. 20 ¿Posee un procedimiento que establezcan las actividades que debe realizar para manejo de químicos?

#### Análisis e interpretación

En esta pregunta se observa que la mitad del personal sabe y conoce que existe un procedimiento para realizar as actividades diarias en la planta de tratamiento, mientras que la otra mitad de las personas simplemente realizan las actividades porque de alguna manera así les enseñaron y aprendieron.

#### 4. ¿Tiene acceso a las hojas de seguridad en caso de algún imprevisto con los químicos que utiliza?

Tabla 9 ¿Tiene acceso a las hojas de seguridad en caso de algún imprevisto con los químicos que utiliza?

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	13%
No	35	88%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>



Fig. 21 ¿Tiene acceso a las hojas de seguridad en caso de algún imprevisto con los químicos que utiliza?

#### Análisis e interpretación

En esta interrogante es alarmante que el 88% del personal no tienen ni idea de qué tipo de productos está manipulando, ni que acciones debe tomar en caso de presentarse algún incidente ocasionado por los productos químicos que manipula, por otra parte el 12% de las personas encuestadas conocían algo del rombo de seguridad y las medidas preventivas y correctivas que se deben realizar cuando exista algún percance con los químicos.

**5. ¿Cree que se encuentra totalmente capacitado en lo que respecta a riesgos químicos?**

Tabla 10 ¿Cree que se encuentra totalmente capacitado en lo que respecta a riesgos químicos?

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	33%
No	25	63%
Tal vez	2	5%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>



Fig. 22 ¿Cree que se encuentra totalmente capacitado en lo que respecta a riesgos químicos?

**Análisis e interpretación**

Para este ítem, el 63% de las personas encuestadas respondieron que es necesario que se les imparta capacitaciones sobre los riesgos químicos a los que están expuestos al trabajar diariamente con productos químicos y al estar expuestos gases y vapores que resultan de los diferentes procesos.

**6. ¿De las siguientes opciones señale el orden de actividades las considera con riesgos químicos para su salud, desde un valor 3 como máximo y un valor 1 como mínimo?**

Tabla 11 ¿De las siguientes opciones señale el orden de actividades las considera con riesgos químicos para su salud, desde un valor 3 como máximo y un valor 1 como mínimo?

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Inhalación de gases provenientes de la descomposición de materia orgánica	15	38%
Manipulación de químicos	12	30%
Inhalación de Polvos de los químicos	13	33%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>

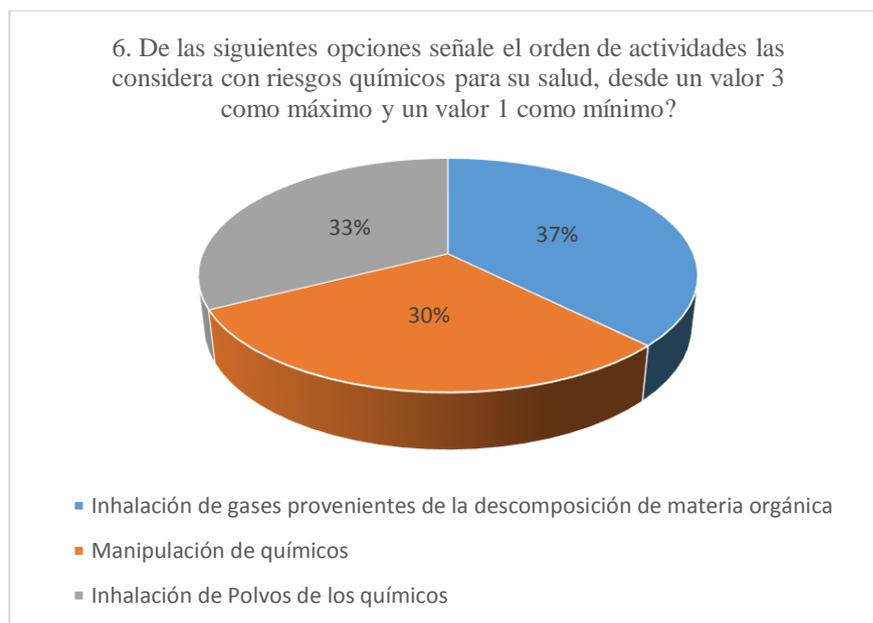


Fig. 23 ¿De las siguientes opciones señale el orden de actividades las considera con riesgos químicos para su salud, desde un valor 3 como máximo y un valor 1 como mínimo?

**Análisis e interpretación**

En esta pregunta el personal concuerda que las actividades que los exponen a mayores riesgos son la inhalación de gases que se generan en el tanque biológico con un 37%, seguida por la inhalación de polvos con un 33% al manipular y transportar compuestos químicos y en tercer lugar se revela la manipulación de químicos utilizados para el control de variables con un 30%.

## 7. ¿Ha recibido de la empresa el equipo de protección personal necesario para el desarrollo de las actividades que realiza?

Tabla 12 ¿Ha recibido de la empresa el equipo de protección personal necesario para el desarrollo de las actividades que realiza?

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	35	88%
No	5	13%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>



Fig. 24 ¿Ha recibido de la empresa el equipo de protección personal necesario para el desarrollo de las actividades que realiza?

### Análisis e interpretación

Como una medida obligatoria el 87% si ha recibido el equipo de protección requerida para los diferentes procesos, pero el 13% corresponde al personal nuevo que por políticas no pueden recibir dichos implementos en su totalidad hasta que cumplan con el periodo de prueba dentro de la empresa.

**8. ¿Para actividades de manteniendo de las instalaciones de la planta de tratamiento existe algún documento que establezca las normas de seguridad para efectuar dichas actividades con seguridad?**

Tabla 13 ¿Para actividades de manteniendo de las instalaciones de la planta de tratamiento existe algún documento que establezca las normas de seguridad para efectuar dichas actividades con seguridad?

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	20	50%
No	20	50%
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>

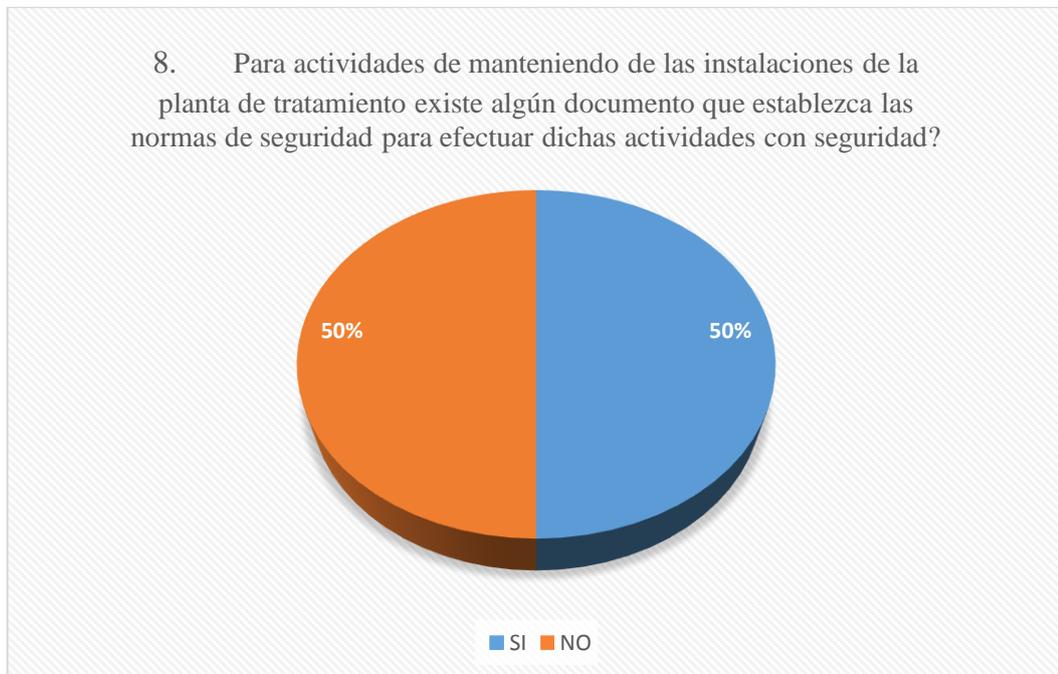


Fig. 25 ¿Para actividades de manteniendo de las instalaciones de la planta de tratamiento existe algún documento que establezca las normas de seguridad para efectuar dichas actividades con seguridad?

**Análisis e interpretación**

Para esta interrogante se encuentra repartida el porcentaje de la población en donde el 50% de las personas comenta que si conoce que existe un documento en donde les ampara las seguridades que deben seguir cuando realizan actividades de mantenimiento en lugares cerrados y con presencia de gases, mientras que a otra mitad del personal que están destinadas a realizar actividades ajenas a la operación de la planta de tratamiento desconoce de este documento.

**9. Determine el grado de importancia para las siguientes actividades que son considerados de riesgos químicos siendo 1 el más alto y 3 el más bajo:**

- a. Muestreo
- b. Control de variables del proceso
- c. Reposición de inventario
- d. Dosificación de Ácidos
- e. Dosificación de Polímeros
- f. Dosificación de PAC
- g. Manejo de químicos

Tabla 14 Determine el grado de importancia para las siguientes actividades que son considerados de riesgos químicos siendo 1 el más alto y 3 el más bajo:

Genérico	Acumulado	Posición
Muestreo	88	3
Control de variables del proceso	104	1
Reposición de inventario	82	5
Dosificación de Ácidos	87	4
Dosificación de Polímeros	99	2
Dosificación de PAC	82	6
Manejo de químicos	65	7

Fig. 26 Determine el grado de importancia para las siguientes actividades que son considerados de riesgos químicos siendo 1 el más alto y 3 el más bajo:



**Análisis e interpretación**

De acuerdo a los datos obtenidos en la pregunta aplicada se evidencia que la actividad con mayor grado de importancia es la del control de variables del proceso ya que con esta actividad se mantiene estable el tratamiento de aguas residuales, las demás

actividades se encuentran con porcentajes no muy menores lo que no significa que no sean de gran importancia y que de igual manera exponen al personal operativo a la exposición al sulfuro de hidrógeno.

Al igual que las actividades también se procede a diagnosticar aquellos factores de riesgo químico que requieren ser evaluadas en la matriz de riesgos, en donde constan los siguientes ítems:

- Gases por la descomposición de la materia orgánica
- Polvo proveniente de químicos
- Manipulación de químicos
- **Resultado de la aplicación de la matriz de riesgo – método de triple criterio en las actividades que realizan los operadores en la planta de tratamientos de tratamiento de aguas residuales.**

En la tabla 15 se evalúa los factores de riesgos químicos presentes en la actividad de muestreo, donde se observa que la presencia de polvo químico no se encuentra presente en esta actividad. En esta actividad, el factor de riesgo: gas por descomposición de materia orgánica es fuerte lo que puede afectar al personal operativo al realizar el trabajo; de igual manera, en el factor de riesgo químico: la manipulación químicos es un riesgo importante ya que la actividad de muestreo consiste en obtener muestras de cada proceso de tratamiento del agua lo cual contiene químicos disueltos en ella.

Tabla 15 Factor riesgo químico, muestreo

	CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - MÉTODO TRIPLE CRITERIO												
	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			GRAVEDAD DE DAÑO			VULNERABILIDAD			ESTIMACIÓN DEL RIESGO			
	BAJA	MEDIA	ALTA	LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTRAMADAMENTE DAÑINO	MEDIANA GESTIÓN (Acciones puntuales aisladas)	INCIPIENTE GESTIÓN (Protección personal)	NINGUNA GESTIÓN		RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERABLE
Factor de Riesgo Químico	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4 Y 3	6 Y 5	9, 8 Y 7	
Gases por la descomposición de la materia orgánica		2			2			2				6	
Polvo químicos													
Manipulación de químicos		2			2			2				6	

En la tabla 16 se evalúa los factores de riesgos químicos presentes en la actividad de control de variables, al igual que el caso anterior la presencia del factor de riesgo polvo químico no se hace presente en esta actividad. Para el factor de riesgo químico: Gases por la descomposición de materia orgánica, el gas proveniente de este proceso biológico es considerable al igual que la manipulación de químicos por la exposición a manipular muestras con una serie de químicos disueltos.

Tabla 16 Factor riesgo químico, control de variables

<b>CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - MÉTODO TRIPLE CRITERIO</b>												
	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</b>			<b>GRAVEDAD DE DAÑO</b>			<b>VULNERABILIDAD</b>			<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>		
	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>LIGERAMENTE DAÑINO</b>	<b>DAÑINO</b>	<b>EXTRAMADAMENTE DAÑINO</b>	<b>MEDIANA GESTIÓN</b> (Acciones puntuales aisladas)	<b>INCIPIENTE GESTIÓN</b> (Protección personal)	<b>NINGUNA GESTIÓN</b>	<b>RIESGO MODERADO</b>	<b>RIESGO IMPORTANTE</b>	<b>RIESGO INTOLERABLE</b>
<b>Factor de Riesgo Químico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 Y 3</b>	<b>6 Y 5</b>	<b>9, 8 Y 7</b>
Gases por la descomposición de la materia orgánica		2			2			2			6	
Polvo químicos												
Manipulación de químicos		2			2			2			6	

En la tabla 17, se evalúa los factores de riesgos químicos presentes en la actividad reposición de inventario. Para los tres factores de riesgo la probabilidad de ocurrencia, la gravedad de daño y la vulnerabilidad están considerados como riesgos importantes ya que esta actividad implica estar en contacto directo con los químicos generando un ambiente de alto riesgo para el personal operativo.

Tabla 17 Factor riesgo químico, Reposición de Inventario.

<b>CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - MÉTODO TRIPLE CRITERIO</b>												
	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</b>			<b>GRAVEDAD DE DAÑO</b>			<b>VULNERABILIDAD</b>			<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>		
	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>LIGERAMENTE DAÑINO</b>	<b>DAÑINO</b>	<b>EXTRAMADAMENTE DAÑINO</b>	<b>MEDIANA GESTIÓN</b> (Acciones puntuales aisladas)	<b>INCIPIENTE GESTIÓN</b> (Protección personal)	<b>NINGUNA GESTIÓN</b>	<b>RIESGO MODERADO</b>	<b>RIESGO IMPORTANTE</b>	<b>RIESGO INTOLERABLE</b>
<b>Factor de Riesgo Químico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 Y 3</b>	<b>6 Y 5</b>	<b>9, 8 Y 7</b>
Gases por la descomposición de la materia orgánica		2			2			2			6	
Polvo químicos		2			2			2			6	
Manipulación de químicos		2			2			2			6	

En la tabla 18, se realiza la evaluación de los factores de riesgos químicos presentes en la actividad dosificación de ácidos. En esta actividad los tres factores de riesgo químico constituyen un riesgo importante para el personal operativo, pues está expuesto a la presencia de estos riesgos de una manera exponencial.

Tabla 18 Factor riesgo químico, dosificación de ácidos

<b>CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - MÉTODO TRIPLE CRITERIO</b>												
	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</b>			<b>GRAVEDAD DE DAÑO</b>			<b>VULNERABILIDAD</b>			<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>		
	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>LIGERAMENTE DAÑINO</b>	<b>DAÑINO</b>	<b>EXTRAMADAMENTE DAÑINO</b>	<b>MEDIANA GESTIÓN</b> (Acciones puntuales aisladas)	<b>INCIPIENTE GESTIÓN</b> (Protección personal)	<b>NINGUNA GESTIÓN</b>	<b>RIESGO MODERADO</b>	<b>RIESGO IMPORTANTE</b>	<b>RIESGO INTOLERABLE</b>
<b>Factor de Riesgo Químico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 Y 3</b>	<b>6 Y 5</b>	<b>9, 8 Y 7</b>
Gases por la descomposición de la materia orgánica		2			2			2			6	
Polvo químicos		2		1				2			5	
Manipulación de químicos		2			2			2			6	

En la tabla 19 se muestra la evaluación de los factores de riesgos químicos presentes en la actividad dosificación de polímero. Para esta actividad, al igual que la anterior, los tres factores de riesgo químico son un riesgo importante para el personal operativo, pues para realizar esta actividad es inevitable estar expuesto a dichos riesgos.

Tabla 19 Factor riesgo químico, dosificación de polímero.

<b>CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - MÉTODO TRIPLE CRITERIO</b>												
	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</b>			<b>GRAVEDAD DE DAÑO</b>			<b>VULNERABILIDAD</b>			<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>		
	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>LIGERAMENTE DAÑINO</b>	<b>DAÑINO</b>	<b>EXTRAMADAMENTE DAÑINO</b>	<b>MEDIANA GESTIÓN (Acciones puntuales aisladas)</b>	<b>INCIPIENTE GESTIÓN (Protección personal)</b>	<b>NINGUNA GESTIÓN</b>	<b>RIESGO MODERADO</b>	<b>RIESGO IMPORTANTE</b>	<b>RIESGO INTOLERABLE</b>
<b>Factor de Riesgo Químico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 Y 3</b>	<b>6 Y 5</b>	<b>9, 8 Y 7</b>
Gases por la descomposición de la materia orgánica		2			2			2			6	
Polvo químicos	1			1				2		4		
Manipulación de químicos		2		1				2			5	

En la tabla 20, se evalúa la actividad dosificación del PAC, el hecho mismo de manipular químicos constituye un riesgo inherente para la salud de las personas, por lo que es considerado como riesgo importante, ya que los tres factores de riesgos químicos se encuentran presentes al realizar esta actividad

Tabla 20 Factor riesgo químico, dosificación de PAC.

<b>CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - MÉTODO TRIPLE CRITERIO</b>												
	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</b>			<b>GRAVEDAD DE DAÑO</b>			<b>VULNERABILIDAD</b>			<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>		
	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>LIGERAMENTE DAÑINO</b>	<b>DAÑINO</b>	<b>EXTRAMADAMENTE DAÑINO</b>	<b>MEDIANA GESTIÓN (Acciones puntuales aisladas)</b>	<b>INCIPIENTE GESTIÓN (Protección personal)</b>	<b>NINGUNA GESTIÓN</b>	<b>RIESGO MODERADO</b>	<b>RIESGO IMPORTANTE</b>	<b>RIESGO INTOLERABLE</b>
<b>Factor de Riesgo Químico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 Y 3</b>	<b>6 Y 5</b>	<b>9, 8 Y 7</b>
Gases por la descomposición de la materia orgánica		2			2			2			6	
Polvo químicos		2			2			2			6	
Manipulación de químicos		2			2			2			6	

En la tabla 21, se muestra la evaluación de los tres factores de riesgos químicos en la actividad manipulación de químicos, dicha actividad involucra procesos como son: recepción de químicos, transporte hacia la bodega de químicos, transporte hacia el lugar de dosificación, transporte de los recipientes vacíos hacia la bodega destinada para estos.

Tabla 21 Factor riesgo químico, manipulación de químicos.

<b>CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - MÉTODO TRIPLE CRITERIO</b>												
	<b>PROBABILIDAD DE OCURRENCIA</b>			<b>GRAVEDAD DE DAÑO</b>			<b>VULNERABILIDAD</b>			<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>		
	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>LIGERAMENTE DAÑINO</b>	<b>DAÑINO</b>	<b>EXTRAMADAMENTE DAÑINO</b>	<b>MEDIANA GESTIÓN</b> (Acciones puntuales aisladas)	<b>INCIPIENTE GESTIÓN</b> (Protección personal)	<b>NINGUNA GESTIÓN</b>	<b>RIESGO MODERADO</b>	<b>RIESGO IMPORTANTE</b>	<b>RIESGO INTOLERABLE</b>
<b>Factor de Riesgo Químico</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 Y 3</b>	<b>6 Y 5</b>	<b>9, 8 Y 7</b>
Gases por la descomposición de la materia orgánica		2			2			2			6	
Polvo químicos		2			2			2			6	
Manipulación de químicos		2			2			2			6	

Como se aprecia los factores de riesgos químicos se encuentran presentes en esta actividad, y es considerado como un riesgo importante porque el hecho de manipular químicos es sumamente peligroso si no se toman las debidas precauciones del caso.

- **Identificación cualitativa de la aplicación de la matriz de análisis y evaluación de riesgos – Triple Criterio de acuerdo al Ministerio de Relaciones Laborales (M R L, 2011)**

En la tabla 22 se resumen los valores obtenidos de la aplicación de la matriz de cualificación o estimación cualitativa del riesgo - método triple criterio – PGV para cada actividad desarrolladas por los operadores en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales lo que al realizar la ponderación es evidente que se cuenta con un Riesgo Importante.

Tabla 22 Factores de riesgo químico para la planta de tratamiento

Actividades con riesgos químicos	FACTORES DE RIESGOS QUÍMICOS		
	Gases por la descomposición de la materia orgánica	Polvo químicos	Manipulación de químicos
Muestreo	6		6
Control de variables del proceso	6		6
Reposición de inventario	6	6	6
Dosificación de Ácidos	6	5	6
Dosificación de Polímeros	6	4	5
Dosificación de PAC	6	6	6
Manejo de químicos	6	6	6

 Riesgo Importante

### **Análisis e interpretación de la matriz de riesgos**

En resumen, la aplicación de la matriz de riesgos nos da la idea clara aunque de manera subjetiva que en la planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con un riesgo tipo importante al estar expuestos a los gases que emana el tanque biológico por la descomposición de la materia orgánica, es por ello que se debe tomar medidas necesarias y urgentes para contrarrestar total o parcialmente el riesgo presente en esta área de la empresa. El departamento de seguridad y salud ocupacional de la organización, pretende organizar y apoyar las actividades que se crean necesarias en base a los datos obtenidos de este análisis y atender los requerimientos evidenciados en las encuestas por parte del personal que fue evaluado, pues las estadísticas demuestran que más de la mitad del personal requiere que se profundice a través de capacitaciones temas relacionados a exposición a riesgos químicos, causas y

consecuencias que generan un descuido o falta de interés el cuidado en la salud y seguridad de las personas.

### 5.3.2. Evaluación del grado de concentración de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### ➤ Equipo de medición

Para realizar las mediciones de concentración de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA, se utilizó el medidor de gas Tango TX1 cuyo proveedor principal de este equipo es la empresa *Industrial Scientific Corporation*, este equipo es un medidor portátil que posee la tecnología *Dualsense*, la misma que garantiza la seguridad del trabajador utilizando dos sensores electroquímicos para la detección del gas sulfuro de hidrógeno [23].

Posee un sistema innovador de alarma en múltiples niveles el mismo que permite apreciar de manera inmediata la alerta presente en el ambiente de tres formas diferentes como son: audible, visual y de vibración. Las alarmas indican concentraciones de gas potencialmente peligrosas o fallas en el sistema [23]. Ver figura. 27.



Fig. 27 Detector de gas tango TX1 para sulfuro de hidrógeno

- **Componentes del equipo:**

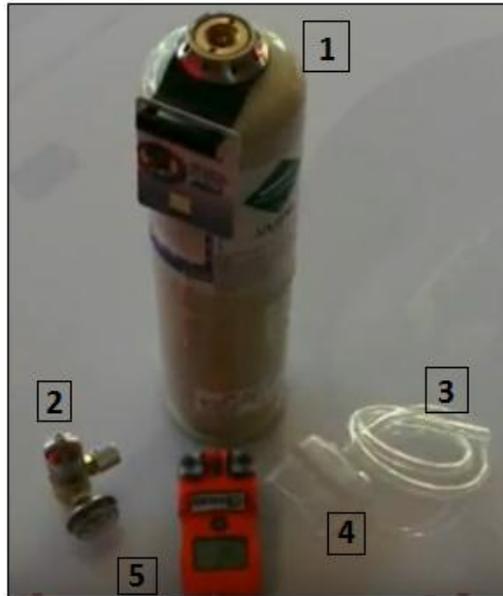


Fig. 28 Componentes del equipo

1. Cilindro de gas de calibración compatible con los sensores instalados y las configuraciones del gas de calibración de la unidad
2. Regulador de flujo positivo compatible con el cilindro de gas de calibración
3. Tubos de calibración (enviado con la unidad)
4. Recipiente de calibración (enviado con la unidad)
5. Medidor de gas Tango TX1 para sulfuro de hidrógeno [23]

- **Componentes internas del detector de gas Tango TX1.** Ver figura 29

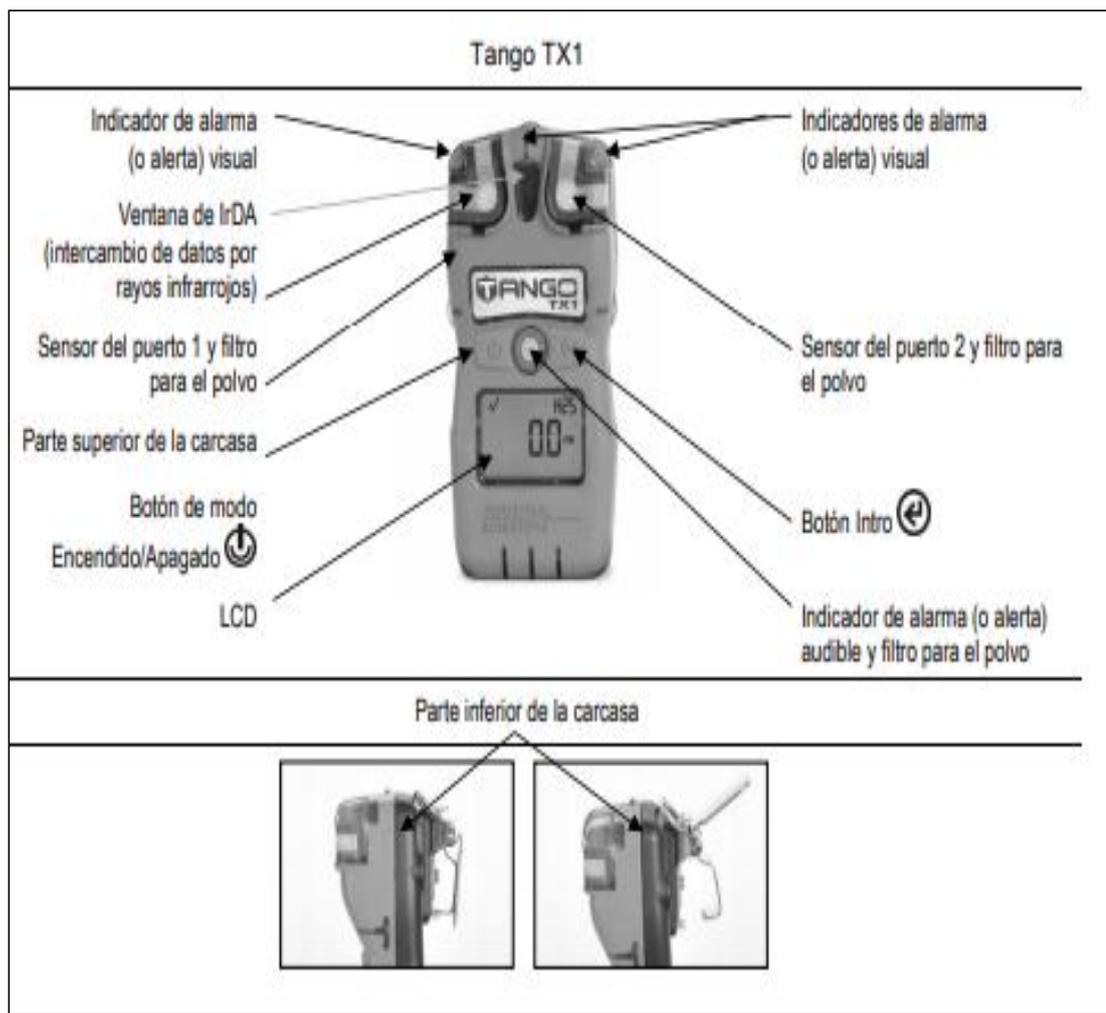


Fig. 29 Componentes internas del equipo

- **Calibración**

Previo el proceso de calibración, el equipo debe estar en la opción puesta a cero hasta que la alarma emita una alerta audible.

Seguidamente se debe colocar el recipiente de calibración sobre la parte superior del equipo hasta que se sujete correctamente asegurándose que se encuentren bien alineados en los bordes.

Luego presione enter para iniciar el proceso de calibración.

Abrir el flujo de gas y mientras se calibran los sensores, en la pantalla se puede visualizar el valor de vida útil del equipo [23]. Ver figura 30.

En los Anexos B-1 y B-2 se adjuntan tanto el certificado de calibración del equipo como los resultados de dicha calibración donde se especifica el nombre de la empresa autorizada, fecha de calibración y fecha de caducidad que aún se encuentra en vigencia.



Fig. 30 Calibración de sensores

➤ **Determinación de la concentración de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales.**

Es importante mencionar que para iniciar la determinación de la concentración de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA, se parte de los datos obtenidos de la matriz de riesgos, en donde la valoración del riesgo fue de tipo Importante, por lo que se determina que es necesario medir la concentración del gas sulfuro de hidrógeno cuando se llevan a cabo las actividades de muestreo, control de variables del proceso, reposición de inventario, dosificación de ácidos, polímeros y PAC, y el manejo de químicos.

Las mediciones de concentración de sulfuro de hidrógeno se las realizó en distintas fechas para cada una de las actividades mencionadas anteriormente en diferentes áreas seleccionadas aleatoriamente considerando el procedimiento descrito a continuación:

- Encender el equipo con el botón ON / OFF
- Verificar el porcentaje de carga batería, la misma que se encontraba en no menos del 95% por ser un equipo nuevo de paquete.
- Seleccionar la opción auto calibrar el equipo.
- Colocar el medidor de gas portátil ya sea en el cinturón, casco o prenda, del operador de turno, siempre y cuando el equipo se encuentre dentro de la línea de visión del operador y/o a un radio de 25,4 cm (10 in) de la nariz y la boca de

acuerdo a lo recomendado por la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) en la definición de zona de respiración.

- Registrar fecha, hora de inicio y hora final de la medición para cada actividad.
- Retirar el medidor de gas portátil al operador
- Apagar el equipo una vez dada por finalizada la toma de las mediciones [23].

➤ **Determinación de exposición diaria de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales.**

Para evaluar el grado de concentración de sulfuro de hidrógeno y en siguiendo el procedimiento antes detallado se realizó las mediciones en la planta de tratamiento de aguas residuales considerando siempre la disponibilidad de tiempo del operador de turno y evitando interrumpir las actividades prioritarias del proceso.

El equipo portátil Tango TX1 mide el gas en intervalos de dos segundos y registra datos constantemente cada diez segundos, es decir, tenemos el registro de 6 lecturas por cada minuto, el registro de datos puede almacenar aproximadamente tres meses de datos de una unidad encendida las 24 horas del día; es importante mencionar que posee un rango de medición de 0 a 500 ppm con un incremento de 0,1 ppm.

Una vez establecido que el factor de riesgo con valoración de tipo importante es la presencia de gases producidos por la descomposición de materia orgánica que para nuestro caso de estudio es el sulfuro de hidrógeno. Previa a la medición en campo con el equipo portátil Tango TX1, se realizó un análisis de la metodología para proceder con las mediciones en áreas donde los operadores se encuentran expuestos a la concentración del sulfuro de hidrógeno. Ver Tabla 23.

Tabla 23 Consideraciones de lecturas

ÁREAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES					
	TK1 - TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN LBR LABORATORIO	BDG BODEGA	TK5 - TANQUE MEZCLADOR		TK2 - TANQUE BILÓGICO
Tiempo medido (min)	60	40	20	40	30
Actividad Específica	Muestreo control de variables	Manipulación de químicos y Reposición de Inventario	Dosificación de PAC	Dosificación de Polímeros	Dosificación de Ácidos
Tiempo de Respuesta del Equipo(h)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Los datos medidos por el equipo portátil TANGO TX1 se ingresó en tablas todas las lecturas recopiladas, para este caso se mostrarán los datos obtenidos durante el tiempo que se toma el operador en realizar cada tarea específica. Luego de obtener los valores medidos con el equipo portátil, se procedió a calcular el valor promedio por cada minuto utilizando la Ecuación 1

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Luego se procedió a calcular el promedio de la concentración del sulfuro de hidrógeno por la fracción del tiempo en horas, la cual resulta de dividir el promedio de las 6 lecturas para 60 minutos que es el conversor de minutos a horas. Ver Anexos E.

Una vez realizado lo anterior se aplica las ecuaciones 2 y 3 para determinar la exposición diaria para cada actividad específica en el tiempo de 8 horas.

$$Ed = \sum \frac{C_i \cdot t_i}{8} \quad (2)$$

$$Ed = \frac{(C_1 \cdot t_1 + C_2 \cdot t_2 + C_3 \cdot t_3 + \dots + C_n \cdot t_n)}{8} \quad (3)$$

Donde:

**Ed** = Exposición diaria

**Ci** = Concentración de Sulfuro de hidrógeno

**ti** = tiempo

Cálculo de la Exposición diaria para la actividad Muestreo y Control de Variables:

$$Ed = \sum \frac{C_i \cdot t_i}{8} = \frac{15,39}{8} = 1,92$$

Cálculo de la Exposición diaria para la actividad Manipulación de químicos y reposición de Inventario:

$$Ed = \sum \frac{C_i \cdot t_i}{8} = \frac{7,04}{8} = 0,88$$

Cálculo de la Exposición diaria para la actividad Dosificación de PAC:

$$Ed = \sum \frac{Ci \cdot ti}{8} = \frac{3,44}{8} = 0,43$$

Cálculo de la Exposición diaria para la actividad Dosificación de Polímero:

$$Ed = \sum \frac{Ci \cdot ti}{8} = \frac{7,12}{8} = 0,89$$

Cálculo de la Exposición diaria para la actividad Dosificación de Ácidos:

$$Ed = \sum \frac{Ci \cdot ti}{8} = \frac{8,34}{8} = 1,04$$

A continuación, se presenta en la tabla 24 el resumen de los cálculos realizados para evaluar el grado de concentración diaria a la que está expuesto el personal de la planta de tratamiento de aguas residuales para cada actividad que realiza.

Tabla 24 Resumen de concentración diaria de sulfuro de hidrógeno en cada actividad

	ÁREAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
	TK1 - TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN LBR LABORATORIO	BDG BODEGA	TK5 - TANQUE MEZCLADOR		TK2 - TANQUE BIOLÓGICO
<b>Actividad Específica</b>	Muestreo y control de variables	Manipulación de químicos y Reposición de Inventario	Dosificación de PAC	Dosificación de Polímeros	Dosificación de Ácidos
<b>Tiempo medido (min)</b>	60	40	20	40	30
<b>Cantidad mediciones</b>	360	240	120	240	180
<b>Total de Concentración por tiempo ppm/h</b>	15,39	7,04	3,44	7,12	8,34
<b>Tiempo de exposición por turno (h)</b>	8	8	8	8	8
<b>Exposición Diaria ED ppm (TVL-TWA)</b>	1,92	0,88	0,43	0,89	1,04

El TVL- TWA según la norma ACGIH para la exposición al sulfuro de hidrógeno tiene un valor de 1 ppm tolerable en un periodo de trabajo de 8 horas [24], por lo que a continuación se evalúan aquellas actividades donde el operador se expone a este riesgo en un periodo de tiempo considerable en donde se observa que dos actividades rutinarias se encuentran fuera del rango permitido, mientras que las otras tres

actividades se encuentran con valores tolerables para el límite permisible. Ver figura 31.

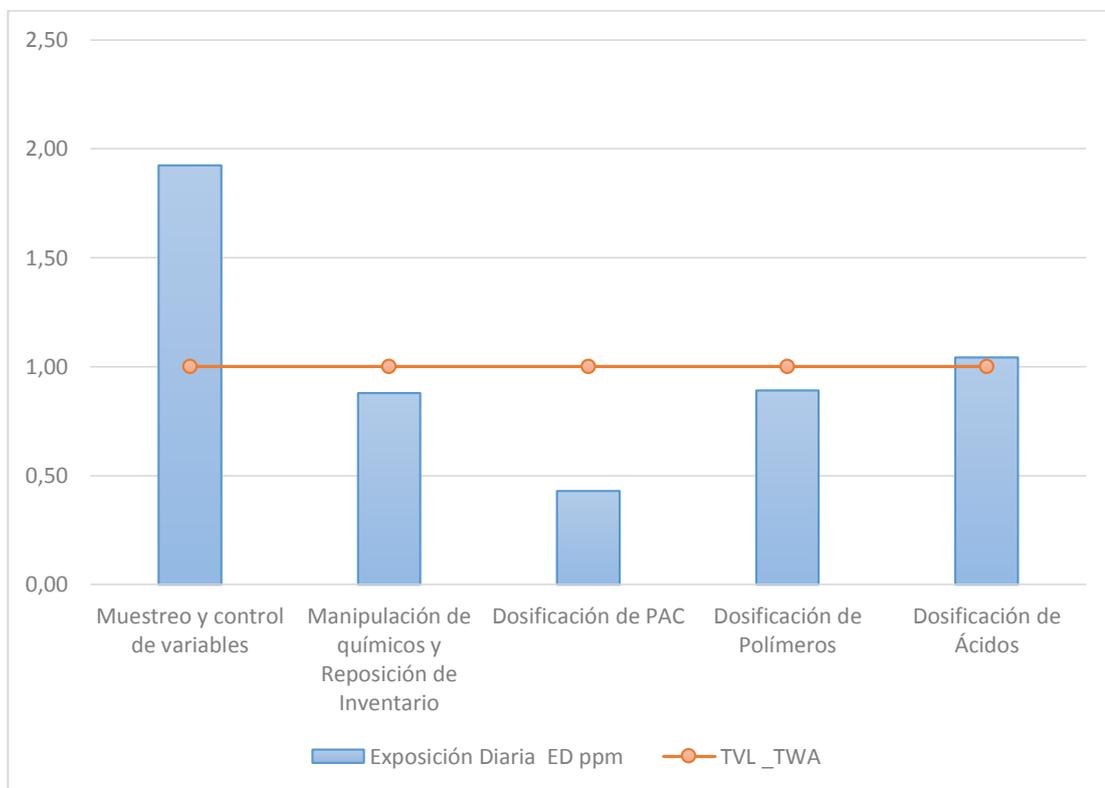


Fig. 31 Valores de exposición diaria al sulfuro de hidrógeno por actividades en la planta de tratamiento de aguas residuales

En la figura 22 se observa claramente que, para las actividades de muestreo y control de variables, así como para la actividad de dosificación de ácidos los valores rebasan el límite TLV-TWA para el sulfuro de hidrógeno, es entonces en base a este criterio que se desarrollan medidas de control para minimizar la exposición del sulfuro de hidrógeno.

#### 4.4 Determinación de medidas de control para reducir la exposición a sulfuro de hidrógeno.

##### 4.4.1. Medidas de control en la fuente y medio transmisor.

Para reducir la exposición al sulfuro de hidrógeno para las actividades de muestro y control de variables de proceso, al ser el laboratorio de la planta de tratamiento un lugar inseguro por la presencia de corrosión y oxidación en la estructura metálica que lo sostiene, se determina la reubicación del laboratorio en un lugar más seguro y

estable, un poco más alejado del área donde se encuentra la fuente emisora del sulfuro de hidrógeno, para lo cual se requiere la aprobación del Sr. Gerente de la empresa para iniciar con los trámites respectivos de construcción.

Se presentaron los datos antes mencionados con el fin de justificar la propuesta y evaluar nuevamente los datos que fueron tomados en fechas diferentes para analizar si la reubicación reduce en gran parte la afección en los operadores por la presencia de sulfuro de hidrógeno al realizar las actividades de muestro y control de variables.

De igual manera se realiza cambios en los químicos que se utilizaban para control de ph, al ser ésta una variable indispensable para el desarrollo de los microorganismos en el TK2-tanque biológico, por lo que se considera sustituir dicho producto químico por otro de similares características de funcionalidad como lo es el producto ácido fórmico, que éste, al ser de tipo orgánico, sirve de alimento para los microorganismos, lo que hace que sea consumido totalmente a un consumo inferior al del ácido sulfúrico, en este caso se consume 0.83 Kg por día. Ver figura. 32



Fig. 32 Dosificación del ácido fórmico

En las figuras 33 y 34 se observa que el laboratorio de la planta de tratamiento de aguas residuales ya se encuentra reubicado con las instalaciones necesarias para las actividades que se requiere realizar en esta área.



Fig. 33 Nueva ubicación del laboratorio de la PTAR



Fig. 34 Equipos y materiales para control de variables.

A continuación, se presentan los datos obtenidos en las nuevas mediciones para la actividad muestreo y control de variables las mismas que se realizaron de igual manera a las indicaciones presentadas anteriormente para el uso del equipo portátil TANGO TX1.

Cabe indicar que se redujo el tiempo para la actividad de muestreo y control de variables de 60 minutos a 50 minutos ya que la reubicación y adecuación del laboratorio cuenta con la distribución adecuada lo cual permite la reducción de tiempos por trayecto y eliminación de subir y bajar escaleras. En la tabla 25 se observa el resumen de los nuevos datos obtenidos para el tiempo de 50 minutos en fechas diferentes.

Tabla 25 Exposición sulfuro de hidrógeno utilizando medidas de control

Fecha	05/03/2018	06/03/2018	07/03/2018	08/03/2018	09/03/2018
<b>Actividad Específica</b>	Muestreo y control de variables				
<b>Tiempo medido (min)</b>	50	50	50	50	50
<b>Cantidad mediciones</b>	300	300	300	300	300
<b>Total de Concentración por tiempo ppm/h</b>	7,70	7,93	7,11	6,95	6,52
<b>Tiempo de exposición por turno (h)</b>	8	8	8	8	8
<b>Exposición Diaria ED ppm (TVL_TWA)</b>	0,96	0,99	0,89	0,87	0,81
<b>TVL_TWA referencia</b>	1	1	1	1	1

En la figura 35 se observa que las variaciones de exposición al sulfuro de hidrógeno para la actividad de muestreo y control de variables en la planta de tratamiento de aguas residuales, aplicando las medidas de control en la fuente, redujeron notablemente la emanación del sulfuro de hidrógeno, pero no se lo erradicó en su totalidad.

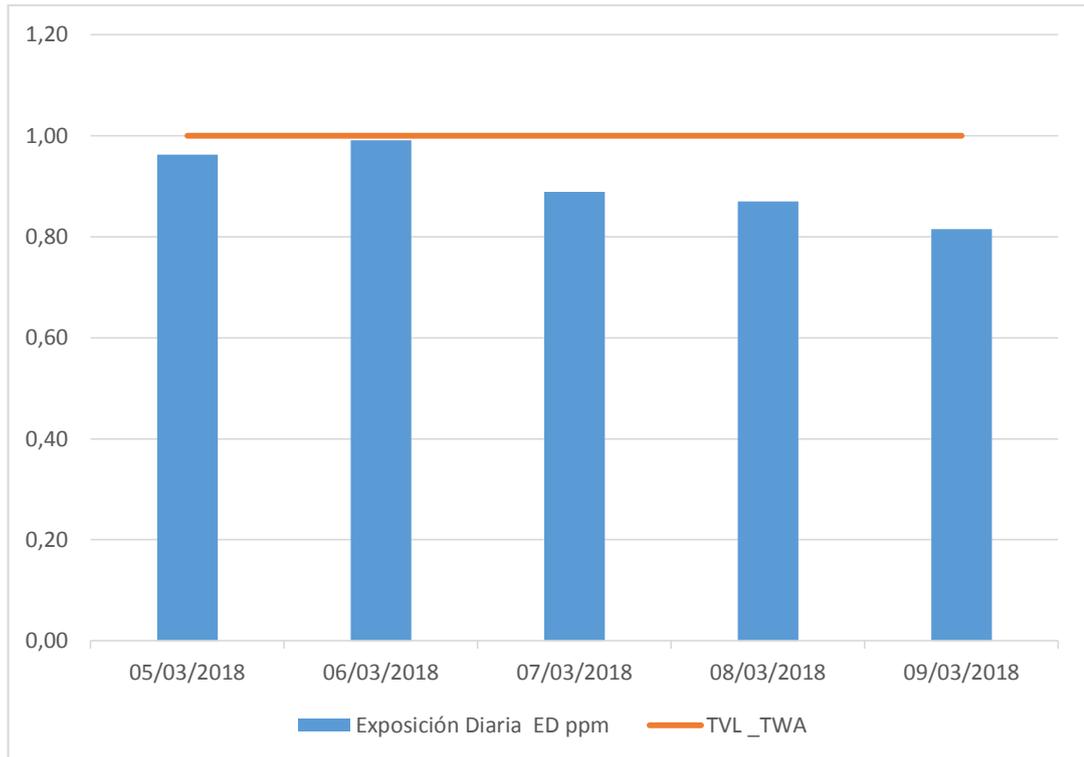


Fig. 35 Valoración del sulfuro de hidrógeno por fechas

#### 4.4.2 Medio Receptor.

Se observa que los trabajadores de la planta de tratamiento de aguas residuales cuentan con implementos de seguridad personal, los mismos que de acuerdo a la matriz de riesgos de la empresa son de uso rutinario y eventual según sea el caso de las actividades que se realiza durante la jornada de trabajo. Ver tabla 26.

En cuanto a la política de la empresa, se debe reponer anualmente lo que corresponde a ropa de seguridad y en lo que respecta a el EPP, éstos se los debe reemplazar cuando se encuentren totalmente deteriorados, cualquiera que sea el caso, se los cambia a través de un registro que lleva el asistente de seguridad industrial siempre y cuando el operador entregue el que se encuentra dañado como un medio de justificación del cambio y evidencia que están haciendo uso de los mismos.

Tabla 26 Equipo de seguridad para el personal de la planta de tratamiento

Señalética	Equipo de seguridad	Gráfico	Actividades	Observaciones
	Calzado antideslizante de caucho		Trabajos con exposición al agua	Uso rutinario
	Delantal o ropa impermeable		Manipulación de químicos	Uso rutinario
	Lentes contra impacto de patas		Protección de partículas	Uso eventual
	Guantes anti corrosión 6797R		Manipulación de químicos	Uso rutinario
	Guantes dielectricos		Trabajos eléctricos	Uso eventual
	Mascarilla media cara		Manipulación de químicos	Uso rutinario
	Filtro para vapores orgánicos y gases ácidos EN°6003		Manipulación de químicos	Uso rutinario
	Protector auditivo tipo copa para más de 90 dB		Ruido > 90 dB	Uso rutinario
	Ropa de trabajo		Uniforme	Uso rutinario

#### 4.4.3 Medidas Administrativas.

Como una medida para que el personal de la planta de tratamiento tenga siempre en cuenta cuánto es el grado de sulfuro de hidrógeno presente en el medio, se le adquirirá un equipo portátil para que sea parte de su EPP y pueda dar las alarmas que necesita saber en caso de que este riesgo supere los límites umbrales, de igual manera se procederá a colocar la señalética necesaria en cada área de la planta de tratamiento

para que tengan en cuenta que equipo de protección debe estar usando antes de realizar cualquier actividad. Ver figura 36.



Fig. 36 Colocación de señalética en cada área de la PTAR

#### 4.5. Discusión y Resultados.

La actividad de muestreo y control de variables es la principal actividad que el personal operativo de la planta de tratamiento de aguas residuales realiza en el proceso, como se demostró en la matriz de riesgo, esta actividad es una de las importantes ya que expone a los trabajadores a estar en contacto con un ambiente donde el sulfuro de hidrógenos que se encuentra presente en el medio por la emanación de este componente ya que se esparce con facilidad y es perceptible a bajas concentraciones.

A pesar del uso del equipo de protección personal, es un ambiente con olores desagradables no solo para las personas que trabajan en este lugar sino también para los demás colaboradores que perciben este gas aun no estando cerca de la fuente emisora, pues el olor se pega fácilmente en la ropa, quedando la sensación de estar presente incluso cuando se aleja del foco emisor y del área de trabajo.

El actuar sobre el foco emisor y el medio transmisor, permite evaluar que existe una determinación importante en la emanación de sulfuro de hidrógeno pues el remplazo del ácido sulfúrico por el ácido fórmico para el control de pH, permite reducir notablemente las concentraciones de sulfatos lo cual representa un ahorro para la empresa porque el consumo de este químico orgánico es sumamente inferior y es

menos costoso, considerando de igual manera que el manejo de ácido sulfúrico constituye un alto riesgo de accidentabilidad al manipular cantidades grandes y rutinariamente, pues al ser este químico un ácido puede llegar a provocar quemaduras si no se lleva las debidas precauciones del caso. Ver Tabla 27.

Tabla 27 Ahorro de consumo de ácido fórmico

<b>Producto:</b>	<b>Dosis Diaria (Kg /día)</b>	<b>Costo \$/Kg</b>	<b>Costo mes \$/Kg</b>	<b>Ahorro \$</b>
ácido sulfúrico	28	0,55	14,4	14,57
ácido fórmico	0,83	1	0,83	

Como se observa en la tabla anterior se evidencia que la empresa tiene un ahorro y beneficio al utilizar el ácido fórmico, ya que se redujo significativamente la formación de sulfuros y se aprovecha al máximo la materia orgánica de las aguas residuales como alimento para los microorganismos aerobios.

Es importante también destacar que la reubicación del laboratorio de la planta de tratamiento de aguas residuales, es de gran significancia, ya que el lugar corroído formaba una condición insegura para los operadores y los equipos que se encontraban en ese lugar. Y como no destacar que el ambiente mejoró liberando en gran parte de la concentración de sulfuro de hidrógeno en el interior del lugar, así como también se mejora el ruido inherente de las bombas, pues al estar más alejado, de las máquinas que generan el molesto ruido entonces mejora la calidad de trabajo del personal.

Para la construcción del nuevo laboratorio de la planta de tratamiento se invierte un total de \$3 396,4 los mismos que se detallan en la tabla 28 cada uno de los materiales a utilizarse.

Tabla 28 Costo de construcción de nuevo laboratorio

Descripción	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Unidad	Costo total (\$)
Diseño de plano	30	20	m2	600
mano de obra	25	25	día	625
Bloque Liviano 4x19x39cm	200	0,63	U	126
cemento	15	8	U	120
Planchas de Zinc acanaladas 0,3X0,8X2	14	9,3	U	130,2
Cerámica (piso y mesón)	36	8	m2	288
Muebles de Madera	6	110	m2	660
Instalaciones eléctricas	6	60	punto	360
Instalación hidráulica	2	100	punto	200
Ventana 1,6 X 1,3 Aluminio	2,08	40	m2	83,2
Ventana 2,0 X 1,3 Aluminio	2,6	40	m2	104
Puerta 2,0 X 1,0 Aluminio	2	50	m2	100
<b>Total</b>				<b>3396,4</b>

En la tabla 29 se realiza una comparación entre las mediciones antes y después de las mejoras antes descritas que ayudan a mejorar el ambiente laboral de las personas que trabajan en la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 29 Comparación del grado de concentración de sulfuro de hidrógeno para la actividad de muestreo

	Actual	Propuesto
<b>Actividad Específica</b>	Muestreo y control de variables	Muestreo y control de variables
<b>Tiempo medido (min)</b>	60	50
<b>Cantidad mediciones</b>	360	300
<b>Total de Concentración por tiempo ppm/h</b>	15,39	7,24
<b>Tiempo de exposición por turno (h)</b>	8	8,00
<b>Exposición Diaria ED ppm</b>	1,92	0,91

Como se observa en la tabla 29, se reduce un 47% aplicando la regla de tres simple de la concentración de sulfuro de hidrógeno para la actividad de muestreo, pues esta actividad es la que los operadores lo realizan rutinariamente y varias veces al día.

$$X = \frac{0.91 * 100}{1.92} = 47\%$$

Para reducir totalmente la concentración del sulfuro de hidrógeno en el laboratorio de la planta de tratamiento, se propone la implementación de una campana extractora gases de forma paralelepípeda cuya función es eliminar los gases que se generan al realizar la actividad de muestreo y control de variables. A continuación se detalla las medidas propuestas para la elaboración de esta campana, la misma que sirve para el trabajo de dos personas ya que cuenta con dos puertas en la cara frontal:

**Medidas de la campana:**

Largo: 2,7 m

Profundidad: 0,85

Alto= 1,47m

**Medidas de las puertas:**

Largo: 0,84m

Alto: 0,67m

El aire evacuado se lo debe enviar al exterior a través de un ducto de 3m y debe tener 2 codos de 90°.

Basados en la consigan dada por la American Conference of Governmental Industrial Hygienist, se adopta los siguientes requisitos mínimos:

$$Q = S \times 0,4 \text{ m/s} \tag{4}$$

Donde S= superficie de las puertas que tenga la campana

$$Q = (0,84 \times 0,67) \times 2 \times (0,4 \times 3600) \text{ m}^3/\text{h} = \mathbf{1620\text{m}^3/\text{h}}$$

Considerando que el sulfuro de hidrógeno es un gas corrosivo se recomienda utilizar un ventilador construido de material plástico. En la figura 37 se observa el diseño de la campana propuesta:

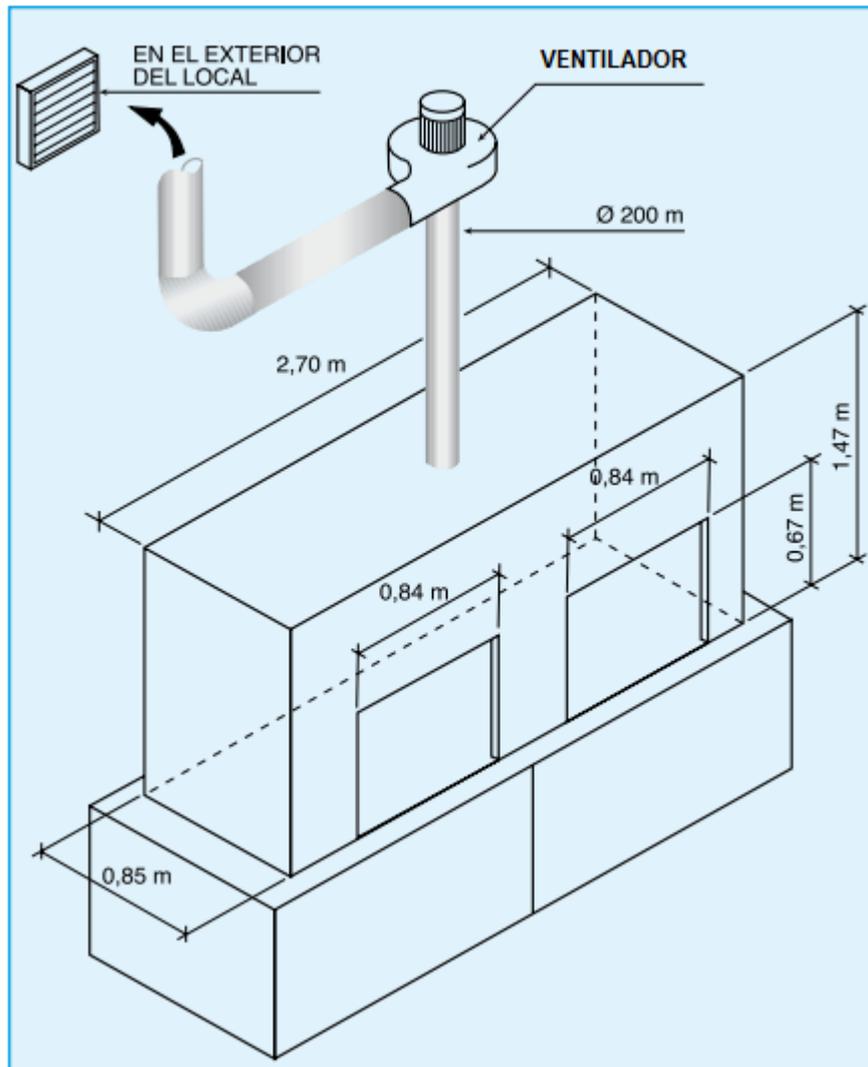


Fig. 37 Diseño de la campana para extracción de gases en el laboratorio de la planta de tratamiento

Una vez que se tiene el valor del caudal requerido se determina que el conducto de salida debe ser de 200 mm, considerando los dos codos, las bocas de entrada y salida y se recomienda que el ventilador debe ser centrífugo anticorrosivo y en el conducto de salida se debe colocar una malla que impida la entrada de animales voladores o insectos. Ver Anexo G.

## CAPÍTULO V

### 5.1 Conclusiones

- Se identifica que la principal fuente emisora de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA es el proceso biológico llevado a cabo en el área TK1- Tanque biológico, ya que en este lugar se encuentran vivos los microorganismos generadores de sulfuro de hidrógeno cuando las condiciones del medio donde se desarrollan no son las apropiadas.
- Se realiza un análisis de riesgos a través de la aplicación de la matriz de riesgos, categorizando como riesgo importante aquellas actividades donde los operadores se encuentran expuestos diariamente a las concentraciones de sulfuro de hidrógeno.
- Se mide el grado de concentración de sulfuro de hidrógeno en las actividades rutinarias, teniendo como resultado que la actividad de muestreo y control de variables es la actividad que más realizan los operadores y que tiene un valor promedio de 1,92 ppm de exposición diaria superando los valores de TLV- TWA que según la ACGIH es de valor de 1 ppm, seguida del valor 1,04 ppm correspondiente a la dosificación de ácido en la TK1- Tanque biológico ya que en este lugar se encuentra la materia orgánica que por efectos naturales tiende a emanar sulfuro de hidrógeno por la descomposición de la materia orgánica.
- En valores inferiores al del TLV- TWA se destacan las actividades de dosificación de polímeros con un valor de 0,89 ppm seguido por las actividades de reposición y manipulación de químicos con un valor de 0,88 ppm y por último se encuentra la dosificación del PAC con un valor promedio de 0,43 ppm.

- La reubicación del laboratorio de la planta de tratamiento es una medida urgente y necesaria que redujo en un 47% el riesgo químico presente en esta área, pero no al no erradicar totalmente la presencia del sulfuro de hidrógeno en el laboratorio se propone la construcción de una campana extractora de gases, la misma que permita eliminar en su totalidad la presencia del sulfuro de hidrógeno en el interior del laboratorio de la planta de tratamiento.
- **5.2 Recomendaciones**
  - ✚ Se recomienda eliminar definitivamente el uso del ácido sulfúrico para el control de ph en el tanque biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales, es indispensable únicamente el uso del ácido fosfórico para este fin ya que sus características químicas se prestan para regular el ph del medio en el que se le aplique sin generar sulfuros que provoquen mal olor en los tanques.
  - ✚ Se recomienda realizar un plan de mantenimiento preventivo en los difusores generadores de oxígeno en el tanque biológico para evitar que colapsen, considerando que su funcionamiento es de vital importancia para la supervivencia de las bacterias.
  - ✚ Se recomienda realizar mediciones anuales para monitorear los niveles de sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento y de esta manera prevenir tanto en la fuente, en el medio de transmisión como en el receptor y tener controles periódicos que garanticen que los niveles de concentración se encuentren por debajo del 1 ppm según el TLV- TWA normado por el ACGIH.
  - ✚ Se recomienda plantear un programa que permita llevar supervisión médica con protocolos de vigilancia de la salud, con el fin de precautelar la salud de los trabajadores y prevenir la aparición enfermedades profesionales, disminuir los niveles de riesgo de sufrir alteraciones a las vías respiratoria.
  - ✚ Se recomienda realizar procedimientos de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo con las medidas preventivas que permitan minimizar los efectos de la exposición al sulfuro de hidrógeno en la salud de los trabajadores en la empresa TEIMSA.
  - ✚ Para la implementación de la campana extractora de gases se recomienda que los materiales utilizados sean elaborados con materiales anticorrosivos que no se deterioren en el futuro por el óxido y la corrosión que genera el sulfuro de hidrógeno.

## Bibliografía

- [1] F. Alex, «Contaminación por malos olores, un problema en aumento,» Eroski, 02 enero 2014. [En línea]. Available: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2014/01/02/219012.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2014/01/02/219012.php).
- [2] M. F. H. Arboeláez, «Contaminación Textil,» 3 Octubre 2010. [En línea]. Available: <http://contaminaciontextil.blogspot.com/>.
- [3] J. F. Marquez, J. M. Morgan y N. A., Control de Malos Olores en un Sistema Integral de Tratamiento de Aguas Residuales para casas habitación, Coyoacán, DF Mexico: UNAM.
- [4] M. R. Muñoz, Estudio y puesta en marcha de un sistema de eliminación de ácido sulfhídrico en una corriente de aire, mediante un biofiltro de escurrimiento con Thiobacillus thioparus inmovilizado en espuma de poliuretano”, Cádiz, 2017.
- [5] Electroquímica Mexicana S.A. de C.V, Control de olor y corrosión en plantas de tratamiento de aguas residuales con Peróxido de Hidrógeno, Mexico.
- [6] R. Gonzales, «EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN LABORAL POR GASES Y AEROSOL INORGÁNICOS EN ÁREAS DE LA REFINERÍA DE PETRÓLEO ‘NICO LÓPEZ’,» 30 Noviembre 2014. [En línea]. Available: [http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol5\\_2\\_04/rst05204.html](http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol5_2_04/rst05204.html).
- [7] TEIMSA, «ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EX POST DE LAS ACTIVIDADES DE LAS ACTIVIDADES DE TEIMSA,» Moyagest Cía. Ltda., 2014. [En línea]. Available: <http://www.teimsa.com.ec/EsIA.pdf>.
- [8] M. Ramirez, Viabilidad de un Proceso para la eliminación conjunta de H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> contenido en efluentes gaseosos, Cadiz, 2007.
- [9] C. M. Antoine, Estudio de la reducción de azufre elemental y producción de sulfuro de hidrógeno en bioreactores anaeróbicos, Chile, 2009.
- [10] H. Torres, Caracterización de la exposición ocupacional a los gases de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y monóxido de carbono (CO) y la percepción de salud de los trabajadores en una empresa del sector hidrocarburo en Colombia, Colombia, 2015.
- [11] S.-G. P. V. D. y F.-. S. J. Nogue S, «Secuelas neurológicas irreversibles causadas por una exposición al sulfuro de hidrógeno en un accidente laboral,» Toxicol, vol. 247, pp. 45-47, 2004.
- [12] F. F. C. R. R. M. E. Z. H. V. Cueto Romero, «DISMINUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR SULFURO DE HIDRÓGENO EN LA TECNOLOGÍA ÁCIDA DE NÍQUEL Y COBALTO,» Revista Cubana de Química, vol. XVII, n° 3, p. 92, 2005.
- [13] M. S. J. Manuel, «Malos Olores en plantas de tratamiento de aguas residuales: su control a través de procesos biotecnológicos,» de Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, Coyoacán - México, 2000.
- [14] C. Batiz, «H<sub>2</sub>S En la Industria Petrolera,» Petroquímex, Mexico, 2014.

- [15] C. Batiz, «Petroquimex La revista de la industria energética,» 20 Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://petroquimex.com/h2s-en-la-industria-petrolera/>. [Último acceso: 12 Noviembre 2017].
- [16] Ministerio del Trabajo, Seguridad y Salud en el Trabajo, Ecuador, 2015.
- [17] H. Cray, «Respiración segura incluso con concentraciones de H<sub>2</sub>S extremadamente altas,» REGIÓN ORIENTE MEDIO, ÁFRICA, [En línea]. Available: <https://www.draeger.com/Library/Content/h2s-article-wp-6546-es.pdf>.
- [18] J. R. C. Rosales, Control de exposición laboral a sulfuro de hidrógeno en la planta de tratamiento de aguas amargas y en las unidades mercox de la refinería Esmeraldas de la EP PetroEcuador, Quito, 2015.
- [19] R. Herrick, «Higiene Industrial,» [En línea]. Available: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/30.pdf>.
- [20] IESS, «Seguro Riesgos de trabajo,» [En línea]. Available: <https://www.iess.gob.ec/es/web/guest/preguntas-frecuentes4>.
- [21] Electroquímica Mexicana S.A. de C.V., [En línea]. Available: Control de olor y corrosión en plantas de tratamiento de aguas residuales. [Último acceso: 15 febrero 2018].
- [22] A. D. J. R. Ulloa, Diseño y elaboración del reglamento de seguridad en el trabajo para el centro de producción de la Unidad Académica Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA), Latacunga: UTC, 2012.
- [23] Industrial Scientific, Manual de Producto - Guía básica para equipos de seguridad y operadores de instrumentos, Shanghái, China: Pittsburgh, PA, EE. UU., 2016.
- [24] J. S. y. X. Sola, «NTP 244 Criterios de valoración en Higiene Industrial,» 1989. [En línea]. Available: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_244.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_244.pdf).
- [25] D. Z. y. J. C. Luz Elena Sáenz, «Percepción comunitaria de los olores generados por la planta de tratamiento de aguas residuales de El Roble-Puntarenas, Costa Rica,» Tecnología en Marcha, Puntarenas - Costa Rica, 2016.
- [26] Cedar Lake Ventures, Inc., «Weather Spark,» [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/m/20027/2/Tiempo-promedio-en-febrero-en-Ambato-Ecuador>. [Último acceso: 15 Febrero 2018].

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### ENCUESTA PARA ESTABLECER EL GRADO DE CONOCIMIENTO DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL EN EL ÁREA DE INVESTIGACIÓN PARA LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA TEIMSA.

**Antes de contestar, por favor lea bien las preguntas y exprese sus comentarios al final de la encuesta.**

1. ¿Cree Ud. que su lugar de trabajo tiene exposición a riesgos de tipo químico?  
SI  
NO
2. ¿Mencione en que actividades de las que realiza diariamente tiene más riesgo de exposición a los riesgos químicos?

---

---

---

3. ¿Posee un procedimiento que establezcan las actividades que debe realizar para manejo de químicos?  
SI  
NO
4. ¿Tiene acceso a las hojas de seguridad en caso de algún imprevisto con los químicos que utiliza?  
SI  
NO
5. ¿Cree que se encuentra totalmente capacitado en lo que respecta a riesgos químicos?  
SI  
NO  
TAL VES
6. ¿De las siguientes opciones señale el orden de actividades las considera con riesgos químicos para su salud, desde un valor 3 como máximo y un valor 1 como mínimo?

\_\_\_\_\_ Inhalación de gases provenientes de la descomposición de materia orgánica

\_\_\_\_\_ Manipulación de químicos

\_\_\_\_\_ Inhalación de Polvos de los químicos

7. ¿Ha recibido de la empresa el equipo de protección personal necesario para el desarrollo de las actividades que realiza?  
SI  
NO
8. ¿Para actividades de manteniendo de las instalaciones de la planta de tratamiento existe algún documento que establezca las normas de seguridad para efectuar dichas actividades con seguridad?  
SI  
NO
9. Determine el grado de importancia para las siguientes actividades que son considerados de riesgos químicos siendo 1 el más alto y 3 el más bajo:
- a. Muestreo
  - b. Control de variables del proceso
  - c. Reposición de inventario
  - d. Dosificación de Ácidos
  - e. Dosificación de Polímeros
  - f. Dosificación de PAC
  - g. Manejo de químicos

Por favor en las siguientes líneas de a conocer sus sugerencias en cuanto al tema de la encuesta,

---

---

---

Se les agradece por su colaboración

## ANEXO B-1

### Certificado de análisis del medidor portátil TANGO TX1



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PROCEDIMIENTO:  
PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS

Fecha de Implementación: 13/01/2009  
Revisión No.7: 16/11/2016  
CÓDIGO: R-60-01-03

Cliente: ANDREA PAZMIÑO

**N° 013343**

Descripción del Equipo: TANGO TX1 (H2S DUAL SENSOR)

Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC

N° DE Serie: 17070N1-027

Sistema Fijo:

Sistema Portátil:

Condiciones ambientales del laboratorio: HR: 47,7 %

Temp.: 22,4 °C

#### CALIBRACIÓN DE ALARMAS:

Oxígeno	Tóxico 1	Lo	10 ppm	TWA	10ppm	Tóxico 1	Lo	10 ppm	TWA	10ppm
Lo	H2S IZQ					H2S DER				
Hi	Hi	20 ppm	STEL	15ppm		Hi	20ppm	STEL	15ppm	
Combustible	Tóxico 3	Lo		TWA		Tóxico 4	Lo		TWA	
Lo		Hi		STEL			Hi		STEL	
Hi										

#### CALIBRACIÓN CON GASES: (Aprobados N.I.S.T)

SENSOR A SER CALIBRADO			RESPUESTA DEL SENSOR (SPAN)	VALOR ESTIMADO DE CALIBRACIÓN (Set Point)	CILINDRO DE CALIBRACIÓN		RESULTADO DE CALIBRACIÓN	
SENSOR	GAS USADO	SPAN GAS			N° PARTE FABRICANTE	N° LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
N° SERIE								
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1 17063M2299	H2S IZQ	25ppm	44.4	25	58L-98-25 GASCO	IBH-98-25-9	X	
TOXICO 1 17063M2280	H2S DER	25ppm	44.4	25	58L-98-25 GASCO	IBH-98-25-9	X	
TOXICO 2								
TOXICO 3								

Validez del Certificado: 3 MESES

Lugar y Fecha de Emisión: Quito, 12 Enero 2018

Comentarios: Equipo nuevo

Realizado por:  FRANCISCO BARAHONA Revisado por:  FRANCISCO BARAHONA Recibido por: ANDREA PAZMIÑO

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cia. Ltda.  
[www.degso.com](http://www.degso.com) CERTIFICADO ISO 9001:2008 [degso@degso.com](mailto:degso@degso.com)

## ANEXO B-2

### REPORTE FINAL DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

**INDUSTRIAL  
SCIENTIFIC**

#### Tango TX1 Final Inspection & Test Report

---

##### INSTRUMENT SETTINGS

---

Instrument S/N : 17070N1-027	Sensor Type : H2S
Setup Date : July 11, 2017	Default Span Gas : 25 ppm
Part Number : TX1-2	Low Alarm : 10 ppm
Technician ID : DTM	High Alarm : 20 ppm
	STEL Alarm : 15 ppm
	TWA Alarm : 10 ppm

---

##### CALIBRATION

---

Span Gas Used : 45.2 ppm  
Span Gas Cylinder# : CC500098-0517B  
Span Gas Expiration Date : March 24, 2020

	Serial Number	Span Reserve
Left Sensor :	17063M2299	180.80 %
Right Sensor :	17063M2280	187.20 %

---



##### OUR MISSION

Preserving human life on, above and below the earth  
Delivering highest quality, best customer service ...  
every transaction, every time

## ANEXO C

### Hoja de especificación del equipo portátil TANGO TX1



Especificaciones del Producto



- La tecnología DualSense® aumenta la seguridad del trabajador utilizando dos sensores para la detección del mismo gas
- Garantizado de por vida™ con sensores y baterías de repuesto que extiende la vida del instrumento
- AlarmAmp™ opcional que aumenta las alarmas audibles hasta 110dB
- Alertas de gas interactivas

#### CONFIGURACIONES DEL INSTRUMENTO

NÚMERO DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
TX1-1	Tango TX1, CO
TX1-2	Tango TX1, H <sub>2</sub> S
TX1-4	Tango TX1, NO <sub>2</sub>
TX1-5	Tango TX1, SO <sub>2</sub>
TX1-6	Tango TX1, CO/H <sub>2</sub> low

#### ACCESORIOS

1810930-ABC-ABC	DSX™ Docking Station para Tango™ TX1 A – Modo DSX: 0 – DSX Autónomo, 1 – DSX Conectado a la nube, 2 – DSX-L, Servidor Local B – Cantidad de puertos de entrada de gas: 3 – 3 puertos, 6 – 6 puertos C – Tipo de cable de alimentación: 1 – Norteamérica, 2 – Europa, 3 – Australia, 4 – Reino Unido
17154367	Batería de repuesto
18109171	Funda flexible de nailon, negra
18109239	Funda flexible de nailon, naranja
18109218	Kit de protección contra el polvo, paquete de 5
18109230	Kit de protección contra la humedad, paquete de 5
18109238	CalCup y kit de tubos
17120908	Sujetador para el cinturón
17154915-0	AlarmAmp™, Negro
17154915-1	AlarmAmp™, Naranja de seguridad
17154916	Placa de identificación negra
17154917	Placa de identificación verde
17154918	Placa de identificación amarilla
17154919	Placa de identificación azul
17154920	Placa de identificación blanca

\* Estas especificaciones se basan en las condiciones de rendimiento y pueden variar según el instrumento

\*\* Las temperaturas de operación superiores 50 °C (122 °F) pueden reducir la precisión de los instrumentos. Las temperaturas de operación inferiores a -30 °C (-4 °F) pueden reducir la precisión de los instrumentos y afectar el rendimiento de las visualizaciones y alarmas.

Patente Número: 9.008.910 – Tecnología DualSense® – Patente Número: 9.064.396 – AlarmAmp™

**INDUSTRIAL  
SCIENTIFIC**

www.indsci.es/tango

#### ESPECIFICACIONES\*

##### GARANTÍA DEL INSTRUMENTO:

Garantía de tres años que no incluye las baterías, los sensores y los filtros. Los sensores de CO y H<sub>2</sub>S tienen una garantía de 3 años a partir de la fecha de compra inicial. Todos los demás sensores tienen una garantía de 2 años a partir de la fecha de compra inicial.

##### PANTALLA:

Pantalla de cristal líquido (LCD) segmentada

##### TECLADO:

Dos botones

##### MATERIAL DE LA CUBIERTA:

Parte superior de la cubierta: Policarbonato con recubrimiento de caucho protector  
Parte inferior de la cubierta: Policarbonato conductivo

##### ALARMAS:

Tres alarmas visuales LED con emisión estroboscópica (dos rojas, una azul) alarma sonora de 100 decibelios (dB) a una distancia de 10 cm (3,94 in) y alarma vibratoria

##### DIMENSIONES:

99 x 51 x 25 mm (3,9 x 2,0 x 1,4 in)

##### PESO:

126,0 g (4,4 oz)

##### RANGO DE TEMPERATURA:

De -40 °C a 50 °C (de -40 °F a 122 °F) \*\*

##### RANGO DE HUMEDAD:

15% a 95% sin condensación (continuo)

##### SENSORES:

CO, CO/H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> – Tecnología de sensor electroquímico

##### RANGOS DE MEDICIÓN DEL SENSOR:

Monóxido de carbono (CO): De 0 a 1.000 ppm en incrementos de 1 ppm  
Monóxido de carbono (CO/H<sub>2</sub> low): De 0 a 1.000 ppm en incrementos de 1 ppm  
Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S): De 0,0 a 500 ppm en incrementos de 0,1 ppm  
Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>): De 0,0 a 150 ppm en incrementos de 0,1 ppm  
Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): De 0,0 a 150 ppm en incrementos de 0,1 ppm

##### CONJUNTO DE BATERÍAS:

Batería principal reemplazable de litio-cloruro de titanio (Li-SDCI2): 2/3AA, de 3,6 V y 1,5 Ah; no recargable, always on; el tiempo de ejecución 2 años dependiendo de las condiciones de funcionamiento

##### REGISTRO DE INFORMACIÓN:

3 meses a 10-segundos intervalos

##### REGISTRADOR DE EVENTOS:

Registra los últimos 60 eventos de alarma

#### CERTIFICACIONES

##### CLASIFICACIÓN IP:

IP66; IP67

##### -40 °C a 50 °C (-40 °F a 122 °F)

ATEX: Ex Ia I Ma; Ex Ia IIC T4 Ga;  
Grupo y categoría del equipo: I M1 y II 1G

CSA: Clase I, Grupos A B C D T4; Ex Ia IIC T4

IECEx: Ex Ia I Ma; Ex Ia IIC T4 Ga

UL (C-US): Clase I, Grupos A B C D T4; Class II, Grupos E F G;

INMETRO: Ex Ia I Ma; Ex Ia IIC T4 Ga

##### -20 °C a 50 °C (-4 °F a 122 °F)

China Ex: Ex Ia IIC T4 Ga

CMA: Ex Ia I Ma; H2S, CO

KC: Ex Ia IIC T4

EAC: PD Ex Ia I X; 0 Ex IX IIC T4 X

#### AMÉRICA

Teléfono: +1-412-788-4353 | Fax: +1-412-788-8353  
1-800-DETECTS (338-3287) North America  
info@indsci.com

#### ASIA PACÍFICO

Teléfono: +65-6561-7377  
Fax: +65-6561-7787  
info@ap.indsci.com

#### EMEA

Teléfono: +33 (0)1 57 32 92 61  
Fax: +33 (0)1 57 32 92 67  
info@eu.indsci.com



## Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S)

El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro, inflamable y extremadamente peligroso con olor a "huevo podrido". Ocurre de forma natural en petróleo crudo y gas natural, y puede ser producido por la descomposición de materia orgánica y desechos humanos/animales (por ejemplo, aguas negras). Es más pesado que el aire y puede acumularse en áreas bajas y cerradas, pobremente ventiladas, como sótanos, bocas de registros, bóvedas subterráneas para líneas de alcantarillado y teléfonos/eléctricas.

### Detección por el Olor

- Se puede oler a niveles bajos, pero con exposición continua a bajos niveles o a concentraciones más altas, usted pierde su habilidad para oler el gas aun cuando todavía esté presente.
  - A concentraciones más altas - su habilidad para oler el gas se puede perder instantáneamente.
- **NO dependa de su sentido de olfato para indicar la presencia continua de este gas o para la advertencia de concentraciones peligrosas.**

### Efectos sobre la Salud

Los efectos sobre la salud varían dependiendo de cuánto tiempo y a qué nivel usted está expuesto. Las personas asmáticas pueden estar en mayor riesgo.

- **Concentraciones bajas** - irritación de ojos, nariz, garganta o sistema respiratorio; los efectos pueden tardar en aparecer.
- **Concentraciones moderadas** - efectos más severos en los ojos y la respiración, dolor de cabeza, mareos, náusea, tos, vómitos y dificultad al respirar.
- **Concentraciones altas** - estado de shock, convulsiones, incapacidad para respirar, coma, muerte; los efectos pueden ser extremadamente rápidos (en pocos respiros).

### Antes de Entrar a Áreas con Posible Sulfuro de Hidrógeno

- Una persona cualificada necesita evaluar la presencia y concentración de sulfuro de hidrógeno en el aire utilizando instrumentos de prueba. Esta persona también determina la necesidad de precauciones contra fuego/explosión.
- Si el gas está presente, el espacio debe ser ventilado.
- Si el gas no puede removerse, use protección respiratoria apropiada y cualquier otro equipo necesario de protección personal (EPP), de rescate y comunicación. Las atmósferas que contienen concentraciones altas (más de 100 ppm) se consideran un Peligro Inmediato a la Vida.

**ANEXO E-1**

**CÁLCULOS DE EXPOSICIÓN AL SULFURO DE HIDRÓGENO PARA LA ACTIVIDAD MUESTREO Y CONTROL DE VARIABLES PARA UN TIEMPO DE 60 MINUTOS QUE SE DEMORA ESTA ACTIVIDAD**

<b>Minuto #</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora Registrada</b>	<b>Concentración de Sulfuro de Hidrógeno ppm</b>	<b>Promedio de lecturas (ppm/min)</b>	<b>Tiempo de exposición (h)</b>	<b>Concentración por tiempo (ppm/ h)</b>
1	05/02/2018	9:00	15,50	15,40	0,02	0,257
	05/02/2018	9:00	15,60			
	05/02/2018	9:00	15,20			
	05/02/2018	9:00	15,30			
	05/02/2018	9:00	15,40			
	05/02/2018	9:00	15,40			
2	05/02/2018	9:01	15,40	15,35	0,02	0,256
	05/02/2018	9:01	15,30			
	05/02/2018	9:01	15,40			
	05/02/2018	9:01	15,40			
	05/02/2018	9:01	15,30			
	05/02/2018	9:01	15,30			
3	05/02/2018	9:02	15,30	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	9:02	15,40			
	05/02/2018	9:02	15,40			
	05/02/2018	9:02	15,40			
	05/02/2018	9:02	15,30			
	05/02/2018	9:02	15,50			
4	05/02/2018	9:03	15,20	15,25	0,02	0,254
	05/02/2018	9:03	15,30			
	05/02/2018	9:03	15,20			
	05/02/2018	9:03	15,20			
	05/02/2018	9:03	15,30			
	05/02/2018	9:03	15,30			
5	05/02/2018	9:04	15,30	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	9:04	15,30			
	05/02/2018	9:04	15,40			
	05/02/2018	9:04	15,40			
	05/02/2018	9:04	15,40			
	05/02/2018	9:04	15,40			
6	05/02/2018	9:05	15,40	15,23	0,02	0,254
	05/02/2018	9:05	15,40			
	05/02/2018	9:05	14,40			

	05/02/2018	9:05	15,40			
	05/02/2018	9:05	15,40			
	05/02/2018	9:05	15,40			
7	05/02/2018	9:06	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	9:06	15,30			
	05/02/2018	9:06	15,30			
	05/02/2018	9:06	15,40			
	05/02/2018	9:06	15,40			
	05/02/2018	9:06	15,40			
8	05/02/2018	9:07	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	9:07	15,40			
	05/02/2018	9:07	15,40			
	05/02/2018	9:07	15,30			
	05/02/2018	9:07	15,30			
	05/02/2018	9:07	15,40			
9	05/02/2018	9:08	15,50	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	9:08	15,40			
	05/02/2018	9:08	15,40			
	05/02/2018	9:08	15,40			
	05/02/2018	9:08	15,40			
	05/02/2018	9:08	15,40			
10	05/02/2018	9:09	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	9:09	15,40			
	05/02/2018	9:09	15,30			
	05/02/2018	9:09	15,40			
	05/02/2018	9:09	15,30			
	05/02/2018	9:09	15,40			
11	05/02/2018	9:10	15,30	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	9:10	15,40			
	05/02/2018	9:10	15,40			
	05/02/2018	9:10	15,40			
	05/02/2018	9:10	15,40			
	05/02/2018	9:10	15,40			
12	05/02/2018	9:11	15,50	15,50	0,02	0,258
	05/02/2018	9:11	15,50			
	05/02/2018	9:11	15,50			
	05/02/2018	9:11	15,50			
	05/02/2018	9:11	15,60			
	05/02/2018	9:11	15,40			
13	05/02/2018	9:12	15,50	15,45	0,02	0,258
	05/02/2018	9:12	15,50			
	05/02/2018	9:12	15,50			

	05/02/2018	9:12	15,40			
	05/02/2018	9:12	15,40			
	05/02/2018	9:12	15,40			
14	05/02/2018	9:13	15,40	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	9:13	15,40			
	05/02/2018	9:13	15,40			
	05/02/2018	9:13	15,30			
	05/02/2018	9:13	15,40			
	05/02/2018	9:13	15,40			
15	05/02/2018	9:14	15,40	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	9:14	15,30			
	05/02/2018	9:14	15,40			
	05/02/2018	9:14	15,50			
	05/02/2018	9:14	15,40			
	05/02/2018	9:14	15,50			
16	05/02/2018	9:15	15,50	15,47	0,02	0,258
	05/02/2018	9:15	15,50			
	05/02/2018	9:15	15,50			
	05/02/2018	9:15	15,50			
	05/02/2018	9:15	15,40			
	05/02/2018	9:15	15,40			
17	05/02/2018	9:16	15,40	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	9:16	15,40			
	05/02/2018	9:16	15,40			
	05/02/2018	9:16	15,50			
	05/02/2018	9:16	15,50			
	05/02/2018	9:16	15,30			
18	05/02/2018	9:17	15,40	15,43	0,02	0,257
	05/02/2018	9:17	15,50			
	05/02/2018	9:17	15,40			
	05/02/2018	9:17	15,40			
	05/02/2018	9:17	15,50			
	05/02/2018	9:17	15,40			
19	05/02/2018	9:18	15,50	15,52	0,02	0,259
	05/02/2018	9:18	15,40			
	05/02/2018	9:18	15,60			
	05/02/2018	9:18	15,60			
	05/02/2018	9:18	15,50			
	05/02/2018	9:18	15,50			
20	05/02/2018	9:19	15,40	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	9:19	15,40			
	05/02/2018	9:19	15,40			

	05/02/2018	9:19	15,40			
	05/02/2018	9:19	15,30			
	05/02/2018	9:19	15,40			
21	05/02/2018	13:05	15,50	15,40	0,02	0,257
	05/02/2018	13:05	15,60			
	05/02/2018	13:05	15,20			
	05/02/2018	13:05	15,30			
	05/02/2018	13:05	15,40			
	05/02/2018	13:05	15,40			
22	05/02/2018	13:06	15,40	15,35	0,02	0,256
	05/02/2018	13:06	15,30			
	05/02/2018	13:06	15,40			
	05/02/2018	13:06	15,40			
	05/02/2018	13:06	15,30			
	05/02/2018	13:06	15,30			
23	05/02/2018	13:07	15,30	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	13:07	15,40			
	05/02/2018	13:07	15,40			
	05/02/2018	13:07	15,40			
	05/02/2018	13:07	15,30			
	05/02/2018	13:07	15,50			
24	05/02/2018	13:08	15,20	15,25	0,02	0,254
	05/02/2018	13:08	15,30			
	05/02/2018	13:08	15,20			
	05/02/2018	13:08	15,20			
	05/02/2018	13:08	15,30			
	05/02/2018	13:08	15,30			
25	05/02/2018	13:09	15,30	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	13:09	15,30			
	05/02/2018	13:09	15,40			
	05/02/2018	13:09	15,40			
	05/02/2018	13:09	15,40			
	05/02/2018	13:09	15,40			
26	05/02/2018	13:10	15,40	15,23	0,02	0,254
	05/02/2018	13:10	15,40			
	05/02/2018	13:10	14,40			
	05/02/2018	13:10	15,40			
	05/02/2018	13:10	15,40			
	05/02/2018	13:10	15,40			
27	05/02/2018	13:11	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	13:11	15,30			
	05/02/2018	13:11	15,30			

	05/02/2018	13:11	15,40			
	05/02/2018	13:11	15,40			
	05/02/2018	13:11	15,40			
28	05/02/2018	13:12	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	13:12	15,40			
	05/02/2018	13:12	15,40			
	05/02/2018	13:12	15,30			
	05/02/2018	13:12	15,30			
	05/02/2018	13:12	15,40			
29	05/02/2018	13:13	15,50	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	13:13	15,40			
	05/02/2018	13:13	15,40			
	05/02/2018	13:13	15,40			
	05/02/2018	13:13	15,40			
	05/02/2018	13:13	15,40			
30	05/02/2018	13:14	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	13:14	15,40			
	05/02/2018	13:14	15,30			
	05/02/2018	13:14	15,40			
	05/02/2018	13:14	15,30			
	05/02/2018	13:14	15,40			
31	05/02/2018	13:15	15,30	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	13:15	15,40			
	05/02/2018	13:15	15,40			
	05/02/2018	13:15	15,40			
	05/02/2018	13:15	15,40			
	05/02/2018	13:15	15,40			
32	05/02/2018	13:16	15,50	15,50	0,02	0,258
	05/02/2018	13:16	15,50			
	05/02/2018	13:16	15,50			
	05/02/2018	13:16	15,50			
	05/02/2018	13:16	15,60			
	05/02/2018	13:16	15,40			
33	05/02/2018	13:17	15,50	15,45	0,02	0,258
	05/02/2018	13:17	15,50			
	05/02/2018	13:17	15,50			
	05/02/2018	13:17	15,40			
	05/02/2018	13:17	15,40			
	05/02/2018	13:17	15,40			
34	05/02/2018	13:18	15,40	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	13:18	15,40			
	05/02/2018	13:18	15,40			

	05/02/2018	13:18	15,30			
	05/02/2018	13:18	15,40			
	05/02/2018	13:18	15,40			
35	05/02/2018	13:19	15,40	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	13:19	15,30			
	05/02/2018	13:19	15,40			
	05/02/2018	13:19	15,50			
	05/02/2018	13:19	15,40			
	05/02/2018	13:19	15,50			
36	05/02/2018	13:20	15,50	15,47	0,02	0,258
	05/02/2018	13:20	15,50			
	05/02/2018	13:20	15,50			
	05/02/2018	13:20	15,50			
	05/02/2018	13:20	15,40			
	05/02/2018	13:20	15,40			
37	05/02/2018	13:21	15,40	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	13:21	15,40			
	05/02/2018	13:21	15,40			
	05/02/2018	13:21	15,50			
	05/02/2018	13:21	15,50			
	05/02/2018	13:21	15,30			
38	05/02/2018	13:22	15,40	15,43	0,02	0,257
	05/02/2018	13:22	15,50			
	05/02/2018	13:22	15,40			
	05/02/2018	13:22	15,40			
	05/02/2018	13:22	15,50			
	05/02/2018	13:22	15,40			
39	05/02/2018	13:23	15,50	15,52	0,02	0,259
	05/02/2018	13:23	15,40			
	05/02/2018	13:23	15,60			
	05/02/2018	13:23	15,60			
	05/02/2018	13:23	15,50			
	05/02/2018	13:23	15,50			
40	05/02/2018	13:24	15,40	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	13:24	15,40			
	05/02/2018	13:24	15,40			
	05/02/2018	13:24	15,40			
	05/02/2018	13:24	15,30			
	05/02/2018	13:24	15,40			
41	05/02/2018	13:24	15,50	15,40	0,02	0,257
	05/02/2018	13:24	15,60			
	05/02/2018	13:24	15,20			

	05/02/2018	13:24	15,30			
	05/02/2018	13:24	15,40			
	05/02/2018	13:24	15,40			
42	05/02/2018	16:18	15,40	15,35	0,02	0,256
	05/02/2018	16:18	15,30			
	05/02/2018	16:18	15,40			
	05/02/2018	16:18	15,40			
	05/02/2018	16:18	15,30			
	05/02/2018	16:18	15,30			
43	05/02/2018	16:19	15,30	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	16:19	15,40			
	05/02/2018	16:19	15,40			
	05/02/2018	16:19	15,40			
	05/02/2018	16:19	15,30			
	05/02/2018	16:19	15,50			
44	05/02/2018	16:20	15,20	15,25	0,02	0,254
	05/02/2018	16:20	15,30			
	05/02/2018	16:20	15,20			
	05/02/2018	16:20	15,20			
	05/02/2018	16:20	15,30			
	05/02/2018	16:20	15,30			
45	05/02/2018	16:21	15,30	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	16:21	15,30			
	05/02/2018	16:21	15,40			
	05/02/2018	16:21	15,40			
	05/02/2018	16:21	15,40			
	05/02/2018	16:21	15,40			
46	05/02/2018	16:22	15,40	15,23	0,02	0,254
	05/02/2018	16:22	15,40			
	05/02/2018	16:22	14,40			
	05/02/2018	16:22	15,40			
	05/02/2018	16:22	15,40			
	05/02/2018	16:22	15,40			
47	05/02/2018	16:23	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	16:23	15,30			
	05/02/2018	16:23	15,30			
	05/02/2018	16:23	15,40			
	05/02/2018	16:23	15,40			
	05/02/2018	16:23	15,40			
48	05/02/2018	16:24	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	16:24	15,40			
	05/02/2018	16:24	15,40			

	05/02/2018	16:24	15,30			
	05/02/2018	16:24	15,30			
	05/02/2018	16:24	15,40			
49	05/02/2018	16:25	15,50	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	16:25	15,40			
	05/02/2018	16:25	15,40			
	05/02/2018	16:25	15,40			
	05/02/2018	16:25	15,40			
	05/02/2018	16:25	15,40			
50	05/02/2018	16:26	15,40	15,37	0,02	0,256
	05/02/2018	16:26	15,40			
	05/02/2018	16:26	15,30			
	05/02/2018	16:26	15,40			
	05/02/2018	16:26	15,30			
	05/02/2018	16:26	15,40			
51	05/02/2018	16:27	15,30	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	16:27	15,40			
	05/02/2018	16:27	15,40			
	05/02/2018	16:27	15,40			
	05/02/2018	16:27	15,40			
	05/02/2018	16:27	15,40			
52	05/02/2018	16:28	15,50	15,50	0,02	0,258
	05/02/2018	16:28	15,50			
	05/02/2018	16:28	15,50			
	05/02/2018	16:28	15,50			
	05/02/2018	16:28	15,60			
	05/02/2018	16:28	15,40			
53	05/02/2018	16:29	15,50	15,45	0,02	0,258
	05/02/2018	16:29	15,50			
	05/02/2018	16:29	15,50			
	05/02/2018	16:29	15,40			
	05/02/2018	16:29	15,40			
	05/02/2018	16:29	15,40			
54	05/02/2018	16:30	15,40	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	16:30	15,40			
	05/02/2018	16:30	15,40			
	05/02/2018	16:30	15,30			
	05/02/2018	16:30	15,40			
	05/02/2018	16:30	15,40			
55	05/02/2018	16:31	15,40	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	16:31	15,30			
	05/02/2018	16:31	15,40			

	05/02/2018	16:31	15,50			
	05/02/2018	16:31	15,40			
	05/02/2018	16:31	15,50			
56	05/02/2018	16:32	15,50	15,47	0,02	0,258
	05/02/2018	16:32	15,50			
	05/02/2018	16:32	15,50			
	05/02/2018	16:32	15,50			
	05/02/2018	16:32	15,40			
	05/02/2018	16:32	15,40			
57	05/02/2018	16:33	15,40	15,42	0,02	0,257
	05/02/2018	16:33	15,40			
	05/02/2018	16:33	15,40			
	05/02/2018	16:33	15,50			
	05/02/2018	16:33	15,50			
	05/02/2018	16:33	15,30			
58	05/02/2018	16:34	15,40	15,43	0,02	0,257
	05/02/2018	16:34	15,50			
	05/02/2018	16:34	15,40			
	05/02/2018	16:34	15,40			
	05/02/2018	16:34	15,50			
	05/02/2018	16:34	15,40			
59	05/02/2018	16:35	15,50	15,52	0,02	0,259
	05/02/2018	16:35	15,40			
	05/02/2018	16:35	15,60			
	05/02/2018	16:35	15,60			
	05/02/2018	16:35	15,50			
	05/02/2018	16:35	15,50			
60	05/02/2018	16:36	15,40	15,38	0,02	0,256
	05/02/2018	16:36	15,40			
	05/02/2018	16:36	15,40			
	05/02/2018	16:36	15,40			
	05/02/2018	16:36	15,30			
	05/02/2018	16:36	15,40			

**ANEXO E-2**

**CÁLCULOS DE EXPOSICIÓN AL SULFURO DE HIDRÓGENO PARA LA ACTIVIDAD MANIPULACIÓN DE QUÍMICOS Y RESPOSICIÓN DE INVENTARIOS PARA UN TIEMPO DE 40 MINUTOS QUE SE DEMORA ESTA ACTIVIDAD**

<b>Minuto #</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora Registrada</b>	<b>Concentración de Sulfuro de Hidrógeno ppm</b>	<b>Promedio de lecturas (ppm/min)</b>	<b>Tiempo de exposición (h)</b>	<b>Concentración por tiempo (ppm/ h)</b>
1	15/02/2018	8:45	10,30	10,42	0,02	0,174
	15/02/2018	8:45	10,30			
	15/02/2018	8:45	10,50			
	15/02/2018	8:45	10,50			
	15/02/2018	8:45	10,50			
	15/02/2018	8:45	10,40			
2	15/02/2018	8:46	10,50	10,33	0,02	0,172
	15/02/2018	8:46	10,50			
	15/02/2018	8:46	10,40			
	15/02/2018	8:46	10,40			
	15/02/2018	8:46	10,10			
	15/02/2018	8:46	10,10			
3	15/02/2018	8:47	10,40	10,30	0,02	0,172
	15/02/2018	8:47	10,30			
	15/02/2018	8:47	10,30			
	15/02/2018	8:47	10,30			
	15/02/2018	8:47	10,20			
	15/02/2018	8:47	10,30			
4	15/02/2018	8:48	10,20	10,32	0,02	0,172
	15/02/2018	8:48	10,20			
	15/02/2018	8:48	10,30			
	15/02/2018	8:48	10,40			
	15/02/2018	8:48	10,40			
	15/02/2018	8:48	10,40			
5	15/02/2018	8:49	10,40	10,43	0,02	0,174
	15/02/2018	8:49	10,30			
	15/02/2018	8:49	10,50			
	15/02/2018	8:49	10,40			
	15/02/2018	8:49	10,50			
	15/02/2018	8:49	10,50			
6	15/02/2018	8:50	10,60	10,43	0,02	0,174
	15/02/2018	8:50	10,40			

	15/02/2018	8:50	10,50			
	15/02/2018	8:50	10,40			
	15/02/2018	8:50	10,30			
	15/02/2018	8:50	10,40			
7	15/02/2018	8:51	10,50	10,52	0,02	0,175
	15/02/2018	8:51	10,50			
	15/02/2018	8:51	10,50			
	15/02/2018	8:51	10,50			
	15/02/2018	8:51	10,50			
	15/02/2018	8:51	10,60			
8	15/02/2018	8:52	10,60	10,55	0,02	0,176
	15/02/2018	8:52	10,50			
	15/02/2018	8:52	10,60			
	15/02/2018	8:52	10,60			
	15/02/2018	8:52	10,50			
	15/02/2018	8:52	10,50			
9	15/02/2018	8:53	10,30	10,40	0,02	0,173
	15/02/2018	8:53	10,50			
	15/02/2018	8:53	10,50			
	15/02/2018	8:53	10,40			
	15/02/2018	8:53	10,40			
	15/02/2018	8:53	10,30			
10	15/02/2018	8:54	10,20	10,28	0,02	0,171
	15/02/2018	8:54	10,20			
	15/02/2018	8:54	10,30			
	15/02/2018	8:54	10,30			
	15/02/2018	8:54	10,30			
	15/02/2018	8:54	10,40			
11	15/02/2018	8:55	10,50	10,45	0,02	0,174
	15/02/2018	8:55	10,50			
	15/02/2018	8:55	10,40			
	15/02/2018	8:55	10,50			
	15/02/2018	8:55	10,40			
	15/02/2018	8:55	10,40			
12	15/02/2018	8:56	10,30	10,38	0,02	0,173
	15/02/2018	8:56	10,40			
	15/02/2018	8:56	10,40			
	15/02/2018	8:56	10,40			
	15/02/2018	8:56	10,40			
	15/02/2018	8:56	10,40			
13	15/02/2018	8:57	10,30	10,33	0,02	0,172
	15/02/2018	8:57	10,30			

	15/02/2018	8:57	10,30			
	15/02/2018	8:57	10,40			
	15/02/2018	8:57	10,30			
	15/02/2018	8:57	10,40			
14	15/02/2018	8:58	10,30	10,33	0,02	0,172
	15/02/2018	8:58	10,40			
	15/02/2018	8:58	10,30			
	15/02/2018	8:58	10,30			
	15/02/2018	8:58	10,30			
	15/02/2018	8:58	10,40			
15	15/02/2018	8:59	10,40	10,42	0,02	0,174
	15/02/2018	8:59	10,40			
	15/02/2018	8:59	10,30			
	15/02/2018	8:59	10,40			
	15/02/2018	8:59	10,50			
	15/02/2018	8:59	10,50			
16	15/02/2018	9:00	10,50	10,55	0,02	0,176
	15/02/2018	9:00	10,60			
	15/02/2018	9:00	10,50			
	15/02/2018	9:00	10,70			
	15/02/2018	9:00	10,60			
	15/02/2018	9:00	10,40			
17	15/02/2018	9:01	10,70	10,48	0,02	0,175
	15/02/2018	9:00	10,60			
	15/02/2018	9:00	10,40			
	15/02/2018	9:00	10,30			
	15/02/2018	9:00	10,40			
	15/02/2018	9:00	10,50			
18	15/02/2018	9:01	10,40	10,52	0,02	0,175
	15/02/2018	9:01	10,50			
	15/02/2018	9:01	10,60			
	15/02/2018	9:01	10,50			
	15/02/2018	9:01	10,60			
	15/02/2018	9:01	10,50			
19	15/02/2018	9:02	10,40	10,65	0,02	0,178
	15/02/2018	9:02	10,50			
	15/02/2018	9:02	10,30			
	15/02/2018	9:02	10,90			
	15/02/2018	9:02	10,90			
	15/02/2018	9:02	10,90			
20	15/02/2018	9:03	10,90	10,70	0,02	0,178
	15/02/2018	9:03	10,90			

	15/02/2018	9:03	10,90			
	15/02/2018	9:03	10,60			
	15/02/2018	9:03	10,50			
	15/02/2018	9:03	10,40			
21	15/02/2018	12:36	10,30	10,48	0,02	0,175
	15/02/2018	12:36	10,50			
	15/02/2018	12:36	10,60			
	15/02/2018	12:36	10,50			
	15/02/2018	12:36	10,40			
	15/02/2018	12:36	10,60			
22	15/02/2018	12:37	10,80	10,58	0,02	0,176
	15/02/2018	12:37	10,60			
	15/02/2018	12:37	10,60			
	15/02/2018	12:37	10,50			
	15/02/2018	12:37	10,50			
	15/02/2018	12:37	10,50			
23	15/02/2018	12:38	10,50	10,48	0,02	0,175
	15/02/2018	12:38	10,50			
	15/02/2018	12:38	10,60			
	15/02/2018	12:38	10,30			
	15/02/2018	12:38	10,50			
	15/02/2018	12:38	10,50			
24	15/02/2018	12:39	10,60	10,52	0,02	0,175
	15/02/2018	12:39	10,50			
	15/02/2018	12:39	10,50			
	15/02/2018	12:39	10,60			
	15/02/2018	12:39	10,40			
	15/02/2018	12:39	10,50			
25	15/02/2018	12:40	10,50	10,72	0,02	0,179
	15/02/2018	12:40	10,60			
	15/02/2018	12:40	10,50			
	15/02/2018	12:40	10,90			
	15/02/2018	12:40	10,90			
	15/02/2018	12:40	10,90			
26	15/02/2018	12:41	10,80	10,78	0,02	0,180
	15/02/2018	12:41	10,80			
	15/02/2018	12:41	10,70			
	15/02/2018	12:41	10,80			
	15/02/2018	12:41	10,80			
	15/02/2018	12:41	10,80			
27	15/02/2018	12:42	10,70	10,70	0,02	0,178
	15/02/2018	12:42	10,70			

	15/02/2018	12:42	10,80			
	15/02/2018	12:42	10,80			
	15/02/2018	12:42	10,60			
	15/02/2018	12:42	10,60			
28	15/02/2018	12:43	10,70	10,72	0,02	0,179
	15/02/2018	12:43	10,70			
	15/02/2018	12:43	10,70			
	15/02/2018	12:43	10,70			
	15/02/2018	12:43	10,80			
	15/02/2018	12:43	10,70			
29	15/02/2018	12:44	10,80	10,77	0,02	0,179
	15/02/2018	12:44	10,80			
	15/02/2018	12:44	10,70			
	15/02/2018	12:44	10,80			
	15/02/2018	12:44	10,80			
	15/02/2018	12:44	10,70			
30	15/02/2018	12:45	10,70	10,78	0,02	0,180
	15/02/2018	12:45	10,80			
	15/02/2018	12:45	10,80			
	15/02/2018	12:45	10,80			
	15/02/2018	12:45	10,80			
	15/02/2018	12:45	10,80			
31	15/02/2018	12:46	10,80	10,80	0,02	0,180
	15/02/2018	12:46	10,80			
	15/02/2018	12:46	10,90			
	15/02/2018	12:46	10,80			
	15/02/2018	12:46	10,80			
	15/02/2018	12:46	10,70			
32	15/02/2018	12:47	10,60	10,70	0,02	0,178
	15/02/2018	12:47	10,60			
	15/02/2018	12:47	10,70			
	15/02/2018	12:47	10,70			
	15/02/2018	12:47	10,70			
	15/02/2018	12:47	10,90			
33	15/02/2018	12:48	10,90	10,82	0,02	0,180
	15/02/2018	12:48	10,80			
	15/02/2018	12:48	10,80			
	15/02/2018	12:48	10,70			
	15/02/2018	12:48	10,90			
	15/02/2018	12:48	10,80			
34	15/02/2018	12:49	10,60	10,65	0,02	0,178
	15/02/2018	12:49	10,60			

	15/02/2018	12:49	10,60			
	15/02/2018	12:49	10,70			
	15/02/2018	12:49	10,70			
	15/02/2018	12:49	10,70			
35	15/02/2018	12:50	10,70	10,65	0,02	0,178
	15/02/2018	12:50	10,80			
	15/02/2018	12:50	10,60			
	15/02/2018	12:50	10,60			
	15/02/2018	12:50	10,60			
	15/02/2018	12:50	10,60			
36	15/02/2018	12:51	10,60	10,77	0,02	0,179
	15/02/2018	12:51	10,70			
	15/02/2018	12:51	10,60			
	15/02/2018	12:51	10,90			
	15/02/2018	12:51	10,90			
	15/02/2018	12:51	10,90			
37	15/02/2018	12:52	10,70	10,65	0,02	0,178
	15/02/2018	12:52	10,90			
	15/02/2018	12:52	10,60			
	15/02/2018	12:52	10,60			
	15/02/2018	12:52	10,50			
	15/02/2018	12:52	10,60			
38	15/02/2018	12:53	10,50	10,67	0,02	0,178
	15/02/2018	12:53	10,50			
	15/02/2018	12:53	10,70			
	15/02/2018	12:53	10,80			
	15/02/2018	12:53	10,70			
	15/02/2018	12:53	10,80			
39	15/02/2018	12:54	10,80	10,70	0,02	0,178
	15/02/2018	12:54	10,80			
	15/02/2018	12:54	10,60			
	15/02/2018	12:54	10,70			
	15/02/2018	12:54	10,60			
	15/02/2018	12:54	10,70			
40	15/02/2018	12:55	10,60	10,60	0,02	0,177
	15/02/2018	12:55	10,50			
	15/02/2018	12:55	10,60			
	15/02/2018	12:55	10,70			
	15/02/2018	12:55	10,60			
	15/02/2018	12:55	10,60			

**ANEXO E-3**

**CÁLCULOS DE EXPOSICIÓN AL SULFURO DE HIDRÓGENO PARA LA ACTIVIDAD DOSIFICACIÓN DE PAC PARA UN TIEMPO DE 20 MINUTOS QUE SE DEMORA ESTA ACTIVIDAD**

<b>Minuto #</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora Registrada</b>	<b>Concentración de Sulfuro de Hidrógeno ppm</b>	<b>Promedio de lecturas (ppm/min)</b>	<b>Tiempo de exposición (h)</b>	<b>Concentración por tiempo (ppm/ h)</b>
1	20/02/2018	10:10	10,40	10,27	0,02	0,171
	20/02/2018	10:10	10,10			
	20/02/2018	10:10	10,20			
	20/02/2018	10:10	10,40			
	20/02/2018	10:10	10,30			
	20/02/2018	10:10	10,20			
2	20/02/2018	10:11	10,10	10,17	0,02	0,169
	20/02/2018	10:11	10,30			
	20/02/2018	10:11	10,20			
	20/02/2018	10:11	10,10			
	20/02/2018	10:11	10,10			
	20/02/2018	10:11	10,20			
3	20/02/2018	10:12	10,10	10,23	0,02	0,171
	20/02/2018	10:12	10,40			
	20/02/2018	10:12	10,20			
	20/02/2018	10:12	10,40			
	20/02/2018	10:12	10,20			
	20/02/2018	10:12	10,10			
4	20/02/2018	10:13	9,90	10,22	0,02	0,170
	20/02/2018	10:13	10,40			
	20/02/2018	10:13	10,10			
	20/02/2018	10:13	10,20			
	20/02/2018	10:13	10,40			
	20/02/2018	10:13	10,30			
5	20/02/2018	10:14	10,50	10,43	0,02	0,174
	20/02/2018	10:14	10,40			
	20/02/2018	10:14	10,30			
	20/02/2018	10:14	10,50			
	20/02/2018	10:14	10,50			
	20/02/2018	10:14	10,40			
6	20/02/2018	10:15	10,30	10,38	0,02	0,173
	20/02/2018	10:15	10,40			
	20/02/2018	10:15	10,30			
	20/02/2018	10:15	10,50			
	20/02/2018	10:15	10,30			

7	20/02/2018	10:16	10,30	10,42	0,02	0,174
	20/02/2018	10:16	10,50			
	20/02/2018	10:16	10,40			
	20/02/2018	10:16	10,30			
	20/02/2018	10:16	10,50			
	20/02/2018	10:16	10,50			
8	20/02/2018	10:16	10,30	10,37	0,02	0,173
	20/02/2018	10:16	10,40			
	20/02/2018	10:16	10,30			
	20/02/2018	10:16	10,30			
	20/02/2018	10:16	10,40			
	20/02/2018	10:16	10,50			
9	20/02/2018	10:17	10,50	10,52	0,02	0,175
	20/02/2018	10:17	10,50			
	20/02/2018	10:17	10,60			
	20/02/2018	10:17	10,50			
	20/02/2018	10:17	10,50			
	20/02/2018	10:17	10,50			
10	20/02/2018	10:18	10,40	10,40	0,02	0,173
	20/02/2018	10:18	10,40			
	20/02/2018	10:18	10,50			
	20/02/2018	10:18	10,40			
	20/02/2018	10:18	10,30			
	20/02/2018	10:18	10,40			
11	20/02/2018	10:19	0,40	8,75	0,02	0,146
	20/02/2018	10:19	10,40			
	20/02/2018	10:19	10,40			
	20/02/2018	10:19	10,40			
	20/02/2018	10:19	10,40			
	20/02/2018	10:19	10,50			
12	20/02/2018	10:20	10,50	10,40	0,02	0,173
	20/02/2018	10:20	10,50			
	20/02/2018	10:20	10,40			
	20/02/2018	10:20	10,30			
	20/02/2018	10:20	10,30			
	20/02/2018	10:20	10,40			
13	20/02/2018	10:21	10,40	10,48	0,02	0,175
	20/02/2018	10:21	10,40			
	20/02/2018	10:21	10,50			
	20/02/2018	10:21	10,50			
	20/02/2018	10:21	10,50			
	20/02/2018	10:21	10,60			

14	20/02/2018	10:22	10,60	10,58	0,02	0,176
	20/02/2018	10:22	10,60			
	20/02/2018	10:22	10,60			
	20/02/2018	10:22	10,60			
	20/02/2018	10:22	10,60			
	20/02/2018	10:22	10,50			
15	20/02/2018	10:23	10,50	10,52	0,02	0,175
	20/02/2018	10:23	10,60			
	20/02/2018	10:23	10,50			
	20/02/2018	10:23	10,50			
	20/02/2018	10:23	10,50			
	20/02/2018	10:23	10,50			
16	20/02/2018	10:24	10,70	10,60	0,02	0,177
	20/02/2018	10:24	10,60			
	20/02/2018	10:24	10,60			
	20/02/2018	10:24	10,50			
	20/02/2018	10:24	10,60			
	20/02/2018	10:24	10,60			
17	20/02/2018	10:25	10,40	10,43	0,02	0,174
	20/02/2018	10:25	10,40			
	20/02/2018	10:25	10,50			
	20/02/2018	10:25	10,50			
	20/02/2018	10:25	10,40			
	20/02/2018	10:25	10,40			
18	20/02/2018	10:26	10,50	10,55	0,02	0,176
	20/02/2018	10:26	10,50			
	20/02/2018	10:26	10,60			
	20/02/2018	10:26	10,60			
	20/02/2018	10:26	10,60			
	20/02/2018	10:26	10,50			
19	20/02/2018	10:27	10,40	10,43	0,02	0,174
	20/02/2018	10:27	10,40			
	20/02/2018	10:27	10,50			
	20/02/2018	10:27	10,30			
	20/02/2018	10:27	10,50			
	20/02/2018	10:27	10,50			
20	20/02/2018	10:28	10,50	10,53	0,02	0,176
	20/02/2018	10:28	10,60			
	20/02/2018	10:28	10,60			
	20/02/2018	10:28	10,60			
	20/02/2018	10:28	10,40			
	20/02/2018	10:28	10,50			

**ANEXO E-4**

**CÁLCULOS DE EXPOSICIÓN AL SULFURO DE HIDRÓGENO PARA LA ACTIVIDAD DOSIFICACIÓN DE POLÍMEROS PARA UN TIEMPO DE 40 MINUTOS QUE SE DEMORA ESTA ACTIVIDAD**

<b>Minuto #</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora Registrada</b>	<b>Concentración de Sulfuro de Hidrógeno ppm</b>	<b>Promedio de lecturas (ppm/min)</b>	<b>Tiempo de exposición (h)</b>	<b>Concentración por tiempo (ppm/ h)</b>
1	22/02/2018	10:30	10,60	10,50	0,02	0,175
	22/02/2018	10:30	10,60			
	22/02/2018	10:30	10,40			
	22/02/2018	10:30	10,50			
	22/02/2018	10:30	10,40			
	22/02/2018	10:30	10,50			
2	22/02/2018	10:31	10,60	10,57	0,02	0,176
	22/02/2018	10:31	10,60			
	22/02/2018	10:31	10,50			
	22/02/2018	10:31	10,60			
	22/02/2018	10:31	10,40			
	22/02/2018	10:31	10,70			
3	22/02/2018	10:32	10,60	12,07	0,02	0,201
	22/02/2018	10:32	10,40			
	22/02/2018	10:32	10,50			
	22/02/2018	10:32	19,60			
	22/02/2018	10:32	10,60			
	22/02/2018	10:32	10,70			
4	22/02/2018	10:33	10,70	10,63	0,02	0,177
	22/02/2018	10:33	10,70			
	22/02/2018	10:33	10,60			
	22/02/2018	10:33	10,50			
	22/02/2018	10:33	10,60			
	22/02/2018	10:33	10,70			
5	22/02/2018	10:34	10,50	10,60	0,02	0,177
	22/02/2018	10:34	10,50			
	22/02/2018	10:34	10,60			
	22/02/2018	10:34	10,60			
	22/02/2018	10:34	10,70			
	22/02/2018	10:34	10,70			
6	22/02/2018	10:35	10,80	10,70	0,02	0,178
	22/02/2018	10:35	10,70			
	22/02/2018	10:35	10,80			

	22/02/2018	10:35	10,70			
	22/02/2018	10:35	10,70			
	22/02/2018	10:35	10,50			
7	22/02/2018	10:36	10,70	10,57	0,02	0,176
	22/02/2018	10:36	10,50			
	22/02/2018	10:36	10,40			
	22/02/2018	10:36	10,60			
	22/02/2018	10:36	10,70			
	22/02/2018	10:36	10,50			
8	22/02/2018	10:37	10,70	10,63	0,02	0,177
	22/02/2018	10:37	10,80			
	22/02/2018	10:37	10,80			
	22/02/2018	10:37	10,50			
	22/02/2018	10:37	10,50			
	22/02/2018	10:37	10,50			
9	22/02/2018	10:38	10,70	10,73	0,02	0,179
	22/02/2018	10:38	10,70			
	22/02/2018	10:38	10,80			
	22/02/2018	10:38	10,80			
	22/02/2018	10:38	10,70			
	22/02/2018	10:38	10,70			
10	22/02/2018	10:39	10,70	10,62	0,02	0,177
	22/02/2018	10:39	10,60			
	22/02/2018	10:39	10,60			
	22/02/2018	10:39	10,70			
	22/02/2018	10:39	10,50			
	22/02/2018	10:39	10,60			
11	22/02/2018	10:40	10,60	10,58	0,02	0,176
	22/02/2018	10:40	10,60			
	22/02/2018	10:40	10,50			
	22/02/2018	10:40	10,60			
	22/02/2018	10:40	10,60			
	22/02/2018	10:40	10,60			
12	22/02/2018	10:41	10,40	10,58	0,02	0,176
	22/02/2018	10:41	10,60			
	22/02/2018	10:41	10,60			
	22/02/2018	10:41	10,70			
	22/02/2018	10:41	10,60			
	22/02/2018	10:41	10,60			
13	22/02/2018	10:42	10,70	10,78	0,02	0,180
	22/02/2018	10:42	10,60			
	22/02/2018	10:42	10,90			

	22/02/2018	10:42	10,60			
	22/02/2018	10:42	10,90			
	22/02/2018	10:42	11,00			
14	22/02/2018	10:43	10,50	10,62	0,02	0,177
	22/02/2018	10:43	10,60			
	22/02/2018	10:43	10,50			
	22/02/2018	10:43	10,70			
	22/02/2018	10:43	10,70			
	22/02/2018	10:43	10,70			
15	22/02/2018	10:44	10,60	10,57	0,02	0,176
	22/02/2018	10:44	10,50			
	22/02/2018	10:44	10,60			
	22/02/2018	10:44	10,50			
	22/02/2018	10:44	10,60			
	22/02/2018	10:44	10,60			
16	22/02/2018	10:45	10,60	10,60	0,02	0,177
	22/02/2018	10:45	10,60			
	22/02/2018	10:45	10,60			
	22/02/2018	10:45	10,60			
	22/02/2018	10:45	10,60			
	22/02/2018	10:45	10,60			
17	22/02/2018	10:46	10,50	10,58	0,02	0,176
	22/02/2018	10:46	10,50			
	22/02/2018	10:46	10,60			
	22/02/2018	10:46	10,60			
	22/02/2018	10:46	10,70			
	22/02/2018	10:46	10,60			
18	22/02/2018	10:47	10,70	10,60	0,02	0,177
	22/02/2018	10:47	10,70			
	22/02/2018	10:47	10,50			
	22/02/2018	10:47	10,60			
	22/02/2018	10:47	10,50			
	22/02/2018	10:47	10,60			
19	22/02/2018	10:48	10,70	10,57	0,02	0,176
	22/02/2018	10:48	10,60			
	22/02/2018	10:48	10,50			
	22/02/2018	10:48	10,60			
	22/02/2018	10:48	10,50			
	22/02/2018	10:48	10,50			
20	22/02/2018	10:49	10,50	10,53	0,02	0,176
	22/02/2018	10:49	10,60			
	22/02/2018	10:49	10,50			

	22/02/2018	10:49	10,60			
	22/02/2018	10:49	10,50			
	22/02/2018	10:49	10,50			
21	22/02/2018	14:06	10,60	10,50	0,02	0,175
	22/02/2018	14:06	10,60			
	22/02/2018	14:06	10,40			
	22/02/2018	14:06	10,50			
	22/02/2018	14:06	10,40			
	22/02/2018	14:06	10,50			
22	22/02/2018	14:07	10,60	10,57	0,02	0,176
	22/02/2018	14:07	10,60			
	22/02/2018	14:07	10,50			
	22/02/2018	14:07	10,60			
	22/02/2018	14:07	10,40			
	22/02/2018	14:07	10,70			
23	22/02/2018	14:08	10,60	12,07	0,02	0,201
	22/02/2018	14:08	10,40			
	22/02/2018	14:08	10,50			
	22/02/2018	14:08	19,60			
	22/02/2018	14:08	10,60			
	22/02/2018	14:08	10,70			
24	22/02/2018	14:09	10,70	10,63	0,02	0,177
	22/02/2018	14:09	10,70			
	22/02/2018	14:09	10,60			
	22/02/2018	14:09	10,50			
	22/02/2018	14:09	10,60			
	22/02/2018	14:09	10,70			
25	22/02/2018	14:10	10,50	10,60	0,02	0,177
	22/02/2018	14:10	10,50			
	22/02/2018	14:10	10,60			
	22/02/2018	14:10	10,60			
	22/02/2018	14:10	10,70			
	22/02/2018	14:10	10,70			
26	22/02/2018	14:11	10,80	10,70	0,02	0,178
	22/02/2018	14:11	10,70			
	22/02/2018	14:11	10,80			
	22/02/2018	14:11	10,70			
	22/02/2018	14:11	10,70			
	22/02/2018	14:11	10,50			
27	22/02/2018	14:12	10,70	10,57	0,02	0,176
	22/02/2018	14:12	10,50			
	22/02/2018	14:12	10,40			

	22/02/2018	14:12	10,60			
	22/02/2018	14:12	10,70			
	22/02/2018	14:12	10,50			
28	22/02/2018	14:13	10,70	10,63	0,02	0,177
	22/02/2018	14:13	10,80			
	22/02/2018	14:13	10,80			
	22/02/2018	14:13	10,50			
	22/02/2018	14:13	10,50			
	22/02/2018	14:13	10,50			
29	22/02/2018	14:14	10,70	10,73	0,02	0,179
	22/02/2018	14:14	10,70			
	22/02/2018	14:14	10,80			
	22/02/2018	14:14	10,80			
	22/02/2018	14:14	10,70			
	22/02/2018	14:14	10,70			
30	22/02/2018	14:15	10,70	10,62	0,02	0,177
	22/02/2018	14:15	10,60			
	22/02/2018	14:15	10,60			
	22/02/2018	14:15	10,70			
	22/02/2018	14:15	10,50			
	22/02/2018	14:15	10,60			
31	22/02/2018	14:16	10,60	10,58	0,02	0,176
	22/02/2018	14:16	10,60			
	22/02/2018	14:16	10,50			
	22/02/2018	14:16	10,60			
	22/02/2018	14:16	10,60			
	22/02/2018	14:16	10,60			
32	22/02/2018	14:17	10,40	10,58	0,02	0,176
	22/02/2018	14:17	10,60			
	22/02/2018	14:17	10,60			
	22/02/2018	14:17	10,70			
	22/02/2018	14:17	10,60			
	22/02/2018	14:17	10,60			
33	22/02/2018	14:18	10,70	10,78	0,02	0,180
	22/02/2018	14:18	10,60			
	22/02/2018	14:18	10,90			
	22/02/2018	14:18	10,60			
	22/02/2018	14:18	10,90			
	22/02/2018	14:18	11,00			
34	22/02/2018	14:19	10,50	10,62	0,02	0,177
	22/02/2018	14:19	10,60			
	22/02/2018	14:19	10,50			

	22/02/2018	14:19	10,70			
	22/02/2018	14:19	10,70			
	22/02/2018	14:19	10,70			
35	22/02/2018	14:20	10,60	10,57	0,02	0,176
	22/02/2018	14:20	10,50			
	22/02/2018	14:20	10,60			
	22/02/2018	14:20	10,50			
	22/02/2018	14:20	10,60			
	22/02/2018	14:20	10,60			
36	22/02/2018	14:21	10,60	10,60	0,02	0,177
	22/02/2018	14:21	10,60			
	22/02/2018	14:21	10,60			
	22/02/2018	14:21	10,60			
	22/02/2018	14:21	10,60			
	22/02/2018	14:21	10,60			
37	22/02/2018	14:22	10,50	10,58	0,02	0,176
	22/02/2018	14:22	10,50			
	22/02/2018	14:22	10,60			
	22/02/2018	14:22	10,60			
	22/02/2018	14:22	10,70			
	22/02/2018	14:22	10,60			
38	22/02/2018	14:23	10,70	10,60	0,02	0,177
	22/02/2018	14:23	10,70			
	22/02/2018	14:23	10,50			
	22/02/2018	14:23	10,60			
	22/02/2018	14:23	10,50			
	22/02/2018	14:23	10,60			
39	22/02/2018	14:24	10,70	10,57	0,02	0,176
	22/02/2018	14:24	10,60			
	22/02/2018	14:24	10,50			
	22/02/2018	14:24	10,60			
	22/02/2018	14:24	10,50			
	22/02/2018	14:24	10,50			
40	22/02/2018	14:25	10,50	10,53	0,02	0,176
	22/02/2018	14:25	10,60			
	22/02/2018	14:25	10,50			
	22/02/2018	14:25	10,60			
	22/02/2018	14:25	10,50			
	22/02/2018	14:25	10,50			

**ANEXO E-5**

**CÁLCULOS DE EXPOSICIÓN AL SULFURO DE HIDRÓGENO PARA LA ACTIVIDAD DOSIFICACIÓN DE ÁCIDOS PARA UN TIEMPO DE 30 MINUTOS QUE SE DEMORA ESTA ACTIVIDAD**

<b>Minuto #</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora Registrada</b>	<b>Concentración de Sulfuro de Hidrógeno ppm</b>	<b>Promedio de lecturas (ppm/min)</b>	<b>Tiempo de exposición (h)</b>	<b>Concentración por tiempo (ppm/ h)</b>
1	07/02/2018	7:00	16,40	16,47	0,02	0,274
	07/02/2018	7:00	16,60			
	07/02/2018	7:00	16,40			
	07/02/2018	7:00	16,50			
	07/02/2018	7:00	16,40			
	07/02/2018	7:00	16,50			
2	07/02/2018	7:01	16,70	16,78	0,02	0,280
	07/02/2018	7:01	16,80			
	07/02/2018	7:01	16,80			
	07/02/2018	7:01	16,80			
	07/02/2018	7:01	16,90			
	07/02/2018	7:01	16,70			
3	07/02/2018	7:02	16,80	16,75	0,02	0,279
	07/02/2018	7:02	16,70			
	07/02/2018	7:02	16,80			
	07/02/2018	7:02	16,80			
	07/02/2018	7:02	16,70			
	07/02/2018	7:02	16,70			
4	07/02/2018	7:03	16,70	16,82	0,02	0,280
	07/02/2018	7:03	16,80			
	07/02/2018	7:03	16,60			
	07/02/2018	7:03	16,40			
	07/02/2018	7:03	16,70			
	07/02/2018	7:03	17,70			
5	07/02/2018	7:04	16,70	16,83	0,02	0,281
	07/02/2018	7:04	16,80			
	07/02/2018	7:04	16,80			
	07/02/2018	7:04	16,70			
	07/02/2018	7:04	16,50			
	07/02/2018	7:04	17,50			
6	07/02/2018	7:05	16,80	16,83	0,02	0,281
	07/02/2018	7:05	16,80			
	07/02/2018	7:05	16,80			

	07/02/2018	7:05	17,00			
	07/02/2018	7:05	16,90			
	07/02/2018	7:05	16,70			
7	07/02/2018	7:06	16,70	16,55	0,02	0,276
	07/02/2018	7:06	16,40			
	07/02/2018	7:06	16,70			
	07/02/2018	7:06	16,50			
	07/02/2018	7:06	16,50			
	07/02/2018	7:06	16,50			
8	07/02/2018	7:07	16,50	16,45	0,02	0,274
	07/02/2018	7:07	16,50			
	07/02/2018	7:07	16,40			
	07/02/2018	7:07	16,40			
	07/02/2018	7:07	16,40			
	07/02/2018	7:07	16,50			
9	07/02/2018	7:08	16,60	16,67	0,02	0,278
	07/02/2018	7:08	16,50			
	07/02/2018	7:08	16,60			
	07/02/2018	7:08	16,60			
	07/02/2018	7:08	16,80			
	07/02/2018	7:08	16,90			
10	07/02/2018	7:09	16,50	16,75	0,02	0,279
	07/02/2018	7:09	16,70			
	07/02/2018	7:09	16,90			
	07/02/2018	7:09	16,80			
	07/02/2018	7:09	16,80			
	07/02/2018	7:09	16,80			
11	07/02/2018	7:10	16,70	16,70	0,02	0,278
	07/02/2018	7:10	16,70			
	07/02/2018	7:10	16,80			
	07/02/2018	7:10	16,60			
	07/02/2018	7:10	16,70			
	07/02/2018	7:10	16,70			
12	07/02/2018	7:11	16,40	16,47	0,02	0,274
	07/02/2018	7:11	16,60			
	07/02/2018	7:11	16,40			
	07/02/2018	7:11	16,50			
	07/02/2018	7:11	16,40			
	07/02/2018	7:11	16,50			
13	07/02/2018	7:12	16,70	16,78	0,02	0,280
	07/02/2018	7:12	16,80			
	07/02/2018	7:12	16,80			

	07/02/2018	7:12	16,80			
	07/02/2018	7:12	16,90			
	07/02/2018	7:12	16,70			
14	07/02/2018	7:13	16,80	16,75	0,02	0,279
	07/02/2018	7:13	16,70			
	07/02/2018	7:13	16,80			
	07/02/2018	7:13	16,80			
	07/02/2018	7:13	16,70			
	07/02/2018	7:13	16,70			
15	07/02/2018	7:14	16,70	16,82	0,02	0,280
	07/02/2018	7:14	16,80			
	07/02/2018	7:14	16,60			
	07/02/2018	7:14	16,40			
	07/02/2018	7:14	16,70			
	07/02/2018	7:14	17,70			
16	07/02/2018	7:15	16,70	16,83	0,02	0,281
	07/02/2018	7:15	16,80			
	07/02/2018	7:15	16,80			
	07/02/2018	7:15	16,70			
	07/02/2018	7:15	16,50			
	07/02/2018	7:15	17,50			
17	07/02/2018	7:16	16,80	16,83	0,02	0,281
	07/02/2018	7:16	16,80			
	07/02/2018	7:16	16,80			
	07/02/2018	7:16	17,00			
	07/02/2018	7:16	16,90			
	07/02/2018	7:16	16,70			
18	07/02/2018	7:17	16,70	16,55	0,02	0,276
	07/02/2018	7:17	16,40			
	07/02/2018	7:17	16,70			
	07/02/2018	7:17	16,50			
	07/02/2018	7:17	16,50			
	07/02/2018	7:17	16,50			
19	07/02/2018	7:18	16,50	16,45	0,02	0,274
	07/02/2018	7:18	16,50			
	07/02/2018	7:18	16,40			
	07/02/2018	7:18	16,40			
	07/02/2018	7:18	16,40			
	07/02/2018	7:18	16,50			
20	07/02/2018	7:19	16,60	16,67	0,02	0,278
	07/02/2018	7:19	16,50			
	07/02/2018	7:19	16,60			

	07/02/2018	7:19	16,60			
	07/02/2018	7:19	16,80			
	07/02/2018	7:19	16,90			
21	07/02/2018	7:20	16,50	16,75	0,02	0,279
	07/02/2018	7:20	16,70			
	07/02/2018	7:20	16,90			
	07/02/2018	7:20	16,80			
	07/02/2018	7:20	16,80			
	07/02/2018	7:20	16,80			
22	07/02/2018	7:21	16,40	16,47	0,02	0,274
	07/02/2018	7:21	16,60			
	07/02/2018	7:21	16,40			
	07/02/2018	7:21	16,50			
	07/02/2018	7:21	16,40			
	07/02/2018	7:21	16,50			
23	07/02/2018	7:22	16,70	16,78	0,02	0,280
	07/02/2018	7:22	16,80			
	07/02/2018	7:22	16,80			
	07/02/2018	7:22	16,80			
	07/02/2018	7:22	16,90			
	07/02/2018	7:22	16,70			
24	07/02/2018	7:23	16,80	16,75	0,02	0,279
	07/02/2018	7:23	16,70			
	07/02/2018	7:23	16,80			
	07/02/2018	7:23	16,80			
	07/02/2018	7:23	16,70			
	07/02/2018	7:23	16,70			
25	07/02/2018	7:24	16,70	16,82	0,02	0,280
	07/02/2018	7:24	16,80			
	07/02/2018	7:24	16,60			
	07/02/2018	7:24	16,40			
	07/02/2018	7:24	16,70			
	07/02/2018	7:24	17,70			
26	07/02/2018	7:25	16,70	16,83	0,02	0,281
	07/02/2018	7:25	16,80			
	07/02/2018	7:25	16,80			
	07/02/2018	7:25	16,70			
	07/02/2018	7:25	16,50			
	07/02/2018	7:25	17,50			
27	07/02/2018	7:26	16,80	16,83	0,02	0,281
	07/02/2018	7:26	16,80			
	07/02/2018	7:26	16,80			

	07/02/2018	7:26	17,00			
	07/02/2018	7:26	16,90			
	07/02/2018	7:26	16,70			
28	07/02/2018	7:27	16,70	16,55	0,02	0,276
	07/02/2018	7:27	16,40			
	07/02/2018	7:27	16,70			
	07/02/2018	7:27	16,50			
	07/02/2018	7:27	16,50			
	07/02/2018	7:27	16,50			
29	07/02/2018	7:28	16,50	16,45	0,02	0,274
	07/02/2018	7:28	16,50			
	07/02/2018	7:28	16,40			
	07/02/2018	7:28	16,40			
	07/02/2018	7:28	16,40			
	07/02/2018	7:28	16,50			
30	07/02/2018	7:29	16,60	16,67	0,02	0,278
	07/02/2018	7:29	16,50			
	07/02/2018	7:29	16,60			
	07/02/2018	7:29	16,60			
	07/02/2018	7:29	16,80			
	07/02/2018	7:29	16,90			

**ANEXO F-1**

**OPERADOR CON EQUIPO PORTATIL TOMANDO MUESTRAS**



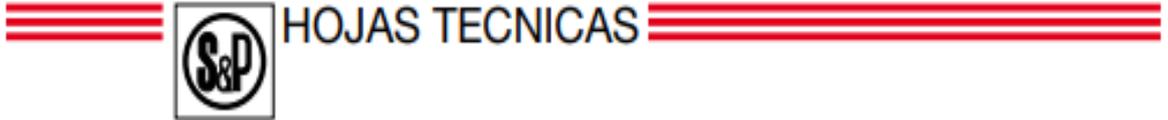
**ANEXO F-2**

**ENTREGA DEL EQUIPO PORTATIL TANGO TX1**



# ANEXO G

## CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR CENTRÍFUGO RECOMENDADO



### DESCRIPCIÓN VENTILADOR RECOMENDADO



#### Serie CMPT (1)

Ventiladores centrífugos de simple aspiración, fabricados en **polipropileno para trasegar gases corrosivos**, con rodete de álabes hacia adelante directamente acoplado al eje motor, **IP55, Clase F y protector térmico incorporado**.

#### Motores

De 2 ó 4 polos, según versiones.  
Tensión de alimentación  
Trifásicos 230/400V-50Hz  
Monofásicos 230V-50Hz, bajo demanda

#### Otros datos

**Bajo demanda, ejecuciones especiales en PVC para vehicular vapores de cromo y derivados.**  
**Voluta orientable.**  
Orientación estándar: LG0.

### APLICACIONES



Industria química  
Laboratorios

Bajo pedido, versiones antiexplosivas según la Directiva ATEX para modelos trifásicos:

- Seguridad aumentada  
Ⓜ II2G EExellT3
- Antideflagrantes  
Ⓜ II2G EExdIBT5 ó  
Ⓜ EExdIIC4

**Voluta de gran robustez**



Voluta de **polipropileno** de gran espesor que proporciona gran robustez

**Rodete equilibrado dinámicamente**



Rodete de **polipropileno**, de álabes hacia adelante, de perfecto acabado y **equilibrado dinámicamente, según norma ISO 1940**

**Desagüe de condensaciones**



Desagüe que permite la evacuación de las condensaciones. Cierre mediante tapón roscado

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

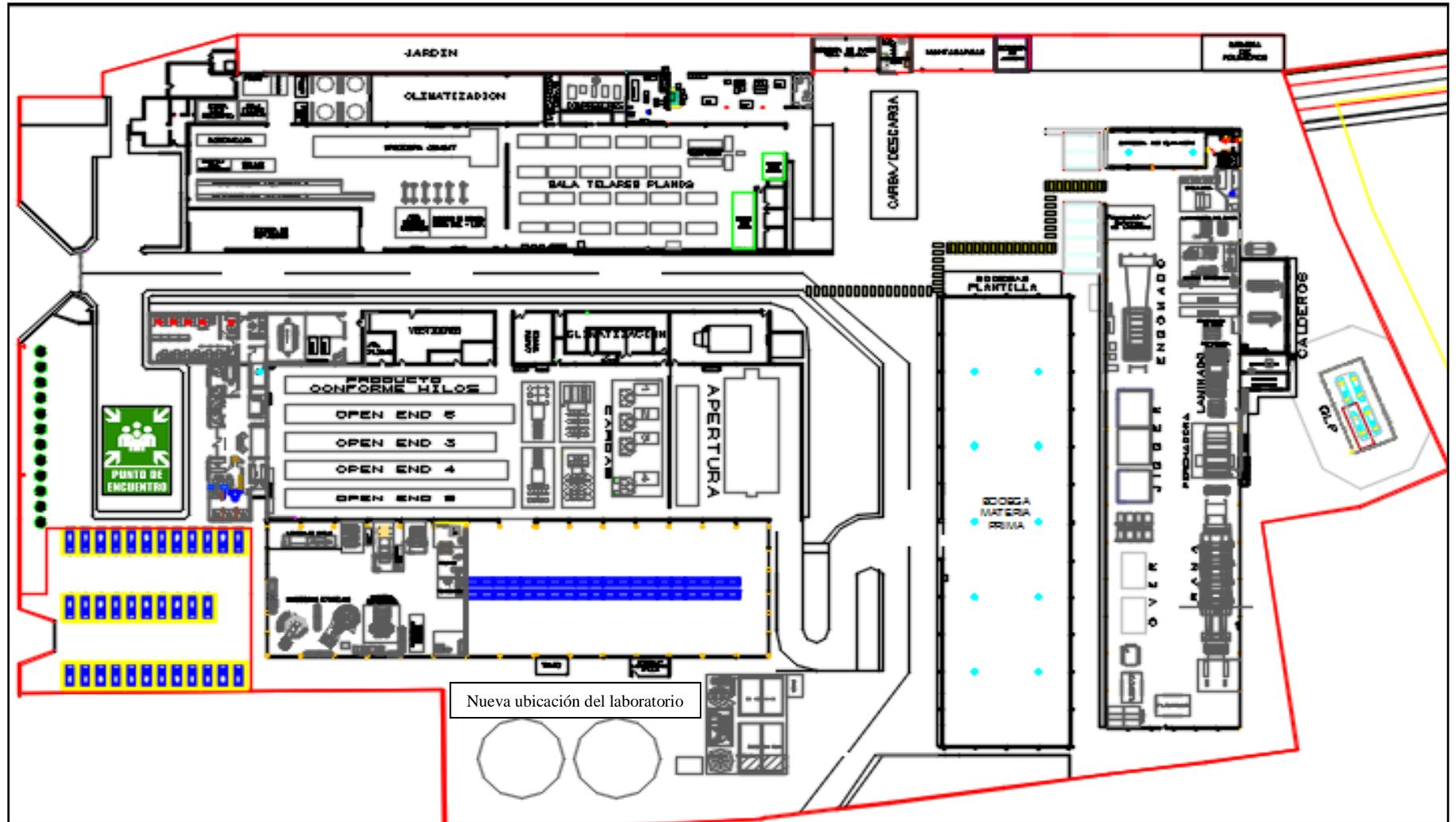
Es imprescindible comprobar que las características eléctricas (voltaje, intensidad, frecuencia, etc.) del motor que aparecen en la placa del mismo son compatibles con las de la instalación.

Los aparatos antiexplosivos solamente pueden funcionar a temperatura ambiente entre -30°C y +40°C.

Modelo	Velocidad (r.p.m.)	Potencia motor (kW)	Intensidad a 230/400 V (A)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel de presión sonora* (dB(A))	Peso (Kg)
<b>MOTORES 4 POLOS</b>						
CMPT/4-200	1370	0,37	1,82/1,05	1850	66	17,6

## ANEXO H

### Layout de la empresa TEIMSA



Nueva ubicación del laboratorio

Planta de tratamiento