

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO - ECUADOR  
UNIVERSIDAD DE HUELVA – ESPAÑA**

**Colegio de Postgrados**

**Evaluación a la exposición del Dióxido de Azufre al personal  
que labora en una área de Generación de Energía**

**Frederick Caicedo Toro**

**Tesis de grado presentada como requisito para la obtención  
del título de Magíster en Seguridad Salud y Ambiente, con  
menciones en : Seguridad en el trabajo e Higiene Industrial**

**Quito, marzo del 2008**

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO – ECUADOR  
UNIVERSIDAD DE HUELVA - ESPAÑA**

**Colegio de Postgrados**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

**Evaluación a la exposición de Dióxido de Azufre al personal  
que labora en una área de Generación de Energía**

**FREDERICK CAICEDO TORO**

Rosseline Calisto, M.Sc. ....  
Directora de Tesis

José Garrido Roldán, M.Sc. ....  
Coordinador académico de la Maestría en seguridad, salud y Ambiente  
de la Universidad de Huelva y Jurado de Tesis.

Carlos Ruiz Frutos .....  
Director de la U. de Huelva de la Maestría en Seguridad, Salud y Ambiente  
y Jurado de Tesis.

Luis Vásquez Z., M.D., M.Sc. ....  
Director de la Maestría en seguridad, Salud y Ambiente  
y Jurado de Tesis.

Dr. Enrique Noboa I. ....  
Decano de Ciencias de la Salud

Victor Viteri Breedy, Ph.D.  
.....  
Decano del colegio de Postgrados

Quito, marzo del 2008

© Derechos de autor  
Frederick Caicedo Toro  
2008

## DEDICATORIA

A Lorena mi esposa por ser quien guía cada día mi destino y mis dos hijos Arianna y Martin motores de mi vida.

A mi padre por su enseñanza, amor y su herencia : mi educación.

A mi madre por su apoyo constante e infinito amor y comprensión.

A mis hermanos Maicol, Roxana y Liliana

## AGRADECIMIENTO

A mis distinguidos profesores y colegas de la universidad por los momentos tan especiales que hemos vivido.

A la Ing. Rosseline Calisto, por su ayuda y asesoría en la elaboración de ésta tesis.

A la empresa Agip Oil Ecuador por las facilidades brindadas para la realización de éste proyecto.

A mis compañeros de trabajo del área de generación por su colaboración para el desarrollo de éste proyecto.

## Resumen

El presente proyecto cuyo objetivo es la “Evaluación a la exposición laboral del dióxido de azufre en un área de generación de energía”, es un estudio que tiene por objeto reconocer, evaluar y controlar posibles riesgos higiénicos que pudiera presentarse debido a la exposición laboral del SO<sub>2</sub>, que se genera debido a la combustión en el proceso de tratamiento del crudo.

Al efectuar la identificación del contaminante realizaremos un reconocimiento del proceso en general, para continuar con la evaluación de la exposición empleando instrumentos de lectura directa, la cual será comparada con valores límites y permitirá conocer si nos encontramos por encima o por debajo de estos valores.

Adicional se pretende dar cierto tratamiento estadístico a los datos obtenidos con el fin de obtener la máxima información posible de estos datos obtenidos y así obtener gráficos que permitirán en primer lugar, calcular la probabilidad de que el contaminante exceda el valor límite, lo que permitirá decidir si es necesario realizar o no mediciones periódicas y en segundo lugar nos dará una indicación clara de las desviaciones respecto a los valores límite prefijados.

Por último se recomendará si el caso lo amerita, la implantación de medidas para eliminar, reducir o controlar los niveles de concentración y exposición hasta valores no perjudiciales para la salud, estableciendo adicionalmente periodos de vigilancia para tratar de detectar precozmente cualquier daño a la salud de los trabajadores.

## Summary

The present project whose objective is the "Evaluation to the labor exhibition of the sulfur dioxide in an energy generation area", it is a study that has for object to recognize, to evaluate and to control possible hygienic risks that it could be presented due to the labor exhibition of the SO<sub>2</sub> that is generated due to the combustion in the process of treatment of the raw one. When making the identification of the pollutant we will carry out a recognition of the process in general, to continue with the evaluation of the exhibition using instruments of direct reading, which will be compared with values limits and he/she will allow to know if we are for above or below these values. Additional it is sought to give certain statistical treatment to the data obtained with the purpose of obtaining the maximum information possible of these obtained data and this way to obtain graphics that will allow in the first place, to calculate the probability that the pollutant exceeds the value limit, what will allow to decide if it is necessary to carry out or not periodic mensurations and in second place we will give us a clear indication of the deviations regarding the preset values limit.

Lastly it will be recommended if the case, gives merit, the installation of measures to eliminate, to reduce or to control the concentration levels and exhibition until non harmful values for the health, settling down additionally periods of surveillance to try to detect any damage precociously to the health of the workers

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	X
1.1. Descripción de la empresa o Área de trabajo: .....	X
1.2. Problema que se pretende abordar :.....	xii
1.3. Justificación del estudio: .....	xii
1.4. Revisión de Literatura, antecedentes o fundamentos teóricos :.....	xii
1.4.1. El Dióxido de Azufre. ....	xii
1.4.1.1. Características Generales : .....	xii
1.4.1.2. Aspectos medioambientales :.....	xiii
1.4.1.3. Aspectos Toxicológicos : .....	xiv
1.4.1.4. Límites de exposición profesional del S02.....	xv
1.4.1.5. Aplicaciones :.....	xvi
1.4.1.6. El ciclo del azufre :.....	xvi
1.4.2. Los valores de referencia ambientales en los Estados Unidos para contaminantes químicos.....	xviii
1.4.2.1. La OSHA.....	xviii
1.4.2.1.1 Los valores PEL de la OSHA.....	xviii
1.4.2.2. La NIOHS. ....	xix
1.4.2.2.1. Los REL de la NIOSH.....	xix
1.4.2.3. La ACGIH.....	xx
1.4.2.3.1. Los TLV de la ACGIH.....	xx
1.4.2.4. Resumen de las Normativas para los distintos tipos de límites. ....	xxii
1.4.3. Instrumentos de muestreo y técnicas de análisis de contaminantes químicos.....	xxiii
1.4.3.1. Muestreadores de lectura directa. ....	xxiii
1.4.3.2. Sensores electroquímicos. ....	xxiv
1.4.3.2.1. Especificaciones del sensor de SO <sub>2</sub> . ....	xxvi
2. OBJETIVOS.....	xxvii
2.1. Objetivo general.....	xxvii
2.2. Objetivos específicos.....	xxvii
2.3. Objetivos secundarios. ....	xxvii
3. METODOLOGIA.....	xxviii
3.1. Higiene de Campo.....	xxviii
3.2. Higiene Operativa. ....	xxx
3.3. Población y muestra.....	xxx
3.4. Tipo de estudio y de diseño: .....	xxx
3.5. Material. ....	xxxi
3.6. Fases de estudio.....	xxxi
4. RESULTADOS.....	xxxii
4.1. Medición y Evaluación de la exposición laboral . ....	xxxii
4.1.1. Medición y Evaluación de la exposición del puesto de Operador de Generación.....	xxxii
4.1.2. Medición y Evaluación del puesto de Ayudante de Generación. ....	xxxv
4.1.3. Medición y Evaluación del puesto de Técnico de Mantenimiento.....	xxxviii
4.2. Análisis Estadístico de los Resultados.....	xli
4.2.1. Del Operador de Generación.....	xli

4.2.2.	Del Ayudante de Generación.....	xliii
4.2.3.	Del Técnico de Mantenimiento.....	xlvi
5.	CONCLUSIONES. ....	I
6.	RECOMENDACIONES. ....	lii
	BIBLIOGRAFIA. ....	liii
	ANEXOS. ....	lv

## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Descripción de la empresa o Área de trabajo:

El Bloque 10 de la Cía. Agip Oil Ecuador se encuentra ubicado en la provincia de Pastaza y dentro de él se encuentra el Proyecto de Desarrollo del Campo Villano que comprende las siguientes áreas :

- Plataforma de Villano A que está ubicada a aproximadamente 5 Km. al Nor Oriente de la comunidad de Santa Cecilia de Villano entre los ríos Villano y Lliquino, en un sector de bosque primario en las coordenadas 9837050 N y 18227100 E, a una altura aproximada de 420 msnm, en la provincia de Pastaza. Se ubica en un área de 3.7 Ha. y consta de: área de pozos (10 pozos productores y 2 de inyección de agua), la torre de mantenimiento o workover , un helipuerto, el área de producción, 3 tanques de almacenamiento de agua producida, cuarto de control, cuarto de poder con 4 transformadores y variadores de frecuencia para cada pozo, 4 bombas de transferencia de crudo hacia la central de procesamiento, 2 FWKO con 4 hidrociclones, 2 bombas de inyección de agua, 2 bombas de crudo, 3 bombas de agua, 2 estaciones de químicos con sus respectivas bombas de inyección, 1 tanque de diesel y su respectiva bomba, un área de lanzamiento y recepción de dispositivos de limpieza interna de oleoducto (PIG) y finalmente, una área de campamentos para alojamiento del personal. Tanto el área de procesos como el área de campamentos dispone de infraestructura para detección y protección contra incendios y adicionalmente existe un dispensario médico básico que se encuentra disponible las 24h
- Plataforma Villano B que está ubicada al Norte de la plataforma Villano A, aproximadamente a 2 Km. La Plataforma Villano B tiene casi las mismas características de la plataforma Villano A y en general consta de los elementos necesarios para permitir la producción de dos pozos.
- Líneas de Flujo : la una construida entre las plataformas Villano A y Villano B y la otra entre la plataforma Villano A y el CPF; constituidas, en ambos casos, por la tubería de conducción (12" de diámetro) de la mezcla de crudo y agua de formación extraída desde los pozos; fibra óptica para comunicaciones, cable de poder (35000 Voltios) que conduce la energía

desde los generadores del CPF hacia las plataformas referidas.

- **Centro de Facilidades de Producción (CPF)**, ubicada en la población de La Independencia en un área de aproximadamente 18 Ha, en las coordenadas 9847300 N (~1° 22' 56" S) y 18194000 E (~77° 45' 02" W) a una altura de 1030 msnm, aproximadamente a 35 Km. al oriente de la ciudad del Puyo. Aquí se encuentra construido el centro de operaciones del bloque que consta de : calentadores, separadores, recirculadores. Área de generación eléctrica con 5 generadores Wartsila de 5.92 Mw c/u, tanques de almacenamiento, bombas de transferencia, área administrativa y campamento, área de bodega, área de carga, helipuerto, laguna de manejo de agua de escorrentía, planta de tratamiento de agua potable y de aguas negras, pozos de inyección de agua de formación (dos), tanques de almacenamiento, estación de bombeo, helipuerto, sistema de protección básico contra incendios. En el CPF se realiza la separación del agua de formación que es bombeada conjuntamente con el petróleo y gas desde las plataformas de Villano. Para facilitar la separación petróleo-agua, se eleva la temperatura de los fluidos en cinco calentadores (heaters), pero también se utiliza la energía calórica del agua para traspasarla al crudo mediante intercambiadores de calor, el crudo dentro de especificaciones es bombeado a través del Oleoducto Secundario (OS) hacia la estación de transferencia en la población de Baeza. La electricidad se obtiene de una planta de generación que trabaja con crudo y diesel y que es formada por cinco unidades Wartsila. Tanto los generadores como los calentadores están diseñados para usar petróleo crudo como combustible principal y diesel o gas natural como combustible en modo stand by, cuya combustión genera gases contaminantes como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> y CO (entre los gases más representativos).
- Oleoducto Secundario: Une el CPF y la estación de transferencia hacia el Sistema del Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) en la población de Baeza, recorre una longitud de 117 Km. en un diámetro 16",
- Estación de impulsión del crudo ubicado en la población de Sarayacu, la misma que consta de facilidades de almacenamiento de combustible, bombas para incrementar la presión del flujo del crudo, facilidades de generación de energía eléctrica, sistema de protección contra incendios y

facilidades para alojamiento del personal.

- Estación de transferencia en Baeza: Se construyó las facilidades para la transferencia del crudo del campo Villano al SOTE, consta de una estación de bombeo, medidores, tanques de almacenamiento, sistema de protección contra incendios y campamento para alojamiento del personal de operación.

## **1.2. Problema que se pretende abordar :**

Evaluar cuantitativamente la exposición del personal laboralmente expuesto en el área de generación de energía, debido a la presencia del dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el cual se genera en los heater treater debido a la combustión de petróleo crudo e identificar si los resultados lo requieren, los controles para minimizar o mitigar el riesgo de éste contaminante sobre el personal.

## **1.3. Justificación del estudio:**

El presente proyecto que se realizará en la Cía. AGIP Oil Ecuador será la primera vez que se realice en el área de Higiene Industrial, con lo cual se podrá :

- Identificar medir y evaluar cuantitativamente en el ambiente la presencia del Dióxido de Azufre en el área de generación de energía.
- Determinar los controles técnicos para minimizar la exposición a este agente químico.

## **1.4. Revisión de Literatura, antecedentes o fundamentos teóricos :**

### **1.4.1. El Dióxido de Azufre.**

#### **1.4.1.1. Características Generales :**

El dióxido de azufre cuya fórmula es SO<sub>2</sub> es un gas incoloro con un característico olor asfixiante e higroscópico. Se trata de una sustancia reductora que con el tiempo y en contacto con el aire y la humedad se convierte en trióxido de azufre. Se forma en la

combustión de azufre elemental o sulfuros (p. ej. La pirita  $\text{FeS}_2$ , la wurzita o la blenda (ambos  $\text{ZnS}$ ), la galena  $\text{PbS}$ , etc.). El dióxido de azufre se emite espontáneamente en la Naturaleza por vulcanismo y procesos de combustión, que corresponden a aproximadamente el 20% del total del dióxido de azufre presente en la atmósfera.

El impacto ambiental generado por el ser humano proviene en primera línea de la producción energética y térmica, derivado del consumo y quema de combustibles fósiles sulfurados (carbón, petróleo, gas natural, etc.) en usinas eléctricas e instalaciones de calefacción a distancia, en la industria, en el hogar y en el tránsito vehicular. Los combustibles líquidos y gaseosos, no presentan los mismos problemas de emisión de  $\text{SO}_2$ , que el carbón, pues la mayor parte del azufre nocivo se elimina durante el procesamiento del gas natural y durante el refinado del petróleo. De ahí, que los vehículos, con sus carburantes de petróleo refinado, no constituya una fuente grave de contaminación de  $\text{SO}_2$ .

#### **1.4.1.2. Aspectos medioambientales :**

El dióxido de azufre es el principal causante de la lluvia ácida ya que en la atmósfera es transformado en ácido sulfúrico.

Es liberado en muchos procesos de combustión ya que los combustibles como el carbón, el petróleo, el diesel o el gas natural contienen ciertas cantidades de compuestos azufrados. Por estas razones se intenta eliminar estos compuestos antes de su combustión por ejemplo mediante la hidrodesulfuración en los derivados del petróleo o con lavados del gas natural haciéndolo más "dulce". Si a pesar de estos esfuerzos aún se generan cantidades importantes del gas se pueden aplicar lavados básicos p. ej. con leche de cal para retenerlo del aire de salida o transformándolo conjuntamente con sulfhídrico en azufre elemental (proceso de Claus). También los procesos metalúrgicos liberan ciertas cantidades de este gas debido a que se emplean frecuentemente los metales en forma de sulfuros. En la naturaleza el dióxido de azufre se encuentra sobre todo en las proximidades de los volcanes y las

erupciones que pueden liberar cantidades importantes. Otros elementos que pueden ocasionar contaminación del aire en las ciudades lo constituyen el Monóxido de carbono, el Dióxido de nitrógeno, el Ozono, el Plomo y el Sulfuro de hidrógeno.

#### 1.4.1.3. Aspectos Toxicológicos :

El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos. Si bien éste es absorbido principalmente por el sistema nasal, la exposición de altas concentraciones por cortos períodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis y congestionar los conductos bronquiales de los asmáticos. La toxicidad del dióxido de azufre en los seres humanos es posible resumirla en siguiente tabla.

Tabla 1.4.1.3.1 Toxicidad y efectos del SO<sub>2</sub> en los seres humanos

Concentración	Efecto observado
Toxicidad del dióxido de azufre en los seres humanos	
IDLH : Immediately Dangerous to Life and Health = 100 ppm	IDLH es la máxima concentración de gas (ppm) para el cual un trabajador puede escapar dentro de 30 min. sin experimentar efectos irreversibles en su salud.
25 mg/ m <sup>3</sup> =9.5 ppm (promedio anual)	Creciente frecuencia de afecciones de las vías respiratorias profundas (UNECE, 1984)
225 mg/m <sup>3</sup> =85 ppm (promedio anual)	Creciente frecuencia de síntomas respiratorios; disminución de la función pulmonar en niños de 5 años (UN-ECE, 1984)
200 mg/m <sup>3</sup> =76 ppm (máx.diario, 30 min)	Significativo incremento de casos de falso Krupp en niños (AFRL, 1987)
200 mg/m <sup>3</sup> =76 ppm (valores de 24h)	Aumento de la mortalidad entre personas mayores (AFRL, 1987)
1,3 mg/m <sup>3</sup> =0.5 ppm (40 min)	Estenosis de las vías respiratorias en asmáticos (AFRL, 1987)
53,3 mg/m <sup>3</sup> =20 ppm (10-30 min)	Fuertes irritaciones, muy desagradables(DFG, 1988)
133,2 mg/m <sup>3</sup> =50.8 ppm (60 min)	Intensa irritación de las mucosas, neumorragia y edema pulmonar, espasmo de glotis con riesgo de asfixia (DFG, 1988)
Efectos en la salud humana por exposición a dióxido de azufre en 24 horas	
400µg/m <sup>3</sup> - 900 µg/m <sup>3</sup>	Posible incremento de los trastornos respiratorios (tos, irritación de la garganta y silbidos en el pecho) en

0.15 ppm – 0.34 ppm	personas con asma.
500 µg/m <sup>3</sup> - 1700 µg/m <sup>3</sup> 0.19 ppm – 0.64 ppm	Incremento de los trastornos respiratorios en personas con asma y posible agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas.
1700 µg/m <sup>3</sup> - 2300 µg/m <sup>3</sup> 0.64 ppm – 0.89 ppm	Incremento significativo de los trastornos respiratorios en personas con asma y agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas.
2300 µg/m <sup>3</sup> - 2900 µg/m <sup>3</sup> 0.89 ppm – 1.1 ppm	Trastornos respiratorios severos en personas con asma y riesgo serio de agravamiento de las personas con enfermedades pulmonares y cardíacas.
>2900 µg/m <sup>3</sup> 1.1 ppm	Cambios en la función pulmonar y trastornos respiratorios en individuos sanos.
<b>Conc. en ppm = (conc. en mg/ m<sup>3</sup>) x 24.45 / Peso molecular</b> <b>Conversion 1 ppm = 2.62 mg/m<sup>3</sup></b>	

#### 1.4.1.4. Límites de exposición profesional del S02.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL PARA AGENTES QUÍMICOS EN ESPAÑA 2007								
EINECS	CAS	AGENTE QUÍMICO	LÍMITES ADOPTADOS				NOTAS	FRASES R
			VLA-ED		VLA-EC			
			ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>		
231-195-2	7446-09-5	Dióxido de azufre	2	5,3	5	13		<a href="#">23-34</a>

<http://www.mtas.es/insht/practice/vla2.htm>

\* EINECS (European Inventory of Existing Chemical Substances o Inventario Europeo de Sustancias Químicas Existentes), es un número de registro dado a cada sustancia química comercialmente disponible en la Unión Europea entre el 1 de enero de 1971 y el 18 de septiembre de 1981. Este inventario fue creado por la Directiva 67/548/EEC.

\* CAS es una identificación numérica única para compuestos químicos, polímeros, secuencias biológicas, preparados y aleaciones. Referenciado también como **CAS RNs** (en inglés *CAS registry number*). Chemical Abstracts Service (CAS), es una división de la Sociedad Química Americana, asigna estos identificadores a cada compuesto químico que ha sido descrito en la literatura.

\* Las frases R que hacen referencia a las propiedades toxicológicas o a los efectos específicos sobre la salud. RD 363/1995, de 10 de marzo (BOE nº133 del 5 junio de 1995) y modificaciones posteriores.

R23 Tóxico por inhalación.

R34 Provoca quemaduras.

[http://www.mtas.es/insht/practice/vla\\_frasesR.htm#R23](http://www.mtas.es/insht/practice/vla_frasesR.htm#R23)

#### **1.4.1.5. Aplicaciones :**

El dióxido de azufre se utiliza para fines muy diversos, por ejemplo, como agente reductor en metalurgia, como frigorífero en la industria del frío; como desinfectante y blanqueador, para la conservación de sustancias alimenticias; como decolorante y fumigante. El dióxido de azufre es uno de los compuestos más importantes de la industria química. El 98% del SO<sub>2</sub> técnico se utiliza para la producción de trióxido de azufre como precursor del ácido sulfúrico.

#### **1.4.1.6. El ciclo del azufre :**

El azufre circula a través de la biosfera de la siguiente manera: por una parte se comprende el paso desde el suelo o bien desde el agua, si hablamos de un sistema acuático, a las plantas, a los animales y regresa nuevamente al suelo o al agua. Algunos de los compuestos sulfúricos presentes en la tierra son llevados al mar por los ríos. Este azufre es devuelto a la tierra por un mecanismo que consiste en convertirlo en compuestos gaseosos tales como el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Estos penetran en la atmósfera y vuelven a tierra firme. Generalmente son lavados por las lluvias, aunque parte del dióxido de azufre puede ser directamente absorbido por las plantas desde la atmósfera.

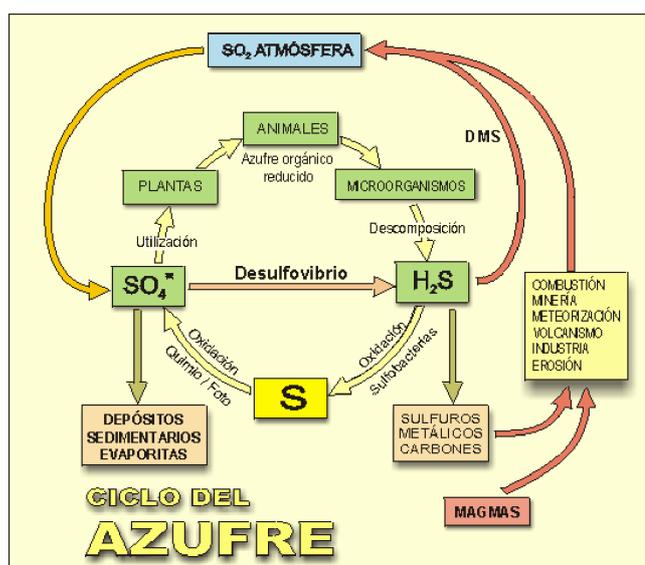
Las bacterias desempeñan un papel crucial en el reciclaje del azufre. Cuando están presentes en el aire, la descomposición de los compuestos del azufre produce sulfato (SO<sub>4</sub>=). Bajo condiciones anaeróbicas, el ácido sulfúrico y el sulfuro de dimetilo (CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>)

son los productos principales. Cuando estos últimos gases llegan a la atmósfera, son oxidados y se convierten en dióxido de azufre.

La oxidación posterior del dióxido de azufre y su disolución en el agua de lluvia produce ácido sulfhídrico y sulfatos, formas principalmente bajo las cuales regresa el azufre a los ecosistemas terrestres. El carbón mineral y el petróleo contienen también azufre y su combustión libera dióxido de azufre a la atmósfera. Como resumen podemos decir que durante el ciclo del azufre los principales eventos son los siguientes:

- El azufre, como sulfato, es aprovechado e incorporado por los vegetales para realizar sus funciones vitales.
- Los consumidores primarios adquieren el azufre cuando se alimentan de estas plantas.
- El azufre puede llegar a la atmósfera como sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) o dióxido de azufre ( $SO_2$ ), ambos gases provenientes de volcanes activos y por la descomposición de la materia orgánica.
- Cuando en la atmósfera se combinan compuestos del azufre con el agua, se forma ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) y al precipitarse lo hace como lluvia ácida.

**Figura 1.4.1.6.1 El ciclo del azufre.**



### **1.4.2. Los valores de referencia ambientales en los Estados Unidos para contaminantes químicos.**

En USA existen tres instituciones que tienen establecidos valores límites para contaminantes químicos en el ambiente de trabajo: la "Occupational Safety and Health Administration" (OSHA), el "National Institute for Occupational Safety and Health" (NIOSH) y la "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" (ACGIH).

#### **1.4.2.1. La OSHA.**

Es el órgano de la Administración federal con competencia en el establecimiento de normas legales relativas a la prevención de riesgos y promoción de la salud en el ámbito laboral. Los valores que propone la OSHA se denominan "Permissible Exposure Limits" (PEL) y son los únicos que tienen validez desde el punto de vista legal.

##### **1.4.2.1.1 Los valores PEL de la OSHA.**

Los límites PEL están recogidos en el Título 29 del Código de Reglamentaciones Federales de USA, Parte 1910.1000. En enero de 1989 se aprobó una nueva lista, que cubre unas 600 substancias, que entró en vigor en septiembre del mismo año, con valores muy parecidos a los del NIOSH y, sobre todo, a los de la ACGIH. La lista de valores límite de exposición permisibles (PEL) incluye:

NTP 244: Criterios de valoración en Higiene Industrial Page 3 of 14

[http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_244.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_244.htm) 4/27/2007

Los "**Time-Weighted Average**" (**TWA**), definidos como la concentración promedio ponderada para 8 h que no deberá ser superada en ningún turno de 8 h para semanas laborales de 40 h.

Los "**Short-Term Exposure Limit**" (**STEL**), definidos como concentración promediada para períodos de 15 minutos (si no se

especifica otro período de tiempo) que no debe superarse en ningún momento de la jornada de trabajo.

Los valores "**Ceiling**" como niveles de concentración que no deben ser superados en ningún momento de la jornada de trabajo. Éstos pueden ser determinados como valores promediados para períodos de 15 minutos en los casos en que no sea factible una medida instantánea. La relación de valores PEL también incluye una notación específica para las sustancias con capacidad de absorción por vía dérmica.

Para el establecimiento de la nueva lista de valores PEL se ha considerado la información publicada con anterioridad y ampliamente aceptada de los REL desarrollados por el NIOSH y los TLV publicados por la ACGIH. Los valores adoptados tienen en cuenta tanto la información médica del riesgo para la salud como la factibilidad tecnológica y económica.

#### **1.4.2.2. La NIOHS.**

Es una institución dependiente de la Administración federal que, entre otras actividades, desarrolla y revisa periódicamente recomendaciones para límites de exposición a sustancias o condiciones potencialmente peligrosas en el ámbito de trabajo.

Estas recomendaciones son publicadas y transmitidas a los Departamentos competentes de la Administración para su empleo en la promulgación de normas legales. Los valores que establece el NIOSH se denominan "Recommended Exposure Limits" (REL) y no tienen valor legal.

##### **1.4.2.2.1. Los REL de la NIOSH.**

La lista de valores REL es bastante más reducida que la formada por los valores de la OSHA o de la ACGIH. Los valores REL incluyen dos tipos de límites:

Los "**Time-Weighted Average**" (**TWA**), definidos como valores de exposición promediados durante períodos de hasta 10 horas, si no se indica otra duración.

Los "**Ceiling**", definidos como valores de exposición máxima, con referencia explícita a períodos de 15 minutos o inferiores.

La lista de valores REL incluye notaciones específicas para sustancias cancerígenas y sustancias con capacidad de absorción dérmica.

#### **1.4.2.3. La ACGIH.**

Es una asociación con sede en USA que agrupa a más de 3000 profesionales de la Higiene del Trabajo que desarrollan su labor en instituciones públicas y universidades de todo el mundo. Los valores que establece la ACGIH son los "Threshold Limit Values" (TLV) y se basan exclusivamente en criterios científicos de protección de la salud.

Estos valores TLV son sólo unos límites recomendados, pero gozan de un elevado prestigio en el mundo de la Higiene Industrial. Normalmente, cuando se citan los valores TLV de USA sin más especificación se está haciendo referencia a los valores propuestos por la ACGIH.

##### **1.4.2.3.1. Los TLV de la ACGIH.**

La ACGIH publica anualmente una relación de valores permisibles en el ambiente de trabajo (TLV) para agentes físicos y químicos y unos índices de exposición biológicos (BEI). La propia asociación divulga la información en que se ha basado para proponer dichos valores, siendo su conocimiento imprescindible para su correcta aplicación. Estos valores son sólo unos límites recomendables y como tales deben ser interpretados y aplicados. Se han establecido exclusivamente para la práctica de la Higiene Industrial y la propia ACGIH indica una serie de casos en que no deben ser utilizados.

Los TLV (Valores Límite Umbral) para agentes químicos expresan concentraciones en aire de diversas sustancias por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden exponerse sin sufrir efectos adversos. Se admite que, dada la

variabilidad de respuestas individuales, un porcentaje de trabajadores pueda experimentar ligeras molestias ante ciertas sustancias a estas concentraciones, o por debajo de ellas e, incluso en casos raros, puedan verse afectados por agravamiento de dolencias previas o por la aparición de enfermedades profesionales. Debido a los variados efectos que las sustancias químicas pueden provocar en las personas expuestas, se definen diferentes tipos de valores TLV.

**(i) TLV-TWA. MEDIA PONDERADA EN EL TIEMPO**

Concentración media ponderada en el tiempo, para una jornada normal de 8 horas y 40 horas semanales, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin sufrir efectos adversos. Este es el tipo más característico, al que se hace referencia habitualmente cuando se cita un valor TLV.

**(ii) TLV-C. VALOR TECHO**

Concentración que no debería ser sobrepasada en ningún instante. La práctica habitual de la higiene admite para su valoración muestreos de 15 minutos excepto para aquellos casos de sustancias que puedan causar irritación inmediata con exposiciones muy cortas.

**(iii) TLV-STEL. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PARA CORTOS PERIODOS DE TIEMPO**

Concentración a la que pueden estar expuestos los trabajadores durante un corto espacio de tiempo sin sufrir irritación, daño crónico o irreversible en los tejidos o narcosis importante. No es un límite de exposición separado e independiente, sino un complemento de la media ponderada en el tiempo (TWA). Se define como la exposición media ponderada en el tiempo durante 15 minutos que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada, aunque la media ponderada en el tiempo durante las ocho horas sea inferior al TLV-TWA. Las exposiciones por encima del TLV-

TWA hasta el valor STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día.

Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango. Puede recomendarse un período de exposición distinto de los 15 minutos cuando ello está avalado por efectos biológicos observados.

#### 1.4.2.4. Resumen de las Normativas para los distintos tipos de límites.

En la Tabla 1.4.2.4.1, se presenta un resumen de las Normativas descritas (excepto la de la U.R.S.S.), indicando los distintos tipos de límites y otras características incluidas en sus listas, que pone de manifiesto las diferencias existentes entre las mismas. Puede observarse, que entre los datos y valores que integran las diferentes Normativas sólo existe coincidencia en la presentación de límites de exposición promediados en el tiempo y en la indicación de la capacidad de absorción de las sustancias por vía dérmica, y que existen además notables discrepancias en aspectos tales como los tiempos de referencia de algunos de los límites de exposición, la definición de los límites de excursión o la clasificación de las sustancias consideradas cancerígenas, entre otros.

**Tabla 1.4.2.4.1. Resumen de las Normativas**

PAÍS ORGANISMO	LIMITE PROMEDIADO EN EL TIEMPO	LIMITE DE CORTA DURACION	VALOR TECHO	LIMITES DE EXCURSION	ABSORCION POR VIA DERMICA	CANCERIGENO	ALERGI-ZANTE	RIESGO PARA EL EMBARAZO
U.S.A. A.C.G.I.H.	TLV-TWA 8 h./día y 40 h./semana	TLV-STEL 15 min. <4 veces/día 60 min. inter periodos	TLV-CEILING Conc. max. (Análisis 15 min.)	3xTWA. <30 min./ jornada 5xTWA máx.	Notación específica	A1: Confirma- do para el hombre A2: Sospecho- so para el hombre		
U.S.A. O.S.H.A.	TWA 8 h./día y 40 h./semana	STEL 15 min.	CEILING Conc máx. (Análisis 15 min.)		Notación específica			
U.S.A. N.I.O.S.H.	REL-TWA 10 h./día.		REL-CEILING 15 min.		Notación específica	Notación específica		
R.F.A. D.F.G.	MAK 8 h./día y 40 h./semana			VER CUADRO 1	Notación específica	A1: Probado en el hombre A2: Probado en animales B: Sospecho- so No MAK para estas substan- cias	Notación específica	Notación específica Cuatro grupos: A, B, C, D.
U.K. H.S.C.	MEL y OES 8 h./día	MEL y OES 10 min.			Notación específica			
SUECIA N.B.O.S.H.	LLV 8 h./día	STEL 15 min.	CLV 15 min.		Notación específica	Notación específica	Notación específica	

**Tabla 1.4.2.4.2. Resumen de los valores límite del SO<sub>2</sub>, para cada una de la Normativas.**

Normativa	ACGIH	OSHA	NIOSH
Contaminante			
<b>SO<sub>2</sub></b>	TLV-TWA= 2 ppm TLV-STEL = 5 ppm	PEL-TWA= 2 ppm PEL- STEL = 5 ppm	REL-TWA = 2 ppm

### 1.4.3. Instrumentos de muestreo y técnicas de análisis de contaminantes químicos.

- De lectura directa: dan el resultado "in situ".
- Captadores de contaminantes: el análisis hay que realizado posteriormente en el laboratorio

#### 1.4.3.1. Muestreadores de lectura directa.

Permiten detectar de manera directa y precisa, la concentración ambiental de un contaminante. Se componen de un elemento sensor, cuyo funcionamiento se basa en principios físicos o químicos diversos (eléctricos, electromagnéticos, electroquímicos, etc.). En presencia del agente químico, el sensor genera una señal eléctrica

que es función de su concentración que queda recogida en un registro.

Para el presente estudio se ha seleccionado el detector personal de SO<sub>2</sub>, modelo GasBadge Pro de la marca Industrial Scientific, como equipo de monitoreo de lectura directa, cuyas características se

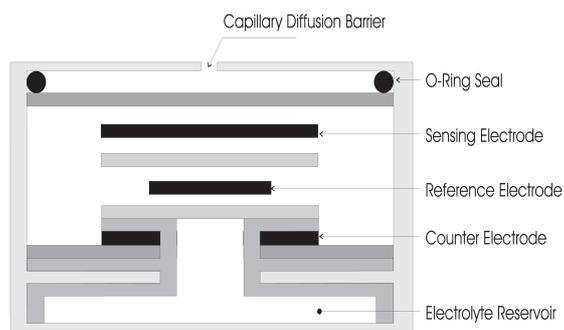


resumen a continuación:

**Tabla 1.4.3.1.1 Características del GasBadge Pro**

Dimensiones	3,7," 2,0," 1,1,"(94,0 mm, 50,8 mm, 27,9 mm)
Peso	3 oz (85 g)
Sensor electroquímico intercambiable	CO, H <sub>2</sub> S, O <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , NH <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , ClO <sub>2</sub> , y PH <sub>3</sub>
Límites de SO <sub>2</sub>	0-150 ppm con incrementos de 0,1 ppm
Pantalla	LCD personalizada con iconos gráficos para facilitar el uso
Aceptación/Rechazo	Indicación de lectura pico.
Alarmas	Alarmas alta y baja, seleccionables por el usuario. Alarma audible fuerte (95 dB). Alarma vibrante.
Batería	litio CR2 de 3V
Duración batería	2.600 horas de duración (mínimo).
Registrador de eventos	Constantemente activo. Registra los últimos 15 eventos de alarma, e indica cuánto hace que se produjo cada una, su duración y la lectura pico observada durante el evento. El registrador de eventos se puede ver en un PC o imprimir directamente desde el dispositivo en una impresora por infrarrojos.
Registrador de datos	Un año a intervalos de un minuto
Certificaciones	El GasBadge Pro cumple las disposiciones relevantes de la Directriz Europea ATEX 94/9/EC y la Directriz MC 89/336/EEC, según sus enmiendas 92/31/EEC, 92/31/EEC y 93/68/EEC. El GasBadge Pro está identificado con el símbolo "Exia", utilizado por la Asociación de Estándares Canadiense para indicar que un instrumento es INTRÍNSECAMENTE SEGURO.
Temperatura	-40° C a 60° C (-40° F a 140° F)
Humedad	0 % a 99 % HR (sin condensación), típica
Botones	Cuatro (Modo, Intro, Flecha arriba y Flecha abajo)
Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorización de gas</li> <li>• Pantalla de días desde/hasta calibración</li> <li>• Iniciar puesta a cero (si está activada)</li> <li>• Calibración (si está activada)</li> <li>• Lectura pico</li> <li>• Lectura de media ponderada de tiempo (TWA)</li> <li>• Lectura de límite de exposición a corto plazo (STEL)</li> <li>• Crear sesión.</li> </ul>

#### 1.4.3.2. Sensores electroquímicos.



Los sensores electroquímicos son usados extensamente para la detección de gases tóxicos en el nivel de PPM y para niveles de Oxígeno en porcentaje en volumen (% vol). Sensores de gas tóxico son disponibles para un amplio rango de gases, incluyendo sensores de monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, cloro y muchos otros. Los sensores electroquímicos son usualmente pequeños (típicamente  $\geq 1$  pulg de diámetro) y requieren el uso de poca energía. El sensor puede ser usado dentro de un rango de temperatura de  $-20^{\circ}$  to  $+50^{\circ}\text{C}$ . Los componentes básicos de un sensor electroquímico son un electrodo de trabajo, un electrodo contador y normalmente un electrodo de referencia también. Estos electrodos se encierran en la caja del sensor en contacto con un electrolito líquido. El electrodo de trabajo está en la cara interna de una membrana de teflón que es poroso para el gas, pero impermeable para el electrolito.

El gas se difunde dentro del sensor y a través de la membrana del electrodo de trabajo. Cuando el gas alcanza el electrodo de trabajo, una reacción electroquímica ocurre; o una oxidación o reducción dependiendo del tipo de gas. Por ejemplo, el monóxido del carbono puede ser oxidado a dióxido de carbono, o el oxígeno puede ser reducido a agua. Una reacción de oxidación resulta en un flujo de electrones del electrodo contador a través del circuito externo; e inversamente una reacción de reducción resulta en flujo de electrones del electrodo contador al electrodo de trabajo. Este flujo de electrones constituye una corriente eléctrica, la cual es proporcional a la concentración del gas. La electrónica en el instrumento detecta y amplifica la corriente y despliega la salida en una escala de acuerdo a la calibración. El instrumento

entonces despliega la concentración del gas, por ejemplo en partes por millón (PPM) para sensores de gas tóxicos y porcentaje en volumen para sensores de oxígeno.

#### 1.4.3.2.1. Especificaciones del sensor de SO<sub>2</sub>.

El sensor (SO<sub>2</sub>) usado en este dispositivo se especifica en la tabla 1.4.3.1.1.1, y funciona dentro de los rangos de medición, las resoluciones, las precisiones, y los límites de temperatura y humedad indicados. Las precisiones establecidas a continuación exceden los límites totales de operación del sensor y están definidas por encima del rango de calibración.

**Tabla 1.4.3.2.1.1.**  
Especificación del sensor de SO<sub>2</sub> para el GasBadge Pro

Tipo de sensor	Rango	Resolución	% de precisión <sup>1</sup>		Límites de temperatura del sensor °C (°F)	Límites de % de HR <sup>4</sup>
			Desbordamiento del rango de calibración <sup>2</sup>	Desbordamiento del rango de operación <sup>3</sup>		
SO <sub>2</sub>	0 – 500 ppm	0,1 ppm	± 5,0	± 15	-40 a +50 (-40 a 122)	15 – 90 %

1 – En cualquier lectura del sensor, la precisión debe tomarse como el valor más alto del % del valor especificado más abajo o 1.

2 – Dentro del rango del entorno de calibración

3 – Desbordamiento de los límites de la temperatura de operación y del % de HR

4 – Sin condensación

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1. Objetivo general.**

Evaluar cuantitativamente la exposición del personal laboralmente expuesto en el área de generación de energía del CPF, utilizando equipos de alta tecnología, aplicando los métodos más apropiados utilizados internacionalmente en el área de Higiene Industrial, y definir los controles para minimizar o mitigar el riesgo sobre los trabajadores laboralmente expuestos ya sea actuando sobre el foco emisor, el medio de difusión del contaminante o sobre los trabajadores expuestos

### **2.2.Objetivos específicos.**

Realizar la encuesta higiénica para definir los diferentes factores que intervienen en el problema higiénico, para lo cual se realizará los siguientes 6 pasos :

1. Conocer el proceso donde se genera el agente.
2. Recopilar datos sobre los combustibles empleados en el proceso, identificar al contaminante, etc.,
3. Valorar el tiempo y periodicidad de la exposición del personal al contaminante.
4. Determinar las concentraciones del contaminante al que el personal se encuentra laboralmente expuesto, mediante la utilización de equipos de detección electrónica.
5. Evaluar el nivel de riesgo de la exposición al contaminante, mediante el cálculo del índice de exposición.
6. Proponer el control del riesgo si los resultados de la evaluación del riesgo así lo determinan.
7. Determinar la frecuencia para la vigilancia a este agente.

### **2.3.Objetivos secundarios.**

Este proyecto pretende servir de referencia para futuros estudios que se realicen con otros contaminantes que se encuentran presentes en la industria hidrocarburífera.

### 3.METODOLOGIA.

#### 3.1.Higene de Campo.

- I. Realizar una encuesta Higiénica, para lo cual se inicia con : Conocimiento del Proceso, Procedimientos de trabajo, sistemas de control del riesgo (ventilación), Carga y ritmo de trabajo, Tecnología del proceso, tecnología del proceso, identificación del agente químico, cómo se realiza la tarea, quién o quienes la realizan , a quienes afecta, el tiempo de exposición, definir la estrategia de muestreo y poder evaluar la exposición de los trabajadores determinando la cantidad o concentración del agente nocivo.

**Tabla 3.1.1. Encuesta Higiénica**

<b>Trabajador</b>	<b>Tarea</b>	<b>Horario</b>	<b>Exposición</b>
Operador Generación	Cambio de turno	6h30-7h30	No existe
	Recorrido planta	7h30-8h30	Al SO <sub>2</sub>
	Reportes, video terminal	8h30-10h30	No existe
	Recorrido planta	10h30-11h30	Al SO <sub>2</sub>
	Almuerzo	13h30-14h00	No existe
	Reportes, video terminal	14h00-18h30	No existe
Ayudante de Generación	Cambio de turno	6h30-7h00	No existe
	Toma de datos, recorrido	7h00-9h30	Al SO <sub>2</sub>
	Reportes	9h30-10h30	No existe
	Recorrido planta	10h30-13h00	Al SO <sub>2</sub>
	Almuerzo	13h00-13h30	No existe
	Toma de datos, recorrido	13h30-17h30	Al SO <sub>2</sub>
	Reportes	17h30-18h30	No existe
Técnico de Mantenimiento	Cambio de turno	6h30-7h00	No existe
	Mantenimiento	7h00-10h30	Al SO <sub>2</sub>
	Reportes	10h30-12h00	No existe
	Almuerzo	12h00-13h00	No existe
	Mantenimiento	13h00-16h30	Al SO <sub>2</sub>
	Reportes	16h30-18h30	No existe

II. Realizar la toma de muestras, para lo cual se utilizará instrumentos de lectura directa , en nuestro caso es el Gas badge Pro, que realiza lecturas directas en tiempo real y tiene la capacidad de almacenamiento de la información. El equipo se lo colocará en la zona respirable del trabajador, semiesfera de 0.3 m de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte mas alta de la cabeza y la laringe.

III. Dar el tratamiento estadístico a los datos con la finalidad de establecer :

- Si los datos pertenecen a un grupo homogéneo de exposición.
- Si los datos se ajustan de acuerdo con una distribución logarítmico-normal
- Determinar los parámetros que caracterizan la distribución de los datos: Media geométrica y desviación estándar geométrica
- Determinar la probabilidad que se exceda un valor límite.

IV. Obtener el índice de exposición (I), para lo cual se realizará lo siguiente :

- Obtener una concentración media de la jornada de trabajo
- Dividir la concentración media por el valor límite de exposición.
- Decidir según el resultado de la siguiente forma:
  - $I \leq 0.1$ , el riesgo es aceptable. Puede considerarse que es improbable que se supere el valor límite.
  - $I > 1$ , el riesgo es inaceptable y debe procederse a corregir la exposición.

pp. 254 , Manual para la prevención de Riesgos Laborables, Genaro Gómez. UNE 689, Guía para la evaluación de la exposición a agentes químicos, por comparación con el valor límite.

VI. Establecer una programación de muestreos periódicos, estableciendo la fecha del siguiente muestreo en función del resultado de la última medición realizada, según el criterio de la UNE-EN-689:

- Si  $C \leq 0,25 VL$  el siguiente muestreo se realizará al cabo de 64 semanas;
- Si  $0,25 VL > C < 0,50 VL$  el siguiente muestreo se realizará al cabo de 32 semanas;
- Si  $0,50 VL < C < VL$  el siguiente muestreo se realizará al cabo de 16 semanas,

VII. Siendo C la concentración media obtenida en el último muestreo (periódico) y VL es el Valor Límite considerado del agente químico.

- $C_{media} = C_1 * t_1/8 + C_2 * t_2/8 + C_n * t_n/8$

### **3.2.Higene Operativa.**

- I. Si los resultados lo requieren, establecer y planificar la acción preventiva, mediante la aplicación de métodos de control eficaces, que permitan eliminar o reducir el riesgo higiénico identificado ya sea en el foco emisor del contaminante, medio de difusión del contaminante o en los trabajadores expuestos.

### **3.3.Población y muestra.**

- I. Población objeto de estudio : el universo de estudio son tres trabajadores : un operador de generación, un ayudante de generación y un técnico de mantenimiento, las cuales laboralmente se encuentran expuestas al contaminante en su ambiente de trabajo.
- II. Tipo de muestreo elegido : equipo de lectura directa en tiempo real durante las 12 horas de trabajo, con almacenamiento de información cada 15 minutos.
- III. Error muestral que se asume : 5 por ciento
- IV. Tamaño de la muestra : 50 datos por cada medición, tres mediciones por cada puesto de trabajo.

### **3.4.Tipo de estudio y de diseño:**

- I. Este estudio es de campo con el reconocimiento del contaminante y de las condiciones de trabajo, evaluando los riesgos higiénicos y estableciendo las medidas necesarias para su control.

### **3.5.Material.**

- Monitor personal de gas (SO<sub>2</sub>), modelo Pro Gas Badge
- Gas de calibración para SO<sub>2</sub>.
- Software especializado para analizar la información almacenada en el detector personal.
- Computador personal.
- Herramientas estadísticas.
- Bibliografía específica sobre Higiene Industrial.
- Normativa técnica ecuatoriana e internacional (ACGIH).
- Legislación de seguridad e higiene industrial ecuatoriana e internacional.

### **3.6.Fases de estudio**

Las fases del presente estudio estarán comprendidas por :

- La identificación del agente a través del conocimiento del proceso, y la recopilación de datos.
- La medición del agente .
- La evaluación del riesgo a través de los análisis efectuados y los criterios de valoración.
- Tratamiento estadísticos de los datos obtenidos.
- Recomendaciones para el establecimiento de las medidas de control
- Determinar el periodo de vigilancia al agente.

## 4. RESULTADOS.

### 4.1. Medición y Evaluación de la exposición laboral .

#### 4.1.1. Medición y Evaluación de la exposición del puesto de Operador de Generación.

Tabla 4.1.1.1

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)
6:30	16	0	0	0	0	12:30	17	0	0	0	0
6:45	17	0	0	0	0	12:45	17	0	0	0	0
7:00	15	0	0	0	0	13:00	18	0	0	0	0
7:15	14	0	0	0	0	13:15	20	0	0	0	0
7:30	15	0	0	0	0	13:30	19	0	0	0	0
7:45	14	0	0	0	0	13:45	20	0	0	0	0
8:00	14	0	0	0	0	14:00	19	0	0	0	0
8:15	15	0	0	0	0	14:15	17	0	0	0	0
8:30	14	0	0	0	0	14:30	17	0.3	0	0.01	0.009375
8:45	14	0	0	0	0	14:45	18	0	0	0.01	0
9:00	14	0	0	0	0	15:00	18	0	0	0	0
9:15	14	0	0	0	0	15:15	17	0	0	0	0
9:30	14	0	0	0	0	15:30	17	0	0	0	0
9:45	16	0	0	0	0	15:45	17	0	0	0	0
10:00	17	0	0	0	0	16:00	17	0	0	0	0
10:15	17	0	0	0	0	16:15	17	0	0	0	0
10:30	16	0	0	0	0	16:30	17	0	0	0	0
10:45	17	0	0	0	0	16:45	17	0	0	0	0
11:00	17	0	0	0	0	17:00	17	0	0	0	0
11:15	16	0	0	0	0	17:15	17	0	0	0	0
11:30	17	0.2	0	0.01	0.00625	17:30	18	0	0	0	0
11:45	16	0	0	0	0	17:45	17	0	0	0	0
12:00	17	0.2	0	0.01	0.00625	18:00	18	0	0	0	0
12:15	17	0	0	0	0	18:15	16	0	0	0	0
12:30	17	0	0	0	0	18:30	17	0	0	0	0

**CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :**  $I = 0.022 / 2 = 0.011$

**CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION : (C ≤ 0.25\* VL) , 0.25 \* 2 = 0.5**  
 $0.022 \leq 0.5$

Gráfico 4.1.1.1

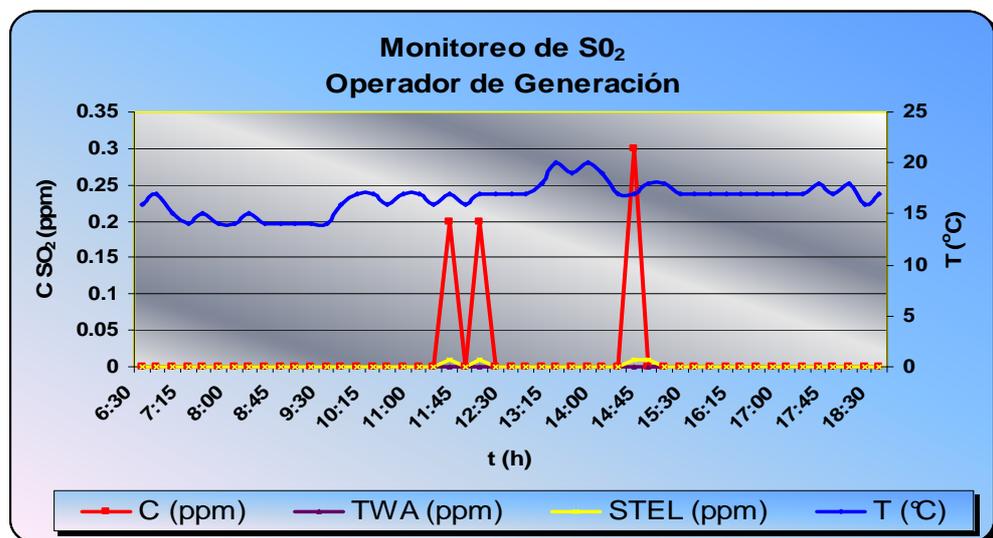


Tabla 4.1.1.2

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	Ĉ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	Ĉ media (ppm)
6:30	16	0	0	0	0	12:45	17	0	0	0	0
6:45	17	0	0	0	0	13:00	18	0	0	0	0
7:00	15	0	0	0	0	13:15	20	0	0	0	0
7:15	14	0	0	0	0	13:30	19	0	0	0	0
7:30	15	0	0	0	0	13:45	20	0	0	0	0
7:45	15	0	0	0	0	14:00	18	0.5	0	0.02	0.015625
8:00	14	0	0	0	0	14:15	17	0.1	0	0.06	0.003125
8:15	15	0	0	0	0	14:30	17	0.3	0	0.01	0.009375
8:30	14	0	0	0	0	14:45	18	0	0	0.01	0
8:45	14	0	0	0	0	15:00	18	0	0	0	0
9:00	14	0	0	0	0	15:15	17	0	0	0	0
9:15	14	0	0	0	0	15:30	17	0	0	0	0
9:30	14	0	0	0	0	15:45	17	0	0	0	0
9:45	16	0	0	0	0	16:00	17	0	0	0	0
10:00	17	0	0	0	0	16:15	17	0	0	0	0
10:15	17	0	0	0	0	16:30	17	0	0	0	0
10:30	16	0	0	0	0	16:45	17	0	0	0	0
10:45	16	0	0	0	0	17:00	17	0	0	0	0
11:00	17	0	0	0	0	17:15	17	0	0	0	0
11:15	16	0	0	0	0	17:30	18	0	0	0	0
11:30	17	0.2	0	0.01	0.00625	17:45	17	0	0	0	0
11:45	17	0	0	0.01	0	18:00	18	0	0	0	0
12:00	16	0	0	0	0	18:15	17	0	0	0	0
12:15	18	0.2	0	0.01	0.00625	18:30	17	0	0	0	0
12:30	17	0	0	0	0						

**CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :**  $I = 0.041 / 2 = 0.020$

**CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION : (C ≤ 0.25\* VL) , 0.25 \* 2 = 0.5**  
 $0.041 \leq 0.5$

Gráfico 4.1.1.2.

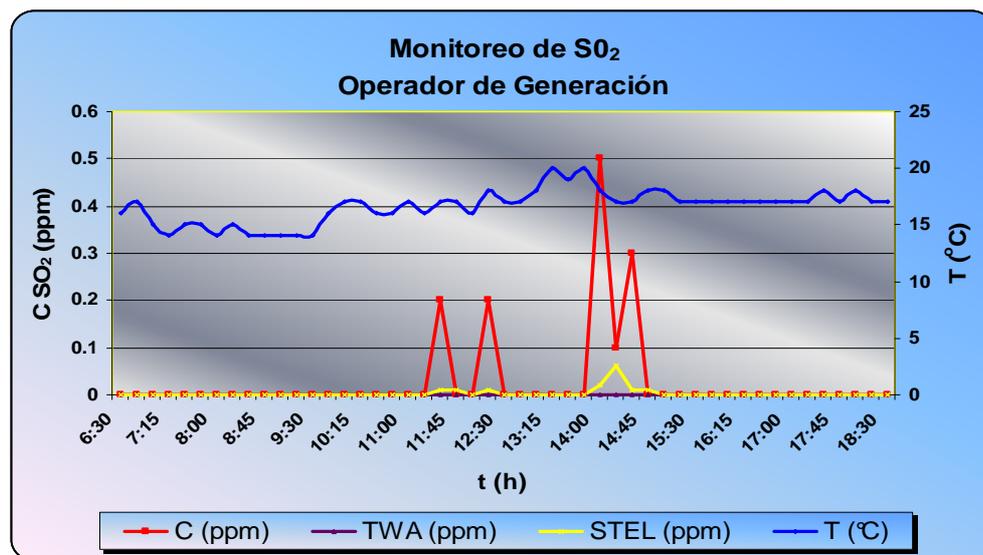


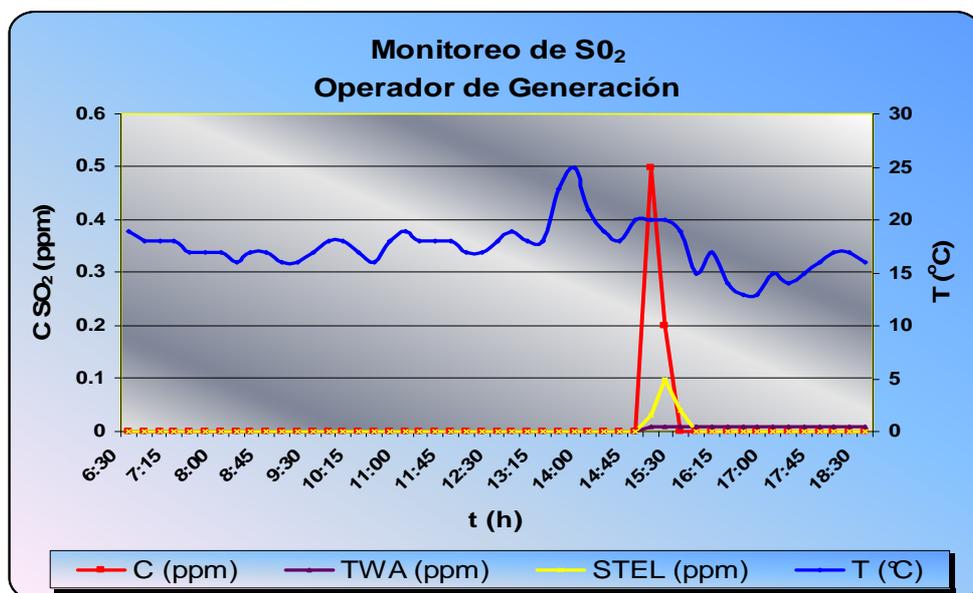
Tabla 4.1.1.3

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	Ĉ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA (ppm)	STEL (ppm)	Ĉ media (ppm)
6:30	19	0	0	0	0	12:45	19	0	0	0	0
6:45	18	0	0	0	0	13:00	18	0	0	0	0
7:00	18	0	0	0	0	13:15	18	0	0	0	0
7:15	18	0	0	0	0	13:30	23	0	0	0	0
7:30	17	0	0	0	0	13:45	25	0	0	0	0
7:45	17	0	0	0	0	14:00	21	0	0	0	0
8:00	17	0	0	0	0	14:15	19	0	0	0	0
8:15	16	0	0	0	0	14:30	18	0	0	0	0
8:30	17	0	0	0	0	14:45	20	0	0	0	0
8:45	17	0	0	0	0	15:00	20	0.5	0.01	0.03	0.015625
9:00	16	0	0	0	0	15:15	20	0.2	0.01	0.1	0.00625
9:15	16	0	0	0	0	15:30	19	0	0.01	0.04	0
9:30	17	0	0	0	0	15:45	15	0	0.01	0	0
9:45	18	0	0	0	0	16:00	17	0	0.01	0	0
10:00	18	0	0	0	0	16:15	14	0	0.01	0	0
10:15	17	0	0	0	0	16:30	13	0	0.01	0	0
10:30	16	0	0	0	0	16:45	13	0	0.01	0	0
10:45	18	0	0	0	0	17:00	15	0	0.01	0	0
11:00	19	0	0	0	0	17:15	14	0	0.01	0	0
11:15	18	0	0	0	0	17:30	15	0	0.01	0	0
11:30	18	0	0	0	0	17:45	16	0	0.01	0	0
11:45	18	0	0	0	0	18:00	17	0	0.01	0	0
12:00	17	0	0	0	0	18:15	17	0	0.01	0	0
12:15	17	0	0	0	0	18:30	16	0	0.01	0	0
12:30	18	0	0	0	0						

**CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :**  $I = 0.0218 / 2 = 0.011$

**CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION :**  $(C \leq 0.25 * VL)$ ,  $0.25 * 1.4 = 0.5$ ,  
 $0.0218 \leq 0.5$

Gráfico 4.1.1.3.



#### 4.1.2. Medición y Evaluación del puesto de Ayudante de Generación.

Tabla 4.1.2.1

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)
6:30	16	0	0	0	0	12:45	20	0	0.03	0	0
6:45	17	0	0	0	0	13:00	22	0	0.03	0	0
7:00	17	0	0	0	0	13:15	20	0	0.03	0	0
7:15	17	0	0	0	0	13:30	20	0	0.03	0	0
7:30	17	0	0	0	0	13:45	22	0.2	0.03	0.01	0.00625
7:45	16	0	0	0	0	14:00	23	0.2	0.03	0.01	0.00625
8:00	17	0	0	0	0	14:15	21	0	0.03	0	0
8:15	17	0	0	0	0	14:30	21	0	0.03	0	0
8:30	16	0	0	0	0	14:45	19	0	0.03	0	0
8:45	17	0	0	0	0	15:00	19	0	0.03	0	0
9:00	17	0	0	0	0	15:15	20	0	0.03	0	0
9:15	17	0	0	0	0	15:30	19	0	0.03	0	0
9:30	18	0	0	0	0	15:45	20	0	0.03	0	0
9:45	19	0	0	0	0	16:00	19	0	0.03	0	0
10:00	21	0	0	0	0	16:15	19	0	0.03	0	0
10:15	23	0	0	0	0	16:30	18	0	0.03	0	0
10:30	21	0.3	0	0.02	0.009375	16:45	19	0	0.03	0	0
10:45	20	0.6	0.02	0.17	0.01875	17:00	20	0	0.03	0	0
11:00	23	0.5	0.01	0.25	0.015625	17:15	20	0	0.03	0	0
11:15	20	0.7	0.02	0.42	0.021875	17:30	20	0	0.03	0	0
11:30	19	0.3	0.02	0.25	0.009375	17:45	19	0	0.03	0	0
11:45	21	0.3	0.02	0.12	0.009375	18:00	19	0	0.03	0	0
12:00	22	0.1	0.03	0.4	0.003125	18:15	19	0	0.03	0	0
12:15	22	0	0.03	0.01	0	18:30	17	0	0.03	0	0
12:30	20	0	0.03	0	0						

CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :  $I = 0.1 / 2 = 0.05$

CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION : (  $C \leq 0.25 * VL$  ),  $0.25 * 2 = 0.5$ ,  
 $0.1 \leq 0.5$

Gráfico 4.1.2.1.

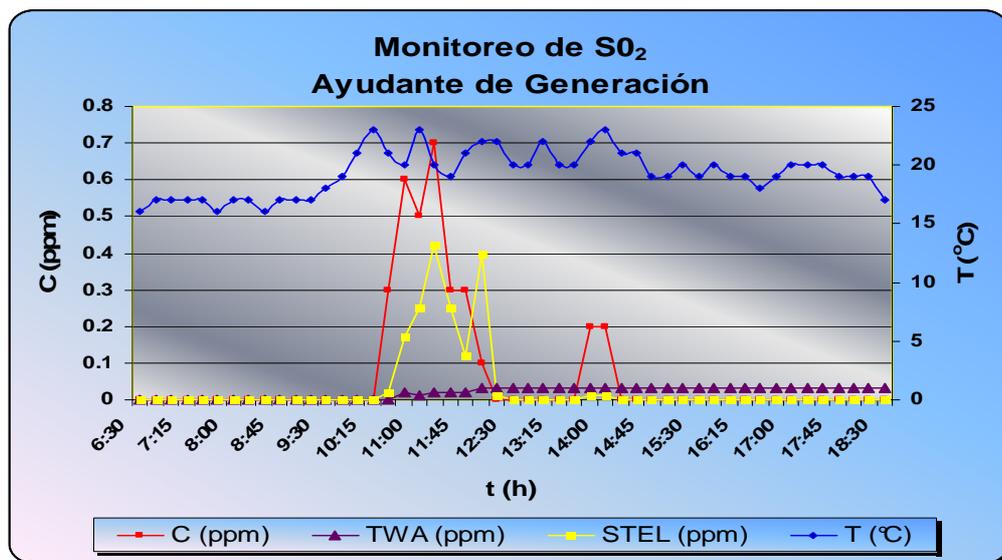


Tabla 4.1.2.2

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)
6:30	16	0	0	0	0	12:45	21	0	0.01	0	0
6:45	17	0	0	0	0	13:00	21	0	0.01	0	0
7:00	17	0	0	0	0	13:15	21	0	0.01	0	0
7:15	17	0	0	0	0	13:30	21	0	0.01	0	0
7:30	16	0	0	0	0	13:45	19	0	0	0	0
7:45	16	0	0	0	0	14:00	19	0.1	0.01	0.03	0.003125
8:00	16	0	0	0	0	14:15	20	0.5	0.04	0.43	0.015625
8:15	16	0	0	0	0	14:30	21	0.4	0.03	0.37	0.0125
8:30	16	0	0	0	0	14:45	20	0.7	0.05	0.58	0.021875
8:45	16	0	0	0	0	15:00	19	0	0.02	0.01	0
9:00	18	0	0	0	0	15:15	19	0.4	0.02	0.13	0.0125
9:15	18	0	0	0	0	15:30	19	0.3	0.02	0.23	0.009375
9:30	18	0	0	0	0	15:45	20	0.5	0.02	0.17	0.015625
9:45	20	0.1	0.01	0.03	0.003125	16:00	22	0.6	0.02	0.35	0.01875
10:00	21	0	0.01	0	0	16:15	20	0	0.01	0.18	0
10:15	21	0	0.01	0	0	16:30	20	0.2	0.01	0.07	0.00625
10:30	21	0	0.01	0	0	16:45	19	0	0	0	0
10:45	22	0.1	0.01	0.07	0.003125	17:00	20	0	0	0	0
11:00	20	0.4	0.02	0.13	0.0125	17:15	19	0	0	0	0
11:15	21	0	0.02	0.025	0	17:30	19	0	0	0	0
11:30	20	0	0.02	0	0	17:45	18	0	0	0	0
11:45	22	0.1	0.01	0.03	0.003125	18:00	17	0	0	0	0
12:00	23	0.2	0.01	0.1	0.00625	18:15	17	0	0	0	0
12:15	23	0.1	0.01	0.13	0.003125	18:30	16	0	0	0	0
12:30	21	0	0.01	0	0						

**CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :**  $I = 0.147 / 2 = 0.073$

**CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION :**  $(C \leq 0.25 * VL)$ ,  $0.25 * 2 = 0.5$ ,  
 $0.147 \leq 0.5$

Gráfico 4.1.2.2.

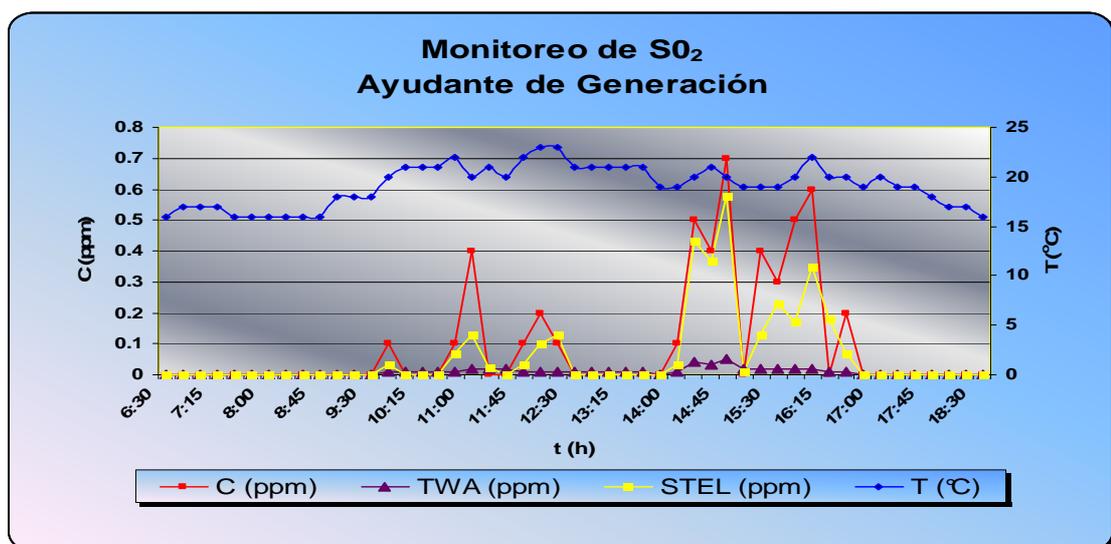


Tabla 4.1.2.3

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	Ĉ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	Ĉ media (ppm)
6:30	15	0	0	0	0	12:45	17	0.1	0.1	0.1	0.003125
6:45	16	0	0	0	0	13:00	17	0.2	0.1	0.07	0.00625
7:00	16	0	0	0	0	13:15	18	0.7	0.11	0.3	0.021875
7:15	16	0	0	0	0	13:30	18	0.2	0.11	0.07	0.00625
7:30	16	0	0	0	0	13:45	17	0	0.12	0.4	0
7:45	16	0	0	0	0	14:00	16	0.5	0.12	0.17	0.015625
8:00	16	0	0	0	0	14:15	17	0	0.12	0	0
8:15	16	0	0	0	0	14:30	16	0.6	0.13	0.37	0.01875
8:30	15	0.2	0	0.07	0.00625	14:45	17	0.2	0.13	0.4	0.00625
8:45	16	0.4	0.01	0.33	0.0125	15:00	17	0.2	0.13	0.07	0.00625
9:00	16	0.1	0.01	0.03	0.003125	15:15	16	0.1	0.13	0.03	0.003125
9:15	16	0	0.01	0.03	0	15:30	16	0.2	0.14	0.2	0.00625
9:30	16	0.3	0.02	0.23	0.009375	15:45	16	0	0.14	0.07	0
9:45	16	0.5	0.02	0.3	0.015625	16:00	16	0.1	0.14	0.03	0.003125
10:00	16	0.6	0.03	0.53	0.01875	16:15	16	0	0.14	0.03	0
10:15	17	0.2	0.03	0.1	0.00625	16:30	15	0	0.14	0	0
10:30	17	0.5	0.04	0.3	0.015625	16:45	15	0.2	0.14	0.1	0.00625
10:45	17	0.6	0.05	0.4	0.01875	17:00	15	0.4	0.15	0.27	0.0125
11:00	18	1.2	0.06	0.73	0.0375	17:15	15	0.4	0.15	0.17	0.0125
11:15	18	0.3	0.07	0.2	0.009375	17:30	14	0.2	0.16	0.23	0.00625
11:30	17	0.1	0.07	0.17	0.003125	17:45	14	0.6	0.16	0.3	0.01875
11:45	17	0.6	0.07	0.2	0.01875	18:00	14	0.2	0.17	0.13	0.00625
12:00	17	0.4	0.09	0.77	0.0125	18:15	14	0.1	0.17	0.13	0.003125
12:15	17	0.3	0.1	0.4	0.009375	18:30	14	0.3	0.17	0.17	0.009375
12:30	17	0.2	0.1	0.13	0.00625						

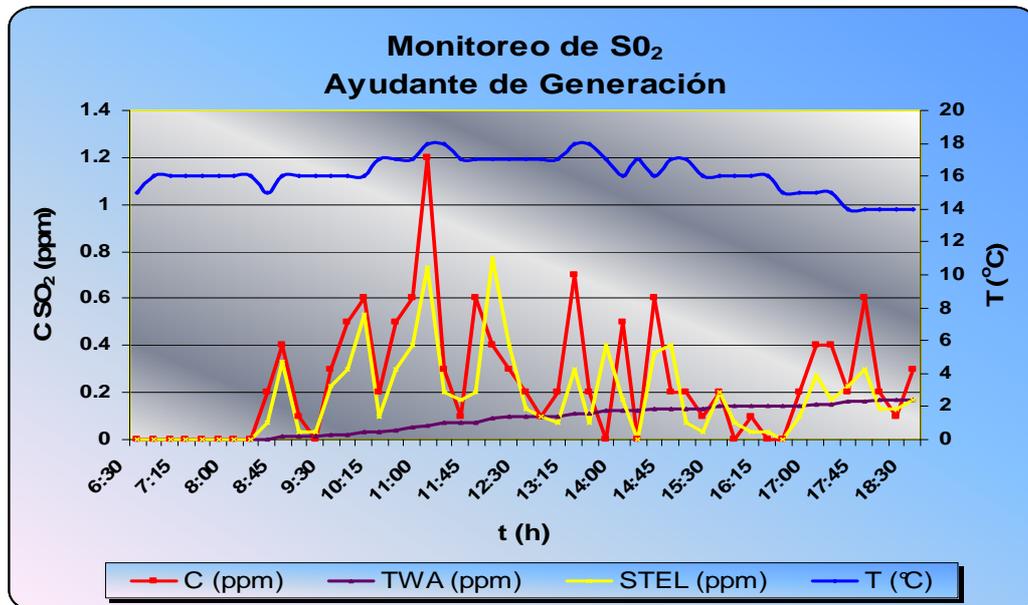
CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :

$$I = 0.375 / 2 = 0.188$$

CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION :  $(C \leq 0.25 \cdot VL)$  ,  $0.25 \cdot 2 = 0.5$ ,

$$0.375 \leq 0.5$$

Gráfico 4.1.2.3.



### 4.1.3. Medición y Evaluación del puesto de Técnico de Mantenimiento.

Tabla 4.1.3.1

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)	
6:30	12	0	0	0	0	11:45	20	0.4	0.08	0.47	0.0125	
6:45	12	0	0	0	0	12:00	20	0.3	0.09	0.34	0.009375	
7:00	11	0	0	0	0	12:15	19	0.2	0.1	0.27	0.00625	
7:15	16	0	0	0	0	12:30	19	0.1	0.11	0.14	0.003125	
7:30	18	0	0	0	0	13:00	21	0.2	0.12	0.27	0.00625	
7:45	17	0	0	0	0	13:14	21	0.1	0.13	0.12	0.003125	
8:00	16	0	0	0	0	15:00	16	0	0.13	0	0	
8:15	16	0	0	0	0	15:15	17	0	0.13	0	0	
8:30	17	0	0	0	0	15:30	17	0	0.13	0	0	
8:45	19	0	0	0	0	15:45	16	0	0.13	0	0	
9:00	19	0	0	0	0	16:00	16	0	0.13	0	0	
9:15	19	0	0	0	0	16:15	16	0.6	0.13	0.11	0.01875	
9:30	19	0	0	0	0	16:30	18	0.5	0.15	0.5	0.015625	
9:45	20	0	0	0	0	16:47	21	0.9	0.17	0.81	0.028125	
10:00	18	0	0	0	0	16:48	22	1	0.17	0.85	0.03125	
10:15	18	0	0	0	0	16:49	21	1	0.18	0.87	0.03125	
10:30	18	0.6	0	0.06	0.01875	17:00	20	0.5	0.19	0.78	0.015625	
10:40	18	0.5	0.01	0.35	0.015625	17:15	18	0.3	0.21	0.43	0.009375	
11:00	19	0.5	0.03	0.5	0.015625	17:45	18	0.2	0.22	0.28	0.00625	
11:15	20	0.7	0.05	0.57	0.021875	18:04	18	0.1	0.23	0.06	0.003125	
11:30	19	0.5	0.07	0.55	0.015625	18:30	17	0	0.23	0	0	
<b>CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :</b>							$I = 0.288 / 2 = 0.144$					
<b>CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION :</b>							$(C \leq 0.25 * VL) , 0.25 * 2 = 0.5,$ $0.288 \leq 0.5$					

Gráfico 4.1.3.1

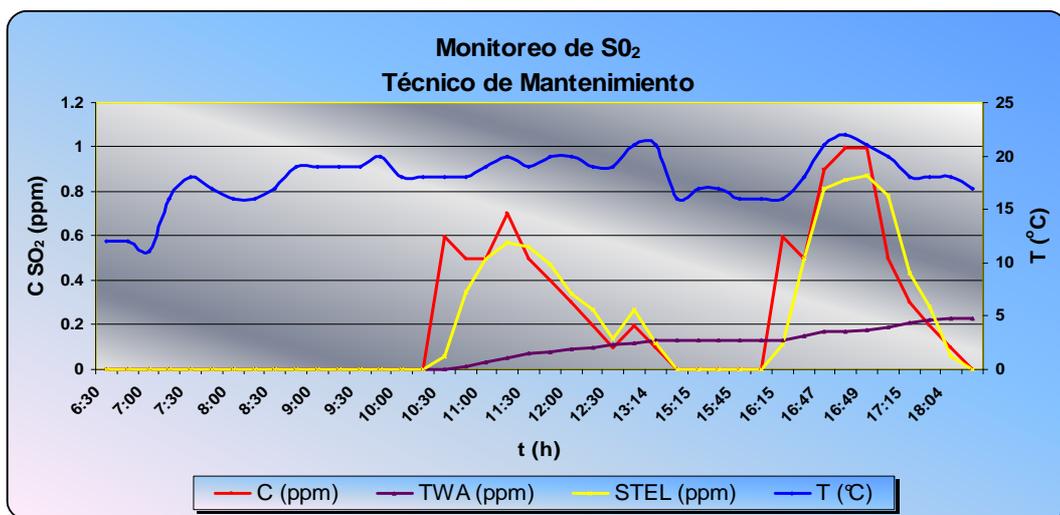


Tabla 4.1.3.2

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	C̄ media (ppm)
9:10	22	0	0	0	0	13:09	19	0.2	0.03	0.01	0.00625
9:15	20	0	0	0	0	13:15	20	0	0.03	0.04	0
9:30	14	0	0	0	0	13:30	18	0	0.03	0	0
9:45	14	0	0	0	0	13:45	18	0	0.03	0	0
9:52	15	0.1	0	0	0.003125	14:00	17	0	0.03	0	0
9:54	15	0.7	0	0.05	0.021875	14:15	17	0	0.03	0	0
9:56	14	0.8	0	0.19	0.025	14:30	17	0	0.03	0	0
9:57	14	0.7	0.01	0.23	0.021875	14:45	15	0	0.03	0	0
10:00	14	0.6	0.01	0.37	0.01875	15:00	13	0	0.03	0	0
10:09	14	0.5	0.02	0.63	0.015625	15:15	12	0	0.03	0	0
10:14	14	0.4	0.02	0.49	0.0125	15:30	11	0	0.03	0	0
10:15	14	0.3	0.02	0.48	0.009375	15:45	12	0	0.03	0	0
10:30	15	0.3	0.02	0.3	0.009375	16:00	11	0	0.03	0	0
10:45	15	0.3	0.03	0.29	0.009375	16:15	13	0	0.03	0	0
11:00	14	0	0.03	0.06	0	16:30	15	0	0.03	0	0
11:15	12	0	0.03	0	0	16:45	15	0	0.03	0	0
11:30	13	0	0.03	0	0	17:00	16	0	0.03	0	0
11:45	13	0	0.03	0	0	17:15	15	0	0.03	0	0
12:00	15	0	0.03	0	0	17:30	16	0	0.03	0	0
12:04	15	0.1	0.03	0	0.003125	17:45	14	0	0.03	0	0
12:15	15	0	0.03	0.06	0	18:00	15	0	0.03	0	0
12:30	15	0	0.03	0	0	18:15	16	0	0.03	0	0
13:00	16	0	0.03	0	0	18:30	16	0	0.03	0	0

**CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :**  $I = 0.156 / 2 = 0.078$

**CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION :**  $(C \leq 0.25 * VL)$ ,  $0.25 * 2 = 0.5$ ,  
 $0.156 \leq 0.5$

Gráfico 4.1.3.2

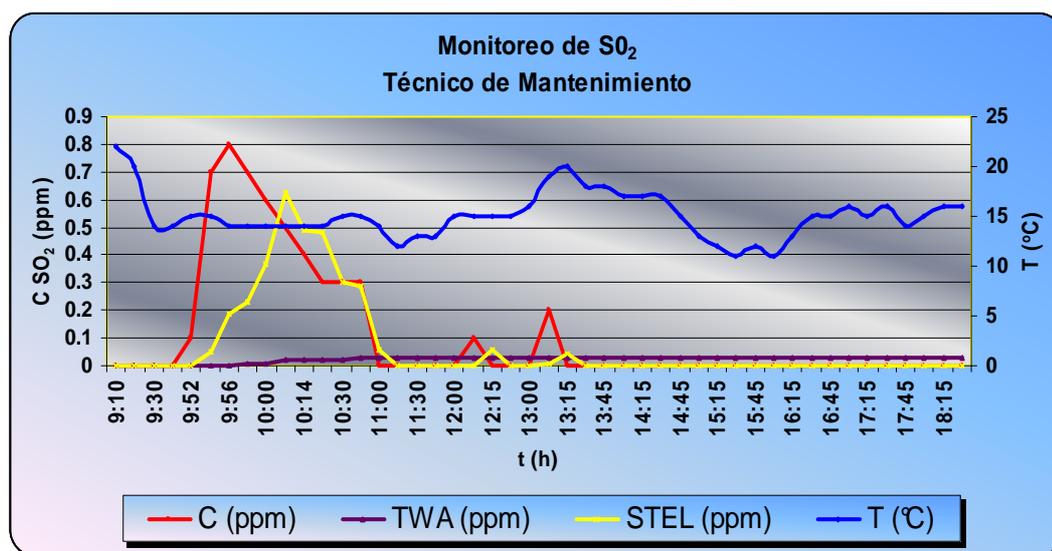


Tabla 4.1.3.3

t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	Ĉ media (ppm)	t (h)	T (°C)	C SO <sub>2</sub> (ppm)	TWA <sub>e</sub> (ppm)	STEL <sub>e</sub> (ppm)	Ĉ media (ppm)
6:00	15	0	0	0	0	13:31	21	0	0	0	0
6:45	15	0	0	0	0	13:46	20	0	0	0	0
7:00	16	0	0	0	0	14:01	20	0	0	0	0
7:15	17	0	0	0	0	14:16	19	0	0	0	0
7:30	17	0	0	0	0	14:31	19	0	0	0	0
7:45	17	0	0	0	0	14:46	19	0	0	0	0
8:00	17	0	0	0	0	15:01	19	0	0	0	0
8:15	17	0	0	0	0	15:16	19	0	0	0	0
8:30	18	0	0	0	0	15:31	19	0	0	0	0
8:45	18	0	0	0	0	15:46	18	0	0	0	0
9:00	18	0	0	0	0	16:01	21	0	0	0	0
9:15	18	0	0	0	0	16:16	19	0	0	0	0
9:30	18	0	0	0	0	16:31	18	0	0	0	0
9:45	18	0	0	0	0	16:46	18	0.5	0	0.17	0.015625
10:00	18	0	0	0	0	16:51	19	0.4	0.01	0.3	0.0125
10:15	18	0	0	0	0	16:56	18	0.4	0.01	0.43	0.0125
10:26	18	0	0	0	0	17:01	19	0.4	0.01	0.4	0.0125
11:01	20	0	0	0	0	17:06	19	0.3	0.01	0.37	0.009375
11:16	17	0	0	0	0	17:11	19	0.3	0.02	0.33	0.009375
11:31	17	0	0	0	0	17:16	18	0.2	0.02	0.27	0.00625
11:46	17	0	0	0	0	17:21	17	0	0.02	0.17	0
12:01	19	0	0	0	0	17:26	16	0	0.02	0.07	0
12:16	18	0	0	0	0	17:31	16	0	0.02	0	0
12:31	19	0	0	0	0	17:46	16	0	0.02	0	0
12:46	19	0	0	0	0	18:01	16	0	0.02	0	0
13:01	21	0	0	0	0	18:16	15	0	0.02	0	0
13:16	22	0	0	0	0	18:31	13	0	0.02	0	0

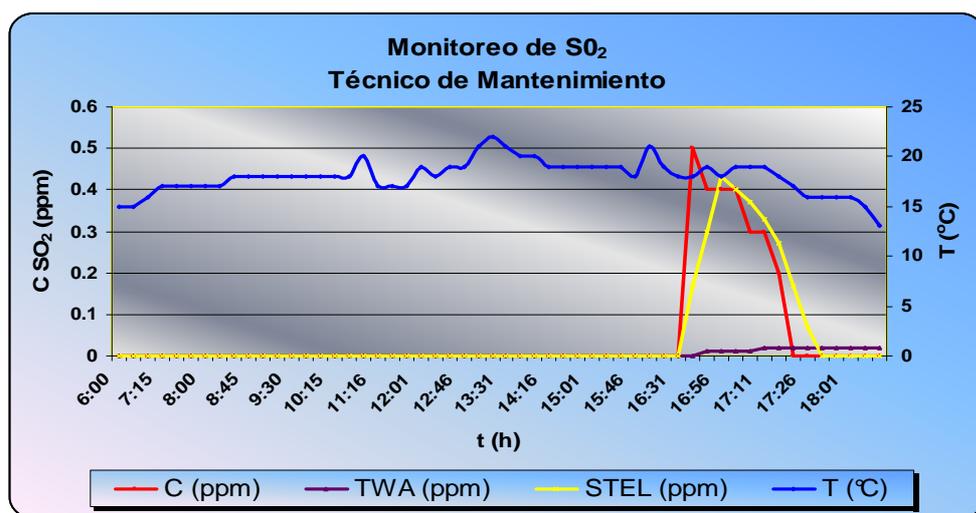
**CALCULO DEL INDICE DE EXPOSICIÓN :**

$$I = 0.078 / 2 = 0.039$$

**CALCULO DE LA PERIODICIDAD DE MEDICION : (C ≤ 0.25 \* VL) , 0.25 \* 2 = 0.5,**

$$0.078 \leq 0.5$$

**Gráfico 4.1.3.3**



## 4.2. Análisis Estadístico de los Resultados.

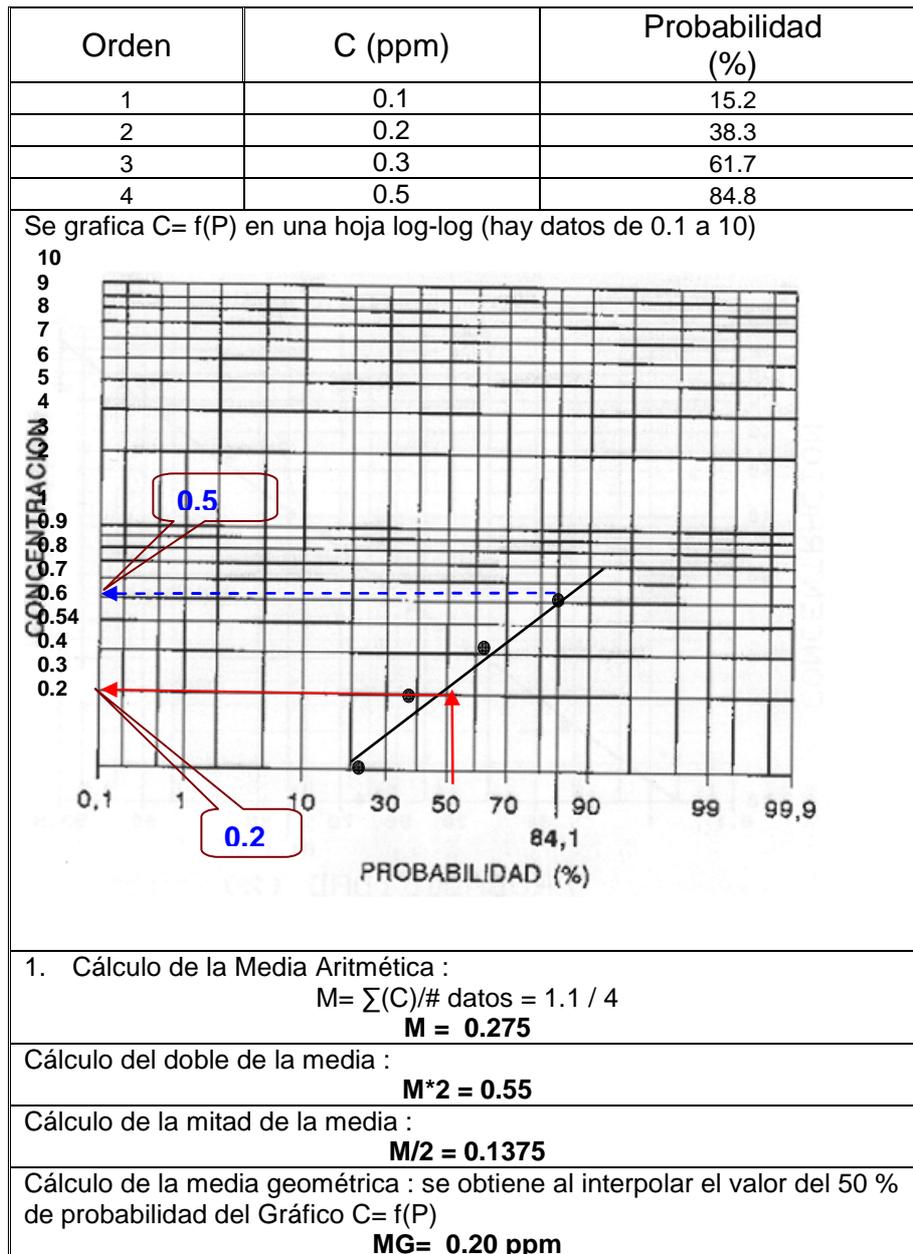
### 4.2.1. Del Operador de Generación.

Aplicando el procedimiento descrito en los Anexos 7.2.1 y 7.2.2 se obtiene :

#### 4.2.2.1. Gráfico de Probabilidad.

De la tabla 4.1.1.2:

Tabla 4.2.2.1.1



Cálculo de la Desviación Estándar Geométrica (DEG):  
 Del gráfico se interpola la concentración al 84.1% de probabilidad  
 Si **P= 84.1 %**, **C = 0.5 ppm**  
 Se reemplazan valores en la fórmula:  
 $DEG = \text{valor del 84.1\%} / \text{valor del 50\%} = 0.5 / 0.20$   
**DEG = 2**

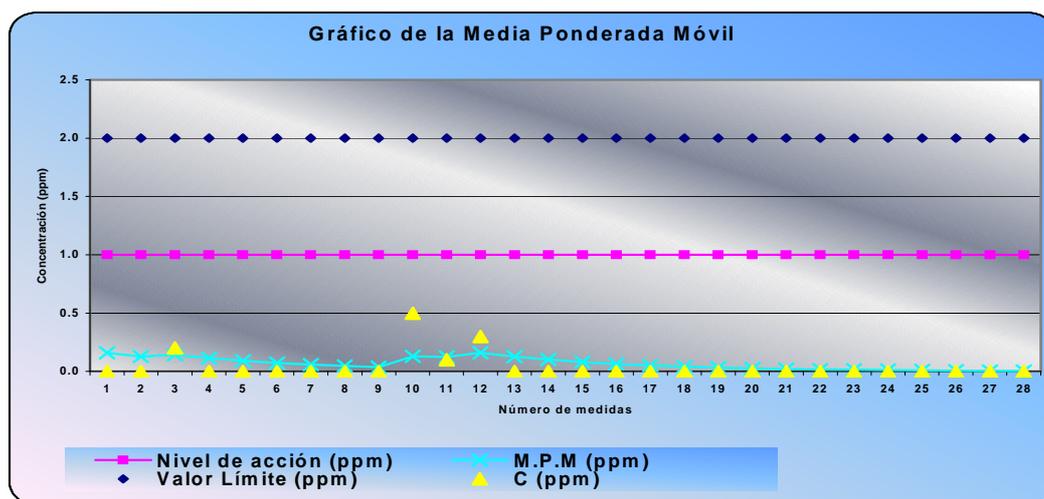
#### 4.2.2.2. Gráfico de la Media Ponderada Móvil.

De la tabla 4.1.1.2 :

Tabla 4.2.2.2.1

# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)	# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)
			11:30	0.2	Med..inicial				11h30	0.2	Med..inicial
1	2.00	1.0	11:45	0	0.160	15	2.00	1.0	15:15	0	0.081
2	2.00	1.0	12:00	0	0.128	16	2.00	1.0	15:30	0	0.065
3	2.00	1.0	12:15	0.2	0.142	17	2.00	1.0	15:45	0	0.052
4	2.00	1.0	12:30	0	0.114	18	2.00	1.0	16:00	0	0.042
5	2.00	1.0	12:45	0	0.091	19	2.00	1.0	16:15	0	0.033
6	2.00	1.0	13:00	0	0.073	20	2.00	1.0	16:30	0	0.027
7	2.00	1.0	13:15	0	0.058	21	2.00	1.0	16:45	0	0.021
8	2.00	1.0	13:30	0	0.047	22	2.00	1.0	17:00	0	0.017
9	2.00	1.0	13:45	0	0.037	23	2.00	1.0	17:15	0	0.014
10	2.00	1.0	14:00	0.5	0.130	24	2.00	1.0	17:30	0	0.011
11	2.00	1.0	14:15	0.1	0.124	25	2.00	1.0	17:45	0	0.009
12	2.00	1.0	14:30	0.3	0.159	26	2.00	1.0	18:00	0	0.007
13	2.00	1.0	14:45	0	0.127	27	2.00	1.0	18:15	0	0.006
14	2.00	1.0	15:00	0	0.102	28	2.00	1.0	18:30	0	0.004

Gráfico 4.2.2.2.1

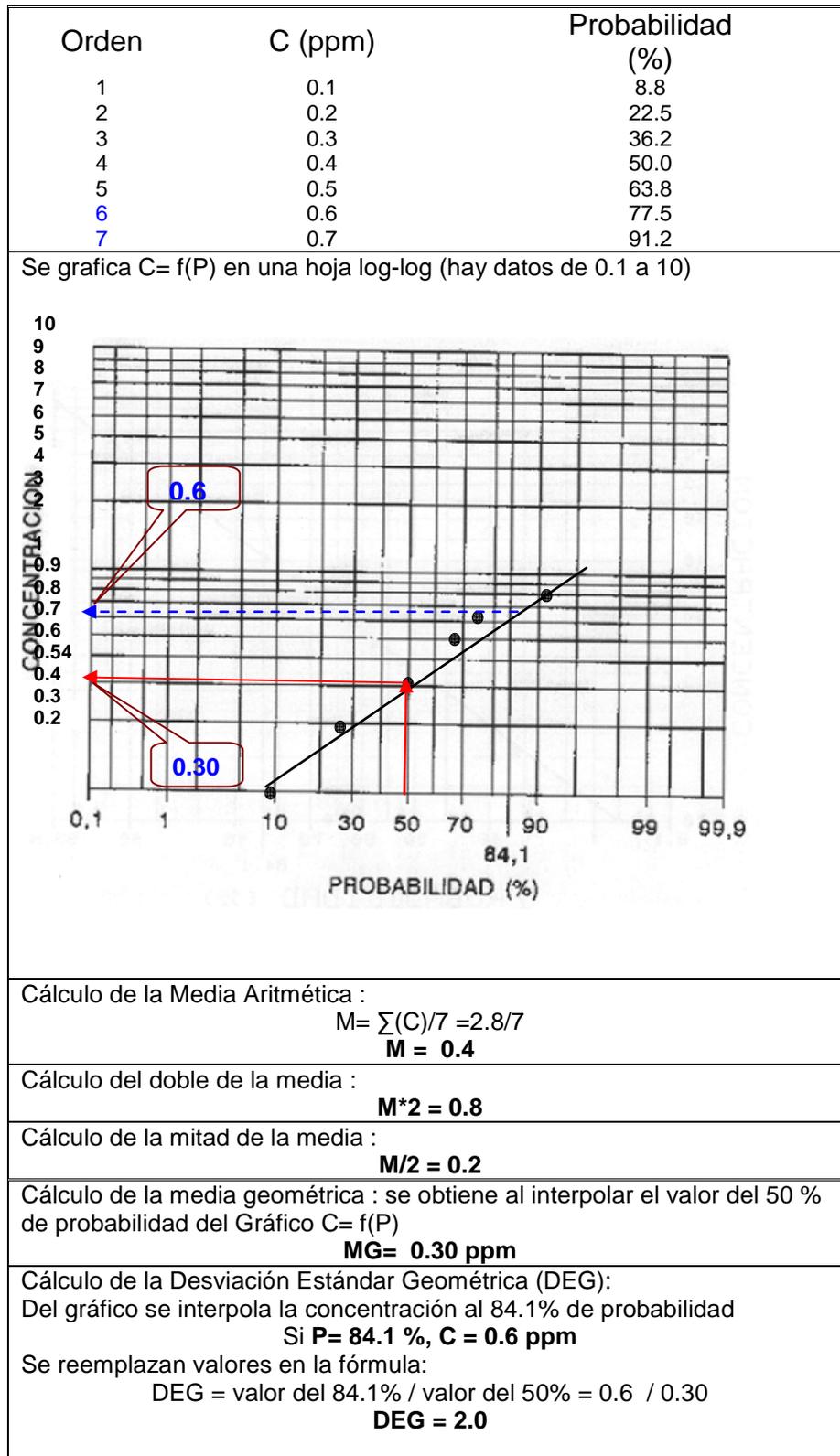


## 4.2.2. Del Ayudante de Generación.

### 4.2.2.3. Gráfico de Probabilidad.

De la tabla 4.1.2.2. :

Tabla 4.2.3.1.1.

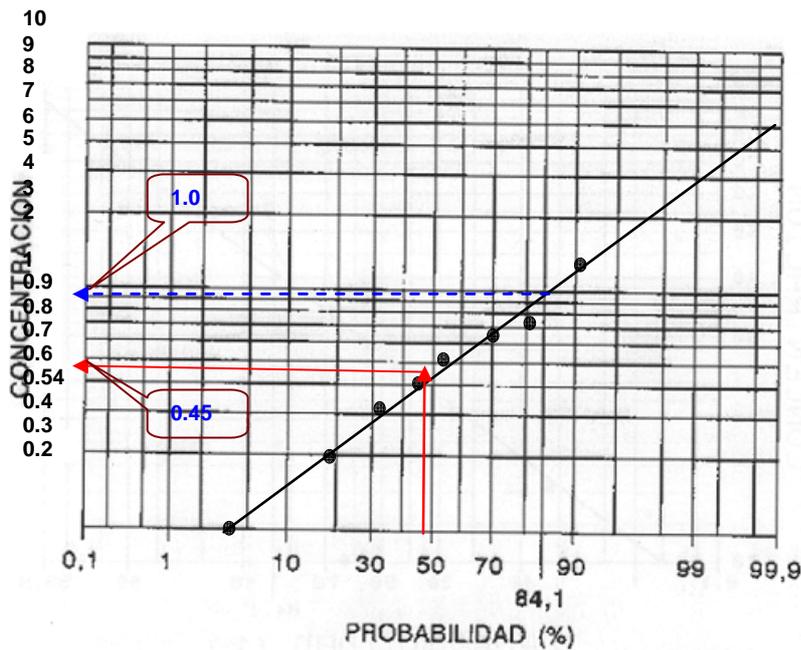


De la tabla 4.1.2.3 :

Tabla 4.2.3.1.2.

Orden	C (ppm)	Probabilidad (%)
1	0.1	7.7
2	0.2	19.7
3	0.3	31.8
4	0.4	43.9
5	0.5	56.1
6	0.6	68.2
7	0.7	80.3
8	1.2	92.3

Se grafica C= f(P) en una hoja log-log (hay datos de 0.1 a 10)



Cálculo de la Media Aritmética :

$$M = \frac{\sum(C)}{8}$$

**M = 0.5**

Cálculo del doble de la media :

**M\*2 = 1**

Cálculo de la mitad de la media :

**M/2 = 0.25**

Cálculo de la media geométrica : se obtiene al interpolar el valor del 50 % de probabilidad del Gráfico C= f(P)

**MG= 0.45 ppm**

Cálculo de la Desviación Estándar Geométrica (DEG):

Del gráfico se interpola la concentración al 84.1% de probabilidad

Si **P= 84.1 %**, **C = 1 ppm**

Se reemplazan valores en la fórmula:

$$DEG = \frac{\text{valor del 84.1\%}}{\text{valor del 50\%}} = \frac{1}{0.45}$$

**DEG = 2.22**

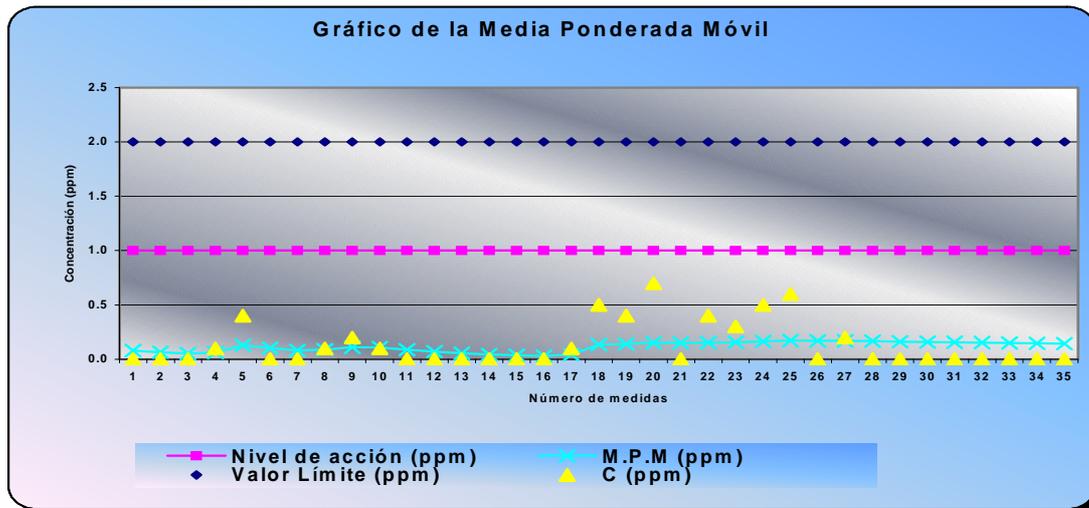
#### 4.2.2.4. Cálculo de la Media Ponderada Móvil.

De la tabla 4.1.2.2 :

Tabla 4.2.3.2.1

# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)	# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)
			09:45	0.1	Med..inici					0.1	Med..inicial
1	2.00	1.0	10:00	0	0.080	19	2.00	1.0	14:30	0.4	0.139
2	2.00	1.0	10:15	0	0.064	20	2.00	1.0	14:45	0.7	0.150
3	2.00	1.0	10:30	0	0.051	21	2.00	1.0	15:00	0	0.147
4	2.00	1.0	10:45	0.1	0.061	22	2.00	1.0	15:15	0.4	0.153
5	2.00	1.0	11:00	0.4	0.129	23	2.00	1.0	15:30	0.3	0.155
6	2.00	1.0	11:15	0	0.103	24	2.00	1.0	15:45	0.5	0.162
7	2.00	1.0	11:30	0	0.082	25	2.00	1.0	16:00	0.6	0.171
8	2.00	1.0	11:45	0.1	0.086	26	2.00	1.0	16:15	0	0.168
9	2.00	1.0	12:00	0.2	0.109	27	2.00	1.0	16:30	0.2	0.168
10	2.00	1.0	12:15	0.1	0.107	28	2.00	1.0	16:45	0	0.165
11	2.00	1.0	12:30	0	0.086	29	2.00	1.0	17:00	0	0.162
12	2.00	1.0	12:45	0	0.068	30	2.00	1.0	17:15	0	0.158
13	2.00	1.0	13:00	0	0.055	31	2.00	1.0	17:30	0	0.155
14	2.00	1.0	13:15	0	0.044	32	2.00	1.0	17:45	0	0.152
15	2.00	1.0	13:30	0	0.035	33	2.00	1.0	18:00	0	0.149
16	2.00	1.0	13:45	0	0.028	34	2.00	1.0	18:15	0	0.146
17	2.00	1.0	14:00	0.1	0.042	35	2.00	1.0	18:30	0	0.143
18	2.00	1.0	14:15	0.5	0.134						

Gráfico 4.2.3.2.1

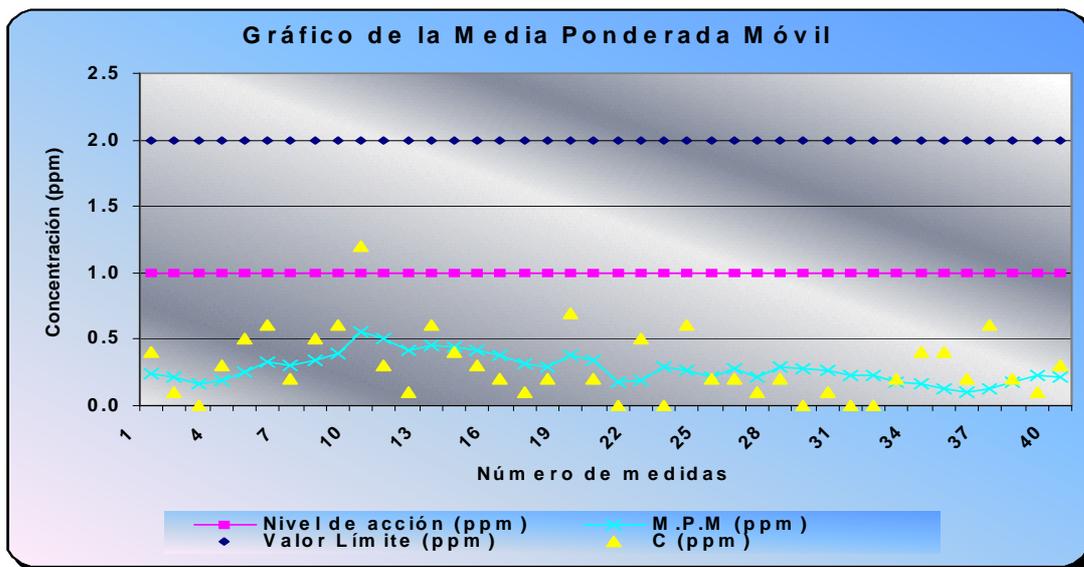


De la tabla 4.1.2.3 :

Tabla 4.2.3.2.2

# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)	# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)
			08:30	0.2	Med..inici					0.2	Med..inicial
1	2.00	1.0	08:45	0.4	0.240	21	2.00	1.0	13:45	0	0.180
2	2.00	1.0	09:00	0.1	0.212	22	2.00	1.0	14:00	0.5	0.184
3	2.00	1.0	09:15	0	0.170	23	2.00	1.0	14:15	0	0.287
4	2.00	1.0	09:30	0.3	0.196	24	2.00	1.0	14:30	0.6	0.270
5	2.00	1.0	09:45	0.5	0.257	25	2.00	1.0	14:45	0.2	0.216
6	2.00	1.0	10:00	0.6	0.325	26	2.00	1.0	15:00	0.2	0.273
7	2.00	1.0	10:15	0.2	0.300	27	2.00	1.0	15:15	0.1	0.218
8	2.00	1.0	10:30	0.5	0.340	28	2.00	1.0	15:30	0.2	0.294
9	2.00	1.0	10:45	0.6	0.392	29	2.00	1.0	15:45	0	0.276
10	2.00	1.0	11:00	1.2	0.554	30	2.00	1.0	16:00	0.1	0.260
11	2.00	1.0	11:15	0.3	0.503	31	2.00	1.0	16:15	0	0.228
12	2.00	1.0	11:30	0.1	0.422	32	2.00	1.0	16:30	0	0.223
13	2.00	1.0	11:45	0.6	0.458	33	2.00	1.0	16:45	0.2	0.178
14	2.00	1.0	12:00	0.4	0.446	34	2.00	1.0	17:00	0.4	0.163
15	2.00	1.0	12:15	0.3	0.417	35	2.00	1.0	17:15	0.4	0.130
16	2.00	1.0	12:30	0.2	0.374	36	2.00	1.0	17:30	0.2	0.104
17	2.00	1.0	12:45	0.1	0.319	37	2.00	1.0	17:45	0.6	0.123
18	2.00	1.0	13:00	0.2	0.295	38	2.00	1.0	18:00	0.2	0.179
19	2.00	1.0	13:15	0.7	0.376	39	2.00	1.0	18:15	0.1	0.223
20	2.00	1.0	13:30	0.2	0.341	40	2.00	1.0	18:30	0.3	0.218

Gráfico 4.2.3.2.2



4.2.3. Del Técnico de Mantenimiento.

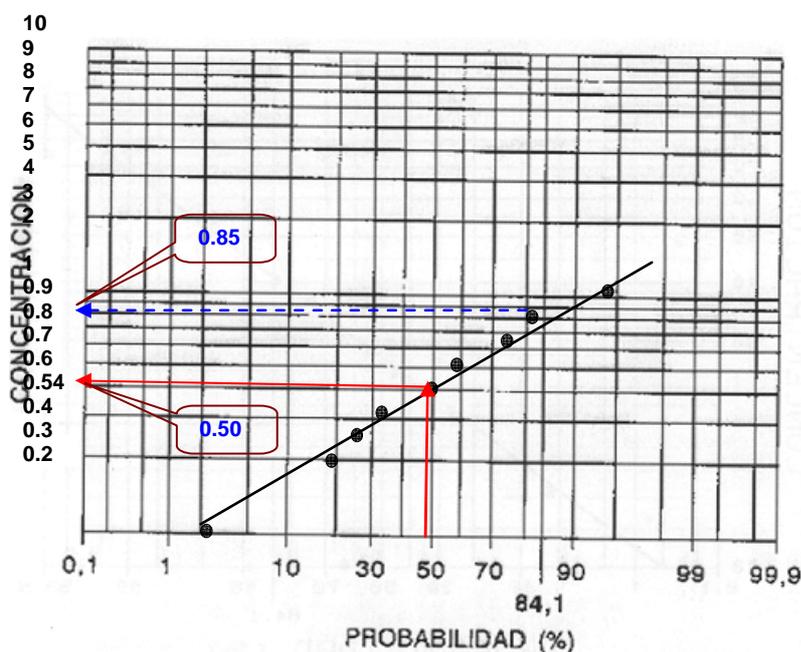
4.2.2.5. Gráfico de Probabilidad.

De la tabla 4.1.3.1 :

Tabla 4.2.4.1.1

Orden	C (ppm)	Probabilidad (%)
1	0.1	6.9
2	0.2	17.6
3	0.3	28.4
4	0.4	39.2
5	0.5	50.0
6	0.6	60.8
7	0.7	71.6
8	0.9	82.4
9	1.0	93.1

Se grafica C= f(P) en una hoja log-log (hay datos de 0.1 a 10)



Cálculo de la Media Aritmética :

$$M = \frac{\sum(C)}{\# \text{ de datos}} = 4.7/9$$

**M = 0.52**

Cálculo del doble de la media :

**M\*2 = 1.04**

Cálculo de la mitad de la media :

**M/2 = 0.26**

Cálculo de la media geométrica : se obtiene al interpolar el valor del 50 % de probabilidad del Gráfico C= f(P)

**MG= 0.50 ppm**

Cálculo de la Desviación Estándar Geométrica (DEG):

Del gráfico se interpola la concentración al 84.1% de probabilidad

Si **P= 84.1 %**, **C = 0.85 ppm**

Se reemplazan valores en la fórmula:

$$DEG = \frac{\text{valor del 84.1\%}}{\text{valor del 50\%}} = 0.85 / 0.50$$

**DEG = 1.7**

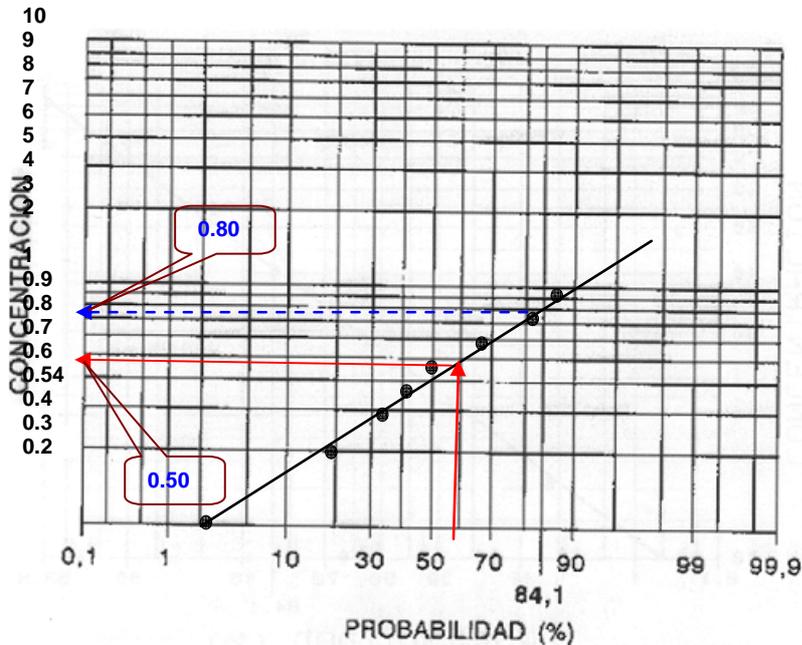
De la tabla 4.1.3.2 :

Tabla 4.2.4.1.2

Orden	C (ppm)	Probabilidad (%)
1	0.1	7.7

2	0.2	19.7
3	0.3	31.8
4	0.4	43.9
5	0.5	56.1
6	0.6	68.2
7	0.7	80.3
8	0.8	92.3

Se grafica C= f(P) en una hoja log-log (hay datos de 0.1 a 10)



Cálculo de la Media Aritmética :  
 $M = \sum(C) / \# \text{ de datos} = 3.6 / 8$   
**M = 0.45**

Cálculo del doble de la media :  
**M\*2 = 0.90**

Cálculo de la mitad de la media :  
**M/2 = 0.225**

Cálculo de la media geométrica : se obtiene al interpolar el valor del 50 % de probabilidad del Gráfico C= f(P)  
**MG= 0.50 ppm**

Cálculo de la Desviación Estándar Geométrica (DEG):  
 Del gráfico se interpola la concentración al 84.1% de probabilidad  
 Si **P= 84.1 %**, **C = 0.80 ppm**  
 Se reemplazan valores en la fórmula:  
 $DEG = \text{valor del } 84.1\% / \text{valor del } 50\% = 0.80 / 0.50$   
**DEG = 1.6**

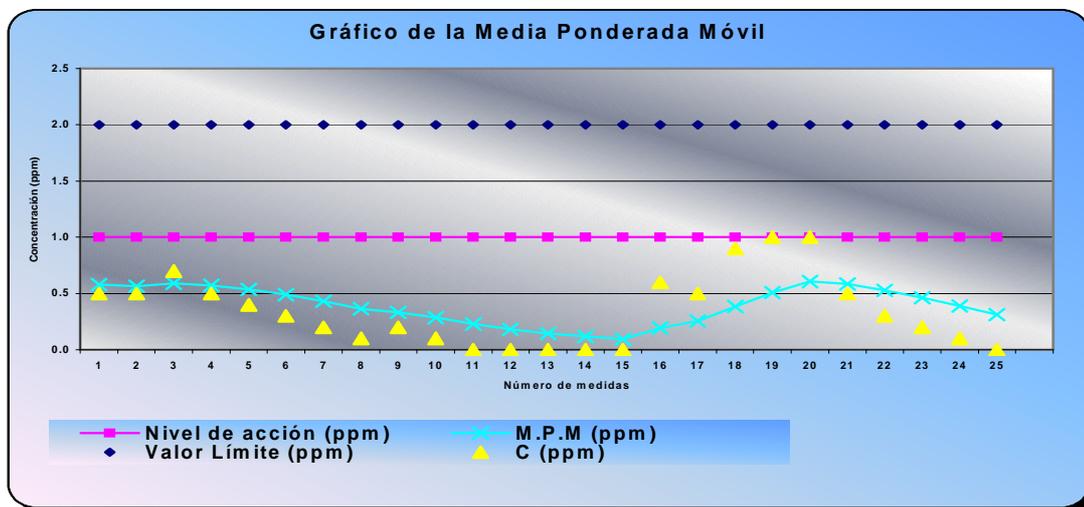
#### 4.2.2.6. Cálculo de la Media Ponderada Móvil.

De la tabla 4.1.3.1 :

Tabla 4.2.4.2.1

# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)	# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)
			10:30	0.6	Med..inici					0.6	Med..inicial
1	2.00	1.0	10:40	0.5	0.580	14	2.00	1.0	15:45	0	0.117
2	2.00	1.0	11:00	0.5	0.564	15	2.00	1.0	16:00	0	0.094
3	2.00	1.0	11:15	0.7	0.591	16	2.00	1.0	16:15	0.6	0.195
4	2.00	1.0	11:30	0.5	0.573	17	2.00	1.0	16:30	0.5	0.256
5	2.00	1.0	11:45	0.4	0.538	18	2.00	1.0	16:47	0.9	0.385
6	2.00	1.0	12:00	0.3	0.491	19	2.00	1.0	16:48	1	0.508
7	2.00	1.0	12:15	0.2	0.433	20	2.00	1.0	16:49	1	0.606
8	2.00	1.0	12:30	0.1	0.366	21	2.00	1.0	17:00	0.5	0.585
9	2.00	1.0	13:00	0.2	0.333	22	2.00	1.0	17:15	0.3	0.528
10	2.00	1.0	13:14	0.1	0.286	23	2.00	1.0	17:45	0.2	0.462
11	2.00	1.0	15:00	0	0.229	24	2.00	1.0	18:04	0.1	0.390
12	2.00	1.0	15:15	0	0.183	25	2.00	1.0	18:30	0	0.312
13	2.00	1.0	15:30	0	0.147						

Grafico 4.2.4.2.1

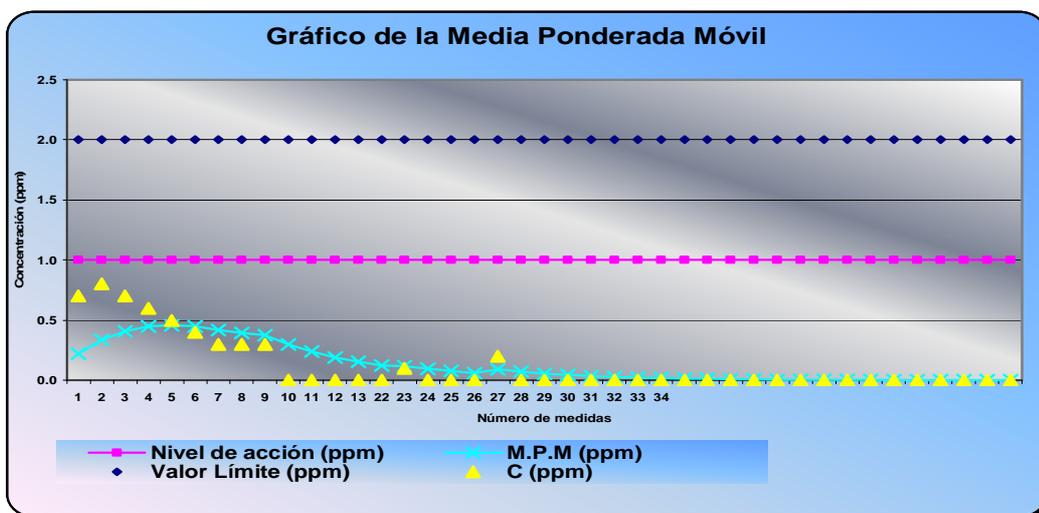


De la tabla 4.1.3.2 :

Tabla 4.2.4.2.2

# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)	# de medidas	VL	NA	t (h)	C (ppm)	M.P.M (ppm)
			09:52	0.1	Med..inici					0.1	Med..inicial
1	2.00	1.0	09:54	0.7	0.220	22	2.00	1.0	13:45	0	0.045
2	2.00	1.0	09:56	0.8	0.336	23	2.00	1.0	14:00	0	0.036
3	2.00	1.0	09:57	0.7	0.409	24	2.00	1.0	14:15	0	0.029
4	2.00	1.0	10:00	0.6	0.447	25	2.00	1.0	14:30	0	0.023
5	2.00	1.0	10:09	0.5	0.458	26	2.00	1.0	14:45	0	0.019
6	2.00	1.0	10:14	0.4	0.446	27	2.00	1.0	15:00	0	0.015
7	2.00	1.0	10:15	0.3	0.417	28	2.00	1.0	15:15	0	0.012
8	2.00	1.0	10:30	0.3	0.394	29	2.00	1.0	15:30	0	0.009
9	2.00	1.0	10:45	0.3	0.375	30	2.00	1.0	15:45	0	0.008
10	2.00	1.0	11:00	0	0.300	31	2.00	1.0	16:00	0	0.006
11	2.00	1.0	11:15	0	0.240	32	2.00	1.0	16:15	0	0.005
12	2.00	1.0	11:30	0	0.192	33	2.00	1.0	16:30	0	0.004
13	2.00	1.0	11:45	0	0.154	34	2.00	1.0	16:45	0	0.003
14	2.00	1.0	12:00	0	0.123	35	2.00	1.0	17:00	0	0.002
15	2.00	1.0	12:04	0.1	0.118	36	2.00	1.0	17:15	0	0.002
16	2.00	1.0	12:15	0	0.095	37	2.00	1.0	17:30	0	0.002
17	2.00	1.0	12:30	0	0.076	38	2.00	1.0	17:45	0	0.001
18	2.00	1.0	13:00	0	0.061	39	2.00	1.0	18:00	0	0.001
19	2.00	1.0	13:09	0.2	0.088	40	2.00	1.0	18:15	0	0.001
20	2.00	1.0	13:15	0	0.071	41	2.00	1.0	18:30	0	0.001
21	2.00	1.0	13:30	0	0.057						

Gráfico 4.2.4.2.2



## 5. CONCLUSIONES.

5.1. Todos los valores de concentración de dióxido de azufre obtenidos en la exposición ocupacional por parte de los trabajadores expuestos en

el área de generación de energía, están muy por debajo del valor límite VLA\_ED de 2 ppm y del VLA-EC de 5 ppm.

- 5.2. Del análisis estadístico de los datos obtenidos para los tres puestos de trabajos se concluye que se trata de un grupo homogéneo de exposición, puesto que en todos los casos se cumplen con las siguientes condiciones : que los datos se ajustan a una distribución logarítmico-normal y los datos no superan o bajan del doble de la mitad de la media aritmética, aunque existe un valor inferior en todos los casos que está por debajo de la media, se puede decir que la diferencia es muy pequeña.
- 5.3. Al interpolar la concentración con la probabilidad al 95%, en todos los gráficos obtenidos  $C = f(\% P)$  para cada uno de los puestos de trabajo analizados, se obtienen valores inferiores al valor límite (VLA\_ED de 2 ppm), por lo cual se concluye que para el caso en estudio se encuentra en una situación de Conformidad y adicionalmente se establece que existe solo un 5% de probabilidad que se supere el valor límite indicado.
- 5.4. De acuerdo a los valores de la concentración media del  $SO_2$ , obtenidos directamente con el equipo y los calculados, establece que no existe riesgo higiénico para la salud de los trabajadores expuestos. Ello no significa que determinadas personas no puedan experimentar ligeras molestias ante la presencia del contaminante, debido a la susceptibilidad variable que cada persona presenta.
- 5.5. Al aplicar el procedimiento de la media ponderada móvil, para el evaluación de todos los puestos de trabajo, indica que la tendencia a la exposición es descendente y se encuentra bajo el nivel de acción, por lo cual se concluye que la situación se encuentra bajo control.
- 5.6. De acuerdo a que en todos los casos los índices de exposición, se obtuvieron valores menores que 0.1 ( $I \leq 0.1$ ), puede considerarse que es improbable que se supere el valor límite de exposición, que para el caso de estudio, el valor límite para el dióxido de azufre es de 2.0 ppm.
- 5.7. Debido a que en todos los casos de los puestos de trabajo evaluados, se cumplió la relación  $C \leq 0,25 VL$ , ( $C = \text{conc. Media}$ ), se

establece que el siguiente muestreo se lo realizará luego de 64 semanas, a partir del última evaluación realizada.

## **6. RECOMENDACIONES.**

A pesar de que todas las mediciones efectuadas no llegan a los valores límites, se han y están adoptando las siguientes medidas con el fin de reducir la exposición a SO<sub>2</sub>.

6.1. Que el personal laboralmente expuesto al  $\text{SO}_2$  debe utilizar todo el tiempo en su lugar de trabajo, de dosímetros personales de  $\text{SO}_2$ , con el fin de detectar su presencia y que indique por medio de alarmas ya sean visuales, sonoras o vibratorias, niveles de exposición al contaminante iguales o superiores al valor límite, con lo cual el trabajador decidirá el abandonar esa área de trabajo y regresar cuando los niveles del gas no sean perjudiciales para su salud.

6.2. Con el fin de que los gases contaminantes que salen de la combustión interna de los heater treater, tengan salida libre y natural, se recomienda cambiar los deflectores de agua lluvia por otro sistema, por cuanto estos deflectores constituyen barreras físicas para el movimiento y dispersión natural de los gases contaminantes. Con esta adecuación no se permitirá que por efecto del choque de los gases con el techo de las chimeneas, estos gases retornen hacia abajo, inundando el área de las estructuras donde se encuentran los generadores, exponiéndose por ende al personal que realiza sus labores cotidianas.

6.3. Establecer periodos de vigilancia de la salud, al personal que se encuentra laboralmente expuesto a la presencia del  $\text{SO}_2$ , para tratar de detectar precozmente cualquier daño a la salud de los trabajadores y será uno de los indicadores más importantes para determinar las medidas preventivas adecuadas. Se recomienda realizar exámenes ocupacionales que incluyan chequeos médicos de mucosas, tejido ocular y tracto respiratorio superior.

6.4. Se recomienda realizar estudios similares para identificar y evaluar otros contaminantes que puedan estar presentes en los procesos de combustión para el tratamiento del crudo.

## **BIBLIOGRAFIA.**

1. Seguridad e Higiene del Trabajo, Técnicas de Prevención de riesgos Laborales, 3ra. ed., José María Cortez Díaz, 2002.

2. Martí, Antonio (coordinador). Análisis de contaminantes químicos en aire INSHT, Madrid, 1991.
3. Norma UNE 81-255: 1985 Instrumentos detectores o analizadores de contaminantes químicos presentes en la atmósfera.
4. Norma UNE-EN-481: 1995 Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosol.
5. Norma UNE-EN-482: 1995 Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos.
6. LEIDEL, BUSCH Y LYNCH Occupational Exposure Sampling Strategy Manual NIOSH. 1977.
7. UNE-EN 689 Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición AENOR. 1996.
8. UNE-EN 482 Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos.
9. Manual de Operación del Monitor personal Pro GasBadge, Industrial Scientific, 2006.
10. NTP 244 Criterios de Valoración en higiene industrial.
11. NTP 525 Criterios de establecimiento de valores límite de exposición profesional de la UE.
12. NTP 526 Valor límite de exposición profesional en la UE y España.
13. NTP 553 Agentes Químicos-Estrategias de muestreo y valoración.
14. NTP 554 Agentes Químicos-Estrategias de muestreo y valoración II.
15. NTP 555 Agentes Químicos-Estrategias de muestreo y valoración III.
16. NTP 587 Evaluación de la Exposición a agentes químicos-condicionantes analíticos.
17. NTP 637 Evaluación de riesgos por agentes químicos. Principales fuentes de métodos analíticos.
18. ACGIH, TLV Valores Límites e Índices Biológicos de Exposición, 1992-1993, Generalitat Valenciana, Valencia, 1992.

19. OIT, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, M. del Trabajo, Madrid, 1989.
20. Manual para la formación en Prevención de Riesgos Laborales. Especialidad de Higiene Industrial, 3ra. ed., Genaro Gómez Etxebarria, España, 2006.
21. Dpto. Prevención Mapre, Manual de Higiene Industrial, Fundación Mapre, 1991.
22. Norma UNE-EN 689: 1996. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. Marzo 1996.
23. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España. 1999. ISBN 84-7425-525-2.
24. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Documento Técnico 78:94. Estrategia de muestreo para la evaluación de la exposición laboral a contaminantes químicos. José N. Tejedor y Ma Jesús García-Gutiérrez. ISBN 84-7425-404-3.a

## **ANEXOS.**

### **1.- TRATAMIENTO DE DATOS.**

#### **1.1.- GRAFICOS DE PROBABILIDAD**

Un procedimiento que ha encontrado aplicación práctica en la Higiene Industrial es el método que consiste en expresar las mediciones de exposición en percentiles, después de un análisis

estadístico de los datos en la forma de un gráfico de probabilidad logarítmico - normal o de frecuencias acumuladas (porcentaje).

Es un procedimiento muy útil para aplicar a datos tomados a trabajadores de un mismo puesto de trabajo.

La información que se puede obtener con este tratamiento es:

- comprobar si los datos de exposición obtenidos se ajustan a una distribución logarítmico - normal o no, y calcular gráficamente, caso de que se trate de una distribución logarítmico - normal:

- √ la media geométrica

- √ la desviación estándar geométrica

- decidir si el grupo de trabajadores en estudio se trata de un grupo homogéneo de exposición o no.

- calcular la probabilidad de que se exceda un determinado valor límite, lo que nos ayudará a decidir la necesidad de realizar o no mediciones periódicas

- comparar los datos de exposición con un valor límite a un porcentaje de probabilidad elegido, por ejemplo el 95%

Los pasos a seguir con los datos obtenidos son:

- se ordenan los datos de exposición en orden creciente

- se cuenta el número de datos y a partir de las tablas, se obtienen las posiciones adecuadas en el gráfico

- se selecciona un papel para gráficos de probabilidad logarítmica que tenga un eje Y que cubra el intervalo de resultados de la exposición

- se representan los pares de valores de exposición en el papel elegido

- se ajusta una línea recta a los datos, despreciando los puntos fuera de los límites de probabilidad 1% y 99% (si los hubiera). Para los demás datos se da preferencia a aquellos más cercanos a la posición del 50%, es decir en la zona del 20% al 80%

- si los datos no se ajustan a una línea recta es posible que la distribución real no sea logarítmico - normal o que incluya datos que pertenecen a otra población

- el valor de la media geométrica es el valor correspondiente a la probabilidad del 50%, y puede leerse directamente a partir de la intersección de la recta ajustada con la línea correspondiente a la probabilidad del 50%.
- la desviación estándar geométrica, DEG, es la pendiente de la recta y una medida de la variabilidad o dispersión de los datos. Viene dada por:

$$\text{DEG} = \frac{\text{valor del 84.1\%}}{\text{valor del 50\%}}$$

Normalmente para la aplicación de este procedimiento se requieren, al menos, 7 datos. Recordar que, en la "Evaluación de la exposición a agentes químicos", se recomienda al menos un mínimo de seis datos para determinar la exposición de un grupo que se piensa, a priori, que tiene una exposición homogénea, y que se daba el criterio de que cuando uno de los datos era menor que la mitad de la media de los datos de exposición obtenidos o mayor del doble de la media, había que sospechar que podría no tratarse de un grupo homogéneo de exposición.

Para comprobar si el grupo de trabajadores seleccionado se puede considerar un grupo homogéneo de exposición, se debe calcular las medias aritméticas y geométricas, y la desviación estándar geométrica. Establecer si con un 95% de probabilidad se encuentra en una situación de conformidad, no conformidad o no decisión, además se debe calcular la probabilidad de que se supere el valor límite.

Conviene recordar que la selección de un grupo homogéneo de exposición puede incluir a personas que, desempeñando el mismo puesto de trabajo, no trabajen al mismo tiempo, si no existe motivo para pensar que puedan existir diferencias en la exposición de los diferentes turnos de trabajo.

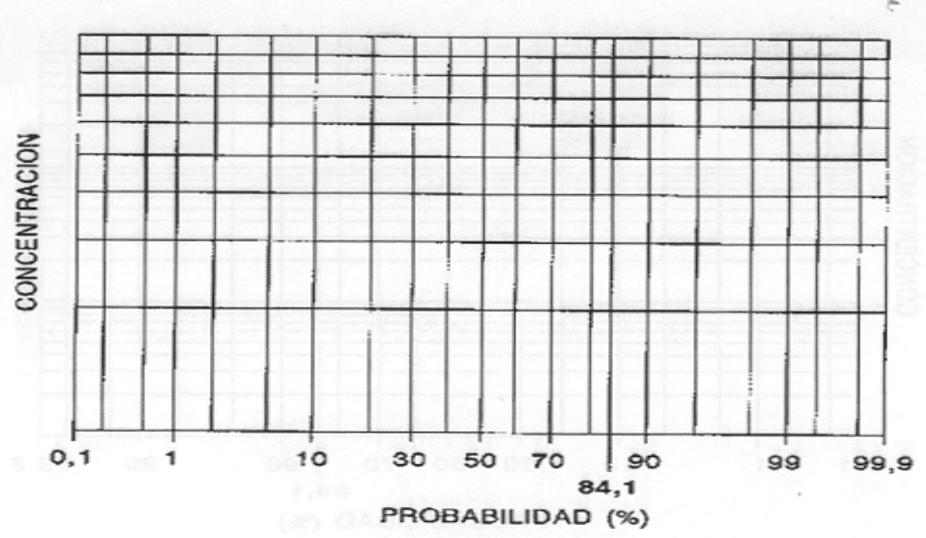
Los primeros pasos serían ordenar los datos en orden creciente, contarlos y obtener en la tabla H-1, las posiciones (percentiles) correspondientes al tamaño de muestra ('sample size').

**TABLE H-1. PLOTTING POSITIONS FOR NORMAL PROBABILITY PAPER**

Ordinal No.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Ordinal No.																														
1	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00	11.50	12.00	12.50	13.00	13.50	14.00	14.50	15.00	15.50	16.00	16.50	17.00	17.50	18.00	18.50	19.00	19.50	20.00	20.50	21.00	21.50	22.00	22.50	23.00	23.50	24.00	24.50	25.00	25.50	26.00	26.50	27.00	27.50	28.00	28.50	29.00	29.50	30.00	30.50	31.00

El siguiente paso es elegir el papel para gráficos de probabilidad adecuado, de acuerdo con el intervalo de los datos:

- una escala logarítmica (fig. H-1), cuando nuestros datos estén comprendidos entre 0.1 y 1, o entre 1 y 10, o entre 10 y 100, o entre 100 y 1000, etc., ppm o mg/m<sup>3</sup>, dependiendo de las unidades en las que se determine la concentración ambiental del contaminante.



**Fig. H-1 .- GRAFICO DE PROBABILIDAD UNA ESCALA LOGARITMICA**

- dos escalas logarítmicas (fig. H-2), cuando nuestros datos estén comprendidos entre 0.1 y 10, o entre 1 y 100, o entre 10 y 1000, etc., ppm o mg/m<sup>3</sup>.

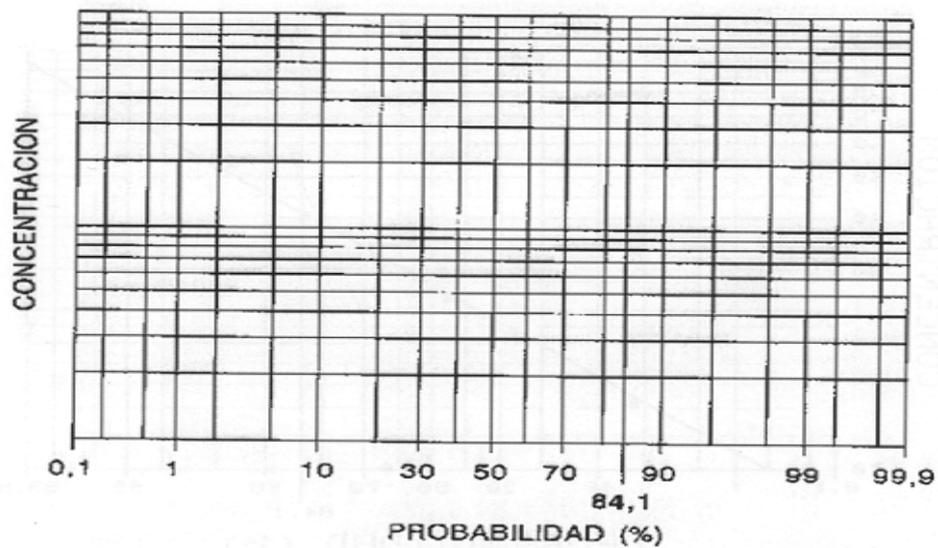


Fig. H-2 .- GRAFICO DE PROBABILIDAD  
DOS ESCALAS LOGARITMICAS

- tres escalas logarítmicas (fig. H-3), cuando nuestros datos estén comprendidos entre 0.1 y 100, o entre 1 y 1000, o entre 10 y 10000, etc., ppm o mg/m<sup>3</sup>.

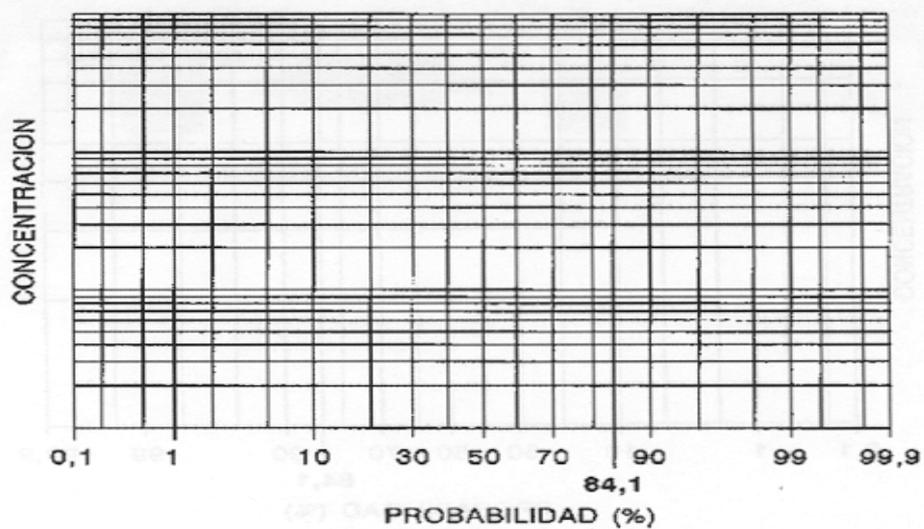


Fig. H-3 .- GRAFICO DE PROBABILIDAD  
TRES ESCALAS LOGARITMICAS

Por último, el resultado de la evaluación (con una probabilidad del 95 %), debe concluir si existe conformidad, no conformidad o no decisión. Para que existiese conformidad, la exposición debería estar con un 95% de probabilidades, por debajo del valor límite; para que existiese no conformidad, la exposición debería estar, con un 95 % de probabilidades, por encima del valor límite; mientras que en el resto de los casos, la situación sería de no decisión.

### 1..2.- **MEDIA PONDERADA MOVIL.**

Para tratar los datos obtenidos de un proceso a lo largo de un período de tiempo, resulta muy útil utilizar este método, ya que proporciona a lo largo de un periodo de tiempo, resulta muy útil utilizar este método, ya que proporciona un registro sencillo de las exposiciones y una indicación clara de sus desviaciones respecto a los límites prefijados.

La tendencias de la exposición viene indicada por la forma que presenta la línea de la media ponderada móvil (M. P.M.) relativa a los límites, de forma que cualquier cambio sistemático o desplazamiento ascendente brusco indica la necesidad de una acción correctora, caso contrario si la línea tiene comportamiento descendente se establece que la situación se encuentra bajo control.

Los pasos a seguir son los siguientes

- Se representan las mediciones individuales junto con el valor límite (V.L.) o el nivel de acción (N.A.), lo que proporciona una indicación de la aceptabilidad de cada medición, así como un registro permanente de los datos.
- Se calcula el valor de la M.P.M. para cada una de las mediciones individuales de acuerdo con:

$$\text{MPM} ( 1 ) = \text{med. inicial} + 0,2 [\text{med.}( 1 ) - \text{med. inicial}] \text{ y}$$

$$\text{MPM} ( i ) = \text{MPM} ( i-1 ) + 0,2 [\text{med.}( i ) - \text{MPM}( i-1 )]$$

Para la primera y las siguientes medidas, respectivamente.

- Se representan los valores sucesivos de M.P.M., uniéndolos por una línea. La tendencia de las mediciones viene indicada por la forma que presenta dicha línea.

# 1. CERTIFICACIONES DE CALIBRACION DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS MEDICIONES.

**DEGSO** DETECCIÓN DE GASES Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** N° 002103

Cliente: AGIP OIL  
 Descripción del Equipo: MONITOR GASBADGE PRO  
 Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC N° DE Serie: 070109Y-001  
 Sistema Fijo:  Sistema Portátil:

**CALIBRACIÓN DE ALARMAS:**

Oxígeno	Tóxico 1	Lo	2 ppm	TWA	2 ppm	Tóxico 2	Lo	TWA
Hi	SO <sub>2</sub>	Hi	4 ppm	STEL	5 ppm	Hi	Hi	STEL
Combustible	Tóxico 3	Lo	TWA	Tóxico 4	Lo	TWA	Hi	STEL
Hi	Hi	Hi	STEL	Hi	Hi	Hi	Hi	STEL

**CALIBRACIÓN DE GASES: (Aprobados N.I.S.T)**

SENSOR A SER CALIBRADO			RESPUESTA DEL SENSOR (SPAN)	VALOR ESTIMADO DE CALIBRACIÓN (Sec Point)	CILINDRO DE CALIBRACIÓN		RESULTADO DE CALIBRACIÓN	
SENSOR N° SERIE	GAS USADO	SPAN GAS			N° PARTE FABRICANTE	N° LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1	SO <sub>2</sub>	5 ppm	8.8	5	18184992 ISC	88855	X	
TOXICO 2								
TOXICO 3								
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 3 MESES Lugar y Fecha de Emisión: CPF, 27 Abril 2007

Comentarios: .

Realizado por: Recibido por: Frederick Calcedo

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cia. Ltda.

Teléfono: (593-2) 224-3704 / 224-4832    Av. La Florida C04-84 y José Leal, QUITO - ECUADOR  
 E-mail: degso@degso.com    DEGSO Cia. Ltda.

**DEGSO** DETECCIÓN DE GASES Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** N° 002102

Cliente: AGIP OIL  
 Descripción del Equipo: MONITOR GASBADGE PRO  
 Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC N° DE Serie: 06120ZX-008  
 Sistema Fijo:  Sistema Portátil:

**CALIBRACIÓN DE ALARMAS:**

Oxígeno	Tóxico 1	Lo	2 ppm	TWA	2 ppm	Tóxico 2	Lo	TWA
Hi	SO <sub>2</sub>	Hi	4 ppm	STEL	5 ppm	Hi	Hi	STEL
Combustible	Tóxico 3	Lo	TWA	Tóxico 4	Lo	TWA	Hi	STEL
Hi	Hi	Hi	STEL	Hi	Hi	Hi	Hi	STEL

**CALIBRACIÓN DE GASES: (Aprobados N.I.S.T)**

SENSOR A SER CALIBRADO			RESPUESTA DEL SENSOR (SPAN)	VALOR ESTIMADO DE CALIBRACIÓN (Sec Point)	CILINDRO DE CALIBRACIÓN		RESULTADO DE CALIBRACIÓN	
SENSOR N° SERIE	GAS USADO	SPAN GAS			N° PARTE FABRICANTE	N° LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1	SO <sub>2</sub>	5 ppm	8.5	5	18184992 ISC	88855	X	
TOXICO 2								
TOXICO 3								
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 3 MESES Lugar y Fecha de Emisión: CPF, 27 Abril 2007

Comentarios: .

Realizado por: Recibido por: Frederick Calcedo

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cia. Ltda.

Teléfono: (593-2) 224-3704 / 224-4832    Av. La Florida C04-84 y José Leal, QUITO - ECUADOR  
 E-mail: degso@degso.com    DEGSO Cia. Ltda.

**DEGSO** DETECCIÓN DE GASES Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Cliente: AGIP OIL N° 002101

Descripción del Equipo: MONITOR GASBADGE PRO

Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC N° DE Serie: 08120ZX-010

Sistema Fijo:  Sistema Portátil:

**CALIBRACIÓN DE ALARMAS:**

Oxígeno	Tóxico 1	Lo	2 ppm	TWA	2 ppm	Tóxico 2	Lo	TWA
Hi	SO <sub>2</sub>	Hi	4 ppm	STEL	5 ppm	Hi	Hi	STEL
Combustible	Tóxico 3	Lo	TWA	Tóxico 4	Lo	TWA	Lo	TWA
Hi	Hi	Hi	STEL	Hi	Hi	Hi	Hi	STEL

**CALIBRACIÓN DE GASES: (Aprobados N.I.S.T)**

SENSOR A SER CALIBRADO			RESPUESTA DEL SENSOR (SPAN)	VALOR ESTIMADO DE CALIBRACIÓN (See Pair#)	CILINDRO DE CALIBRACIÓN		RESULTADO DE CALIBRACIÓN	
SENSOR Nº SERIE	GAS USADO	SPAN GAS			Nº PARTE FABRICANTE	Nº LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1	SO <sub>2</sub>	5 ppm	6,9	5	18101992	88655	X	
TOXICO 2					ISC			
TOXICO 3								
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 3 MESES Lugar y Fecha de Emisión: CPF, 27 Abril 2007

Comentarios:

Realizado por:  Recibido por: Frederick Caicedo

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cía. Ltda.

Teléfono: (593-2) 224-3704 / 224-4832 Av. La Florida Oe4-84 y José Leal, QUITO - ECUADOR  
E-mail: degso@degso.com DEGSO Cía. Ltda.

**DEGSO** DETECCIÓN DE GASES Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Cliente: AGIP OIL N° 002100

Descripción del Equipo: MULTIGAS ITX

Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC N° DE Serie: 0411005-204

Sistema Fijo:  Sistema Portátil:

**CALIBRACIÓN DE ALARMAS:**

Oxígeno	Tóxico 1	Lo	10ppm	TWA	10ppm	Tóxico 2	Lo	35ppm	TWA	35ppm
Hi	19.5% O <sub>2</sub>	Hi	23.5% O <sub>2</sub>	STEL	20ppm	CO	Hi	70ppm	STEL	400ppm
Combustible	Tóxico 3	Lo	2 ppm	TWA	2 ppm	Tóxico 4	Lo	TWA	Lo	TWA
Hi	10% LEL	Hi	4 ppm	STEL	5 ppm	Hi	Hi	STEL	Hi	STEL

**CALIBRACIÓN DE GASES: (Aprobados N.I.S.T)**

SENSOR A SER CALIBRADO			RESPUESTA DEL SENSOR (SPAN)	VALOR ESTIMADO DE CALIBRACIÓN (See Pair#)	CILINDRO DE CALIBRACIÓN		RESULTADO DE CALIBRACIÓN	
SENSOR Nº SERIE	GAS USADO	SPAN GAS			Nº PARTE FABRICANTE	Nº LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
OXIGENO	O <sub>2</sub>	20.9%	27.5	20.9				
COMBUSTIBLE	PENTANO	25%LEL	36	25	18102187	92495	X	
TOXICO 1	H2S	25ppm	44	25	18102187	92495	X	
TOXICO 2	CO	100ppm	135	100	18102187	92495	X	
TOXICO 3	SO <sub>2</sub>	5ppm	7,6	5	18101992	88655	X	
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 3 MESES Lugar y Fecha de Emisión: CPF, 27 Abril 2007

Comentarios:

Realizado por:  Recibido por: Frederick Caicedo

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cía. Ltda.

Teléfono: (593-2) 224-3704 / 224-4832 Av. La Florida Oe4-84 y José Leal, QUITO - ECUADOR  
E-mail: degso@degso.com DEGSO Cía. Ltda.

**DEGSO** DETECCIÓN DE GASES Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** N° 002485

Cliente: AGIP OIL  
 Descripción del Equipo: MULTIGAS ITX  
 Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC N° DE Serie: 0411005-204  
 Sistema Fijo:  Sistema Portátil:

**CALIBRACIÓN DE ALARMAS:**

Óxígeno	Tóxico 1	Lo	10ppm	TWA	10ppm	Tóxico 2	Lo	35ppm	TWA	35ppm
Lo	19.5% O2					CO	Hi	70ppm	STEL	405ppm
Hi	22.5% O2	H2S	Hi	20ppm	STEL	20ppm				
Combustible	Tóxico 3	Lo	2 ppm	TWA	2 ppm	Tóxico 4	Lo		TWA	
Lo	10% LEL	SO2	Hi	4 ppm	STEL	5 ppm				
Hi	35% LEL									

**CALIBRACIÓN DE 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 N° SERIE	GAS USADO	SPAN GAS			N° PARTE FABRICANTE	N° LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
OXIGENO	O2	20.9%	34.6	20.9	AIR	LINPRO	X	
COMBUSTIBLE	PENTANO	25%LEL	37	25	ISC	99495	X	
TOXICO 1	H2S	25ppm	40	25	ISC	99495	X	
TOXICO 2	CO	100ppm	136	100	ISC	92495	X	
TOXICO 3	SO2	5ppm	7.7	5	ISC	99495A	X	
TOXICO 4					ISC			

Validez del Certificado: 3 MESES Lugar y Fecha de Emisión: CPF, 15 Noviembre 2007

Comentarios: Se cambia el sensor de O2

Realizado por: Edison Calderón Recibido por: Frederick Caicedo

Por favor lee y entiende bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cía. Ltda.

Teléfono: (593-2) 224-3704 / 224-4832 Email: degso@degso.com

DEGSO Cía. Ltda. Av. La Florida Oe4-84 y José Leal QUITO - ECUADOR

**DEGSO** DETECCIÓN DE GASES Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** N° 002486

Cliente: AGIP OIL  
 Descripción del Equipo: MONITOR GASBADGE PRO  
 Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC N° DE Serie: 06120ZX-010  
 Sistema Fijo:  Sistema Portátil:

**CALIBRACIÓN DE ALARMAS:**

Óxígeno	Tóxico 1	Lo	2 ppm	TWA	2 ppm	Tóxico 2	Lo		TWA	
Lo	SO2	Hi	4 ppm	STEL	5 ppm		Hi		STEL	
Hi										
Combustible	Tóxico 3	Lo		TWA		Tóxico 4	Lo		TWA	
Lo							Hi			STEL
Hi										

**CALIBRACIÓN DE 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 N° SERIE	GAS USADO	SPAN GAS			N° PARTE FABRICANTE	N° LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1	SO2	5 ppm	6.3	5	ISC	99495A	X	
TOXICO 2								
TOXICO 3								
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 3 MESES Lugar y Fecha de Emisión: CPF, 15 Noviembre 2007

Comentarios: Se cambia membrana protectora de sensor.

Realizado por: Edison Calderón Recibido por: Frederick Caicedo

Por favor lee y entiende bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cía. Ltda.

Teléfono: (593-2) 224-3704 / 224-4832 Email: degso@degso.com

DEGSO Cía. Ltda. Av. La Florida Oe4-84 y José Leal QUITO - ECUADOR

**DEGSO** DETECCIÓN DE GASES Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** N° 002488

Cliente: AGIP OIL  
 Descripción del Equipo: MONITOR GASBADGE PRO  
 Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC N° DE Serie: 070108Y-001  
 Sistema Fijo:  Sistema Portátil:

**CALIBRACIÓN DE ALARMAS:**

Óxígeno	Tóxico 1	Lo	2 ppm	TWA	2 ppm	Tóxico 2	Lo		TWA	
Lo	SO2	Hi	4 ppm	STEL	5 ppm		Hi		STEL	
Hi										
Combustible	Tóxico 3	Lo		TWA		Tóxico 4	Lo		TWA	
Lo							Hi			STEL
Hi										

**CALIBRACIÓN DE 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 N° SERIE	GAS USADO	SPAN GAS			N° PARTE FABRICANTE	N° LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1	SO2	5 ppm	8.0	5	ISC	99495A	X	
TOXICO 2								
TOXICO 3								
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 3 MESES Lugar y Fecha de Emisión: CPF, 15 Noviembre 2007

Comentarios:

Realizado por: Edison Calderón Recibido por: Frederick Caicedo

Por favor lee y entiende bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cía. Ltda.

Teléfono: (593-2) 224-3704 / 224-4832 Email: degso@degso.com

DEGSO Cía. Ltda. Av. La Florida Oe4-84 y José Leal QUITO - ECUADOR

**DEGSO** DETECCIÓN DE GASES Y SEGURIDAD OCUPACIONAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN** N° 002487

Cliente: AGIP OIL  
 Descripción del Equipo: MONITOR GASBADGE PRO  
 Fabricante: INDUSTRIAL SCIENTIFIC N° DE Serie: 06120ZX-008  
 Sistema Fijo:  Sistema Portátil:

**CALIBRACIÓN DE ALARMAS:**

Óxígeno	Tóxico 1	Lo	2 ppm	TWA	2 ppm	Tóxico 2	Lo		TWA	
Lo	SO2	Hi	4 ppm	STEL	5 ppm		Hi		STEL	
Hi										
Combustible	Tóxico 3	Lo		TWA		Tóxico 4	Lo		TWA	
Lo							Hi			STEL
Hi										

**CALIBRACIÓN DE 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 N° SERIE	GAS USADO	SPAN GAS			N° PARTE FABRICANTE	N° LOTE (N.I.S.T)	PASA	NO PASA
OXIGENO								
COMBUSTIBLE								
TOXICO 1	SO2	5 ppm	8.5	5	ISC	99495A	X	
TOXICO 2								
TOXICO 3								
TOXICO 4								

Validez del Certificado: 3 MESES Lugar y Fecha de Emisión: CPF, 15 Noviembre 2007

Comentarios: Se cambia membrana protectora de sensor.

Realizado por: Edison Calderón Recibido por: Frederick Caicedo

Por favor lee y entiende bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cía. Ltda.

Teléfono: (593-2) 224-3704 / 224-4832 Email: degso@degso.com

DEGSO Cía. Ltda. Av. La Florida Oe4-84 y José Leal QUITO - ECUADOR

