

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**CONTAMINACIÓN CON PLOMO EN LOS EXPENDEDORES  
DE GASOLINA DEL DISTRITO DE AYACUCHO, 2017.**

PRESENTADO POR:

Bach. **CHAROL ROXANA ALARCÓN CHAVARRIA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
**INGENIERA QUÍMICA**

AYACUCHO – PERÚ

2018

## **DEDICATORIA**

A mis padres Sonia y Julio, mis hermanos Leonardo, Massiel e Inés, a mi hija Evangeline, por su comprensión, confianza, amor e incondicional apoyo, perfectamente mantenido a través del tiempo para lograr mi desarrollo personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su amor ilimitado, paciencia y por brindarme sabiduría y fortaleza en mi vida.

A la Dirección Ejecutiva Criminalística de la Policía Nacional del Perú (DIREJCRI), al jefe del Departamento de Ingeniería Forense y a los peritos forenses Cdte. S. Lily Miranda Huanacahuari, My.S. Rodrigo Torres Valenzuela por su experiencia y conocimiento los cuales me brindaron la oportunidad y apoyo para realizar el procesamiento y lectura de las muestras para la ejecución de la tesis.

Al Ing. Bernardo Enciso López por aceptar ser el asesor de esta tesis, su apoyo en los estudios y amigo, al Ing. Alfredo Arias Jara por la disposición, apoyo en el muestreo y procesamientos de las muestras en el Laboratorio de Transferencia de Masa de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

A Vanesa, Julie, Eleazar y Carlos por su apoyo y colaboración en las pruebas.

## SIMBOLOGÍA

ASTM	American Society of Testing Materials.
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
°C	Grados centígrados.
dL	Decilitro.
DIREJCRI	Dirección Ejecutiva de Criminalística de la Policía Nacional del Perú.
D.S.	Decreto supremo.
EAAHG	Espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito.
FDA	Food and drug administration, EPA (environmental protection agency).
H <sub>2</sub> O	Agua
HNO <sub>3</sub> (P.A.)	Ácido nítrico de grado reactivo analítico.
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual
MD	Mano derecha.
MD <sub>0</sub>	Mano derecha, tiempo inicial.
MD <sub>1</sub>	Mano derecha, tiempo final (después de una hora).
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
mg	Miligramos.
mg/cm <sup>2</sup> .h	Miligramos por área de piel por hora de exposición.
mg/L	Miligramos por litro.
mol/L	Mol por litro.

$\mu\text{g}$	Microgramo.
MI	Mano izquierda.
MI <sub>0</sub>	Mano izquierda, tiempo inicial.
MI <sub>1</sub>	Mano izquierda, tiempo final (después de una hora).
mL	Mililitros.
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fosfato monobásico de amonio.
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
N.T.P.	Norma técnica peruana.
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
Osinergmin	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas.
PAHs	Hidrocarburos aromáticos policíclicos.
P.A.	Aplicaciones analíticas
Pb	Plomo.
PbBr <sub>2</sub>	Bromuro de plomo.
PbCl <sub>2</sub>	Cloruro de plomo.
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Nitrato de plomo
ppb	Partes por billón.
ppm	Partes por millón.
R	Flujo de penetración dérmica.
RDAF	Restos de disparo por arma de fuego.
SMR	Standard Reference Material
t	Tiempo
UNMSM	Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
USAQ	Unidad de Servicios de Análisis Químico.

## RESUMEN

La presente tesis de investigación busca determinar la contaminación con plomo de las manos de los expendedores de gasolina en las distintas estaciones de servicios (grifos formales del distrito de Ayacucho). Para recolectar la muestra se utilizó el hisopado de manos con solución de ácido nítrico al 5% para poder capturar el analito (Pb) y determinar la concentración utilizando la técnica de espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito. También se realizaron las pruebas de penetración dérmica en un grupo de colaboradores (04) como prueba inducida.

Los resultados obtenidos en los expendedores de gasolina que laboran más de 6 horas al día reportó niveles de concentración de plomo en sus manos que están fluctúan de 2,88 ppm a 5,02 ppm. Mientras que, para las pruebas inducidas en el grupo de colaboradores realizados en dos tiempos, utilizando la adición de 1 mL de gasolina (84, 90, 95 y 97 octanos) en ambas manos, se reportaron en el tiempo inicial niveles de plomo que varían fluctúan entre 6,64 ppm a 10,81 ppm y después de una hora de aplicación los niveles de plomo descendieron entre 3,39 ppm ya 9,20 ppm, resultados que evidencian la penetración dérmica de plomo del plomo que fluctúan de 0,002  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$  a 0,023  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$  (mg de plomo absorbido por área de piel y por tiempo de exposición).

Con los resultados indicados se llega a la conclusión de que, los expendedores de gasolina que laboran prolongadamente tendrán mayores niveles de concentración de plomo con mayores probabilidades de incrementar la en las muestras de los voluntarios que después de una hora las concentraciones de plomo serán menores por existir la de penetración dérmica, tal como se demuestra en los resultados del experimento controlado en los colaboradores.

**Palabras clave:** Contaminación con plomo, penetración dérmica, espectroscopia de absorción atómica.

## ABSTRACT

This research thesis seeks to determine the contamination with lead from the hands of gasoline dispensers in the different service stations (formal taps of the district of Ayacucho). To collect the sample, hand swabbing with 5% nitric acid solution was used to capture the analyte (Pb) and determine the concentration using the atomic absorption spectroscopy technique with graphite furnace. Dermal penetration tests were also performed in a group of collaborators (04) as an induced test.

The results obtained in gasoline dispensers that work more than 6 hours a day reported levels of lead concentration in their hands that fluctuated from 2,88 ppm to 5,02 ppm. While, for the tests induced in the group of collaborators carried out in two times, using the addition of 1 mL of gasoline (84, 90, 95 and 97 octane) in both hands, levels of lead that fluctuate were reported in the initial time between 6,64 ppm and 10,81 ppm and after one hour of application the lead levels decreased between 3,39 ppm to 9,20 ppm, results that show the dermal penetration of lead that fluctuate from 0,002  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$  to 0,023  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$  (mg of lead absorbed per skin area and per time of exposure).

With the results indicated, it is concluded that gasoline dispensers that work for a long time will have higher levels of lead concentration with greater probabilities of increasing dermal penetration, as shown in the results of the controlled experiment in the collaborators.

**Key words: Lead contamination, dermal penetration, atomic absorption spectroscopy.**

## INTRODUCCIÓN

La contaminación con plomo se conoce desde la Grecia antigua ya que para obtener monedas de plata se utilizaba una cantidad sustancial de plomo para la acuñación de la moneda y de manera masiva, con el avance de la tecnología y a medida que evolucionaban las industrias se utilizó el plomo para la obtención de nuevos productos (tuberías, aditivos, utensilios de cocina, etc.), para poder satisfacer distintas necesidades de un determinado segmento. (Baird & Cann, 2014)

El plomo en el organismo no tiene ninguna función biológica, pero es tóxico y depende de muchos factores a las que están expuestas las personas, el tipo de compuesto y el tiempo de exposición. (Cámara minera de México; International lead management center; Industrias Peñoles S.A. de C.V.; C.Calidad ambiental del tecnológico de Monterrey, 2006)

La exposición al plomo causa anemia, hipertensión, disfunción renal, inmunotoxicidad y toxicidad reproductiva. Se cree que los efectos neurológicos y conductuales asociados al plomo son irreversibles. (OMS, 2017)

Las gasolinas usaban aditivos de compuestos organometálicos para mejorar el octanaje como el tetraetil de plomo y tetrametil de plomo, estos compuestos se prohibieron pues producían contaminación al medio ambiente al ser liberadas por el tubo de escape de los automóviles como compuestos de dihaluros mixto y haluros bromuro de plomo y cloruro de plomo ( $PbBrCr$ ,  $PbBr_2$  y  $PbCl_2$ ). (Baird & Cann, 2014)

Según los autores mencionados el plomo desde tiempos muy remotos ha sido parte de la evolución de la industria, su uso fue importante para la obtención de materiales, herramientas y utensilios. La presencia de partículas de plomo en el medioambiente

hace que exista la contaminación y por tanto las personas o seres vivos que están expuestos a este contaminante presentan varios tipos de toxicidad que con la permanencia en su organismo ocasionan ciertas alteraciones, enfermedades y posteriormente la muerte, pero también dependerá de varios factores como el tiempo de exposición, del tipo de intoxicación y el entorno donde viven y se desenvuelve las personas.

Las gasolinas son combustibles que se usan en distintos medios de transporte, en la actualidad está prohibido el uso de aditivos con plomo porque es un contaminante del medioambiente, por lo que es necesario tener en cuenta el uso y aplicación de las normas de seguridad para la prevención de futuros riesgos.

La presente tesis de investigación proporciona información sobre la contaminación con plomo (concentración de plomo, tiempo de exposición) y la penetración dérmica a los que están expuestos los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho, lo que permite recomendar el uso adecuado de indumentaria de trabajo para poder prevenir la contaminación.

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>SIMBOLOGÍA</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>viii</b>
<b>CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>1</b>
1.1.1. Enunciado del problema.....	2
Problema principal .....	2
Problemas secundarios .....	2
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.2.1. Justificación técnica .....	3
1.2.2. Justificación económica .....	3
1.2.3. Justificación social .....	4
<b>1.3. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
1.3.1. Objetivo General .....	4
1.3.2. Objetivos específicos .....	4
<b>1.4. HIPÓTESIS</b> .....	<b>4</b>
1.4.1. Hipótesis general .....	4
1.4.2. Hipótesis específicas .....	4
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>6</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	8
2.1.3. Antecedentes locales .....	10
2.1.4. Investigaciones diversas .....	12
<b>2.2. PLOMO</b> .....	<b>18</b>
2.2.1. Historia .....	18
2.2.2. Definición.....	22

2.2.3.	Propiedades fisicoquímicas .....	22
2.2.4.	Compuestos de plomo IV .....	23
	a) Tetraetil de plomo (TEP).....	23
	b) Tetrametil de plomo .....	24
<b>2.3.</b>	<b>GASOLINA.....</b>	<b>24</b>
2.3.1.	Octanaje o número de octano .....	26
2.3.2.	Marco Legal .....	27
<b>2.4.</b>	<b>CONTAMINACIÓN CON PLOMO .....</b>	<b>31</b>
2.4.1.	Toxicidad.....	31
	a. Tipos de intoxicación .....	32
	b. Influencia de la vía de administración sobre la toxicidad .....	33
2.4.2.	Flujo de penetración dérmica .....	37
<b>2.5.</b>	<b>TOMA DE MUESTRA POR FROTAMIENTO .....</b>	<b>42</b>
<b>2.6.</b>	<b>ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....</b>	<b>43</b>
2.6.1.	Espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito .....	44
	a. Características .....	45
	b. Aplicaciones analíticas .....	45
	c. Modo de funcionamiento.....	45
	d. Horno de grafito .....	46
	e. Etapas del tratamiento de la muestra.....	47
	<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>50</b>
<b>3.1.</b>	<b>ASPECTOS PRELIMINARES .....</b>	<b>50</b>
<b>3.2.</b>	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN Y MÉTODO.....</b>	<b>51</b>
3.2.1.	Tipo de investigación .....	51
3.2.2.	Método .....	51
<b>3.3.</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>51</b>
3.4.1.	Población.....	51
3.4.2.	Muestra.....	51
<b>3.5.</b>	<b>VARIABLES E INDICADORES.....</b>	<b>51</b>
3.5.1.	Variable de caracterización .....	51

3.5.2. Variable de interés.....	51
<b>3.6. TÉCNICAS .....</b>	<b>52</b>
<b>3.7. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS .....</b>	<b>52</b>
3.7.1. Materiales .....	52
3.7.2. Reactivos .....	53
3.7.3. Equipos.....	54
<b>3.8. TAMAÑO DE MUESTRA .....</b>	<b>54</b>
<b>3.9. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO (HNO<sub>3</sub>) AL 5%.....</b>	<b>55</b>
<b>3.10. HISOPADO DE MANOS .....</b>	<b>55</b>
3.10.1. Muestras de los expendedores de gasolina.....	55
3.10.2. Muestras de colaboradores .....	56
a) Tiempo inicial (t=0).....	58
b) Tiempo final (t=1) .....	58
3.10.3. Muestras de las gasolinas .....	59
<b>3.11. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS .....</b>	<b>59</b>
3.11.1. Tratamiento de las muestras de los expendedores de gasolina .....	59
3.11.2. Tratamiento de las muestras de los colaboradores .....	60
3.11.3. Tratamiento de las muestras de las gasolinas.....	61
<b>3.12. ANÁLISIS CON EL EQUIPO DE ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO .....</b>	<b>62</b>
3.12.1. Lectura de plomo de las muestras de los expendedores.....	62
3.12.2. Lectura de plomo de las muestras de los colaboradores y de las gasolinas .....	64
<b>3.13. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN ppm DE LAS MUESTRAS .....</b>	<b>64</b>
<b>3.14. FLUJO DE PENETRACIÓN DÉRMICA DEL PLOMO .....</b>	<b>65</b>
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1. TAMAÑO DE MUESTRA .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2. PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE HNO<sub>3</sub> AL 5% .....</b>	<b>68</b>
<b>4.3. HISOPADO DE MANOS .....</b>	<b>68</b>
4.3.1. Muestras de expendedores de gasolina .....	69
4.3.2. Muestras de los colaboradores .....	71

<b>4.4. RESULTADO DEL ANÁLISIS POR EAAHG .....</b>	<b>72</b>
4.4.1. Resultado en los expendedores de gasolina .....	72
4.4.2. Evaluación de plomo en las gasolinas .....	79
4.4.3. Flujo de penetración dérmica del plomo en los colaboradores.....	81
<b>4.5. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EXPENDEDORES DE GASOLINA Y COLABORADORES.....</b>	<b>84</b>
4.5.1. Proceso de tratamiento de la muestra .....	84
4.5.2. Proceso de la lectura del analito de plomo por EAAHG .....	86
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>98</b>

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 2.1.** Especificaciones de la gasolina uso motor.
- Tabla 2.2.** Especificaciones de la gasolina con plomo según D.S. 045-2001-EM.
- Tabla 2.3.** Especificaciones de la gasolina (con plomo) NTP 321.004.1981.
- Tabla 2.4.** Vías de exposición al plomo y sus compuestos.
- Tabla 4.1.** Hora de entrada al trabajo, hora de hisopado de manos y hora de exposición de los expendedores de gasolina.
- Tabla 4.2.** Tiempo inicial y final de hisopado de las manos de los colaboradores.
- Tabla 4.3.** Lectura de plomo (ppb) por EAAHG reportado en las manos de los expendedores de gasolina.
- Tabla 4.4.** Concentración real de plomo (ppm) reportado en las manos de los expendedores de gasolina.
- Tabla 4.5.** Concentración real de plomo (mg/L) en las gasolinas (84, 90, 95 y 97 octanos).
- Tabla 4.6.** Concentración real de plomo absorbido (ppm) en las manos de los colaboradores.
- Tabla 4.7.** Flujo de penetración dérmica del plomo ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$ ) en los colaboradores.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1.** Diagrama de proceso de refinación del petróleo.
- Figura 2.2.** La permeabilidad de la piel.
- Figura 2.3.** Partes del horno de grafito.
- Figura 3.1.** Diagrama de bloques del proceso de análisis de plomo en expendedores de gasolina, colaboradores y gasolinas.
- Figura 3.2.** Forma de rotular las muestras.
- Figura 4.1.** Hora de exposición laboral de los expendedores de gasolina 2016 en el distrito de Ayacucho.
- Figura 4.2.** Hora de hisopado de las manos de los colaboradores en distintos tiempos.
- Figura 4.3.** Fotografía de la ventana del ajuste lineal de la recta 2016.
- Figura 4.4.** Concentración real de plomo (ppm) reportado en las manos de los expendedores 2016.
- Figura 4.5.** Concentración real de plomo (mg/L) en las gasolinas de distintos octanajes 2017.
- Figura 4.6.** Concentración real de plomo absorbido (ppm) en las manos de los colaboradores 2017.
- Figura 4.7.** Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la muestra en expendedores de gasolina y colaboradores.
- Figura 4.8.** Diagrama de flujo del proceso de lectura del analito de Pb en expendedores de gasolina y colaboradores.

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo N° 01:** Matriz de Consistencia.
- Anexo N° 02:** Estaciones de servicios y grifos formales del distrito de Ayacucho (Osinergmin).
- Anexo N° 03:** Fotografías de la preparación de la solución de ácido nítrico al 5%.
- Anexo N° 04:** Fotografías de hisopado de mano del expendedor de gasolina y muestras depositadas en bolsa de polietileno.
- Anexo N° 05:** Fotografías de las gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos e hisopos dentro de la solución de ácido nítrico al 5%.
- Anexo N° 06:** Fotografías de la limpieza de manos de los colaboradores con hisopos embebidos con solución de ácido nítrico al 5%.
- Anexo N° 07:** Adición y humectado de manos con 1 mL de las gasolinas de distintos octanajes (muestras en colaboradores).
- Anexo N° 08:** Fotografías del hisopado de manos derecha e izquierda (dorso y palma) de los colaboradores en el tiempo inicial (del dedo pulgar a la mitad del dedo medio).
- Anexo N° 09:** Fotografías del hisopado de manos derecha e izquierda (dorso y palma) de los colaboradores en el tiempo final (de la mitad del dedo medio hacia el meñique).
- Anexo N° 10:** Muestras de los colaboradores y gasolinas.
- Anexo N° 11:** Procesamiento y tratamiento de las muestras de los expendedores de gasolina.
- Anexo N° 12:** Procesamiento y tratamiento de las muestras de los colaboradores y de las gasolinas de distintos octanajes.
- Anexo N° 13:** Encendido del equipo de AAHG para lectura del analito (Pb) en expendedores de gasolina.

- Anexo N° 14:** Inyección y calcinado de las muestras de los expendedores de gasolina.
- Anexo N° 15:** Cálculo de las muestras de los expendedores de gasolina con mención alto, lectura de plomo en ppb por EAAHG.
- Anexo N° 16:** Cálculo de la concentración real de plomo en ppm de los expendedores de gasolina.
- Anexo N° 17:** Cálculo de la concentración real de plomo en mg/L en las gasolinas.
- Anexo N° 18:** Especificaciones técnicas Petroperú de las gasolinas de 80, 90, 95 y 97 octanos.
- Anexo N° 19:** Hojas de datos de seguridad de las gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos.
- Anexo N° 20:** Cálculo de la concentración real de plomo en ppm de los colaboradores.
- Anexo N° 21:** Cálculo del flujo de penetración dérmica (colaboradores) en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$ .
- Anexo N° 22:** Protocolo de muestreo.
- Anexo N° 23:** Fotografías de los resultados de la lectura de plomo en ppb de las gasolinas y colaboradores.

# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En la entrevista realizada con los expendedores de gasolina, la mayoría de ellos manifestaron que alguna vez tuvieron anemia, dolores de cabeza, cansancio y retardo lo cual lleva a comprender que al estar expuestos a este tipo de ambiente y no tener las medidas de seguridad generarían en su organismo los desórdenes mencionados anteriormente, por lo tanto, es necesario evaluar la contaminación con plomo en los expendedores de gasolina.

La concentración de plomo en el organismo de los trabajadores de estaciones de servicio y grifos (expendedores gasolina), se puede determinar por recolección de muestras de sangre, orina y vía dérmica, pero para ser detectados tienen que pasar un proceso de contacto ya sea por inhalación o absorción (poros de la piel).

En esta tesis de investigación se utilizó la vía dérmica (hisopado de manos) para determinar la concentración de plomo en los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho empleando la técnica de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito.

### 1.1.1. Enunciado del problema

#### *Problema principal*

- ¿Cuál es la contaminación con plomo de los expendedores de gasolina en las distintas estaciones de servicios del distrito de Ayacucho?

#### *Problemas secundarios*

1. ¿Cuáles son las concentraciones de plomo en las manos de los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho?
2. ¿Cuál es la concentración de plomo contenida en las gasolinas de distinto octanaje?
3. ¿Cuál será el flujo de penetración dérmica del plomo luego de un determinado tiempo de exposición a las gasolinas de distintos octanajes?

### 1.2. JUSTIFICACIÓN

La presencia de concentración de plomo en las gasolinas ahora es baja, pero aún se utilizan para mejorar el octanaje (El Peruano 2009, Normas vigentes NTP D.S. 045-2001), este metal al ser emitido al medio ambiente genera la contaminación y más aun los que se encuentran en contacto o en un medio laboral expuesto como son los expendedores de gasolina que se contaminan ya sea por inhalación o absorción (poros de la piel). Por lo tanto, el estudio de plomo es necesario para poder prever y capacitar a futuro a los expendedores de gasolina y tengan cuidado en su salud. La técnica de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito tiene ventajas como alcanzar una mayor sensibilidad porque en el proceso de atomización de la muestra los átomos permanecen un tiempo más prolongado y se mide la atenuación de la intensidad de la luz en unidades de ppb como resultado de la absorción, el cual también utiliza menores volúmenes de muestra, por lo tanto esta técnica nos

permitirá obtener resultados precisos de concentración de plomo de las muestras (hisopado de manos) obtenidas de los expendedores de gasolina y a su vez estarán influenciados con el tiempo de exposición (horas de trabajo).

#### **1.2.1. Justificación técnica**

Desde el punto de vista técnico, la tesis de investigación empleará el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito del laboratorio del Departamento de Ingeniería Forense de la Dirección Ejecutiva de Criminalística de la Policía Nacional del Perú y del laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, que nos brindaron los análisis necesarios (concentración de plomo). Los materiales y reactivos necesarios fueron de los laboratorios de criminalística (DIREJCRI) y transferencia de masa de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

#### **1.2.2. Justificación económica**

Los resultados proporcionan información sobre la concentración de plomo que adquieren los expendedores de gasolina, por lo tanto, nos indica que sí están contaminados (contenido de plomo en el organismo) tendrán anemia, dolores de cabeza, retardo, cansancio; por lo tanto, los expendedores de gasolina no brindarán un adecuado desempeño laboral y atención al público o clientela ocasionando pérdidas económicas en el negocio y en el tratamiento médico de los trabajadores.

### **1.2.3. Justificación social**

Mediante el desarrollo de esta tesis de investigación se pretende mejorar la calidad de vida, atención y desempeño laboral de los expendedores de gasolina, porque se puede prevenir las enfermedades, además de optar de buenas prácticas laborales como el uso de una adecuada vestimenta y las capacitaciones sobre contaminación con plomo.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Determinar la contaminación con plomo de los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho en el año 2017.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Determinar la concentración de plomo en las manos de los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho.
2. Determinar la concentración de plomo en las gasolinas de distinto octanaje y comparar con las especificaciones técnicas de las gasolinas de Petroperú.
3. Determinar el flujo de penetración dérmica del plomo en las manos de los colaboradores.

## **1.4. HIPÓTESIS**

### **1.4.1. Hipótesis general**

- Los expendedores de gasolina de las distintas estaciones de servicio del distrito de Ayacucho estarían contaminados con plomo.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

1. Las concentraciones de plomo en los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho podrían adquirir valores considerables.

2. Las concentraciones de plomo en las gasolinas de distinto octanaje se encuentran dentro del valor máximo referidas en las especificaciones técnicas de las gasolinas de Petroperú.
3. Existe penetración dérmica del plomo a través de las manos evaluadas en los colaboradores para una hora de exposición.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

No existe una investigación o una publicación relacionada con determinación de contaminación con plomo por vía dérmica, sin embargo, hay muchos textos y trabajos de investigación cuyo contenido muestran cierta relación con estos trabajos y aportan algunos puntos importantes a esta tesis de investigación.

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

- Según Cortés (2016) en su tesis **“Determinación de niveles sanguíneos de plomo en una muestra de niños mediante espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito”**. Realizada en Colombia, cuyo objetivo general fue determinar los niveles sanguíneos de plomo presente en una muestra de niños que se encuentren hospitalizados en el Hospital La Misericordia, en un periodo de tiempo de tres meses utilizando la técnica espectrometría de absorción atómica y de diseño metodológico es de tipo transversal. Se recolectaron muestras de sangre de niños hospitalizados de

edades comprendidos entre 3 meses y 17 años teniéndose un total de 300 muestras de las cuales 31 niños obtuvieron concentraciones mayores de 2,5  $\mu\text{g/dL}$ , 25 pertenecen a la ciudad de Bogotá, 4 a Cundinamarca y 2 a Boyacá, de estos resultados se observó que 6 individuos con valores mayores de 4  $\mu\text{g/dL}$ , pero de estos resultados ninguno sobrepasó el límite permitido que corresponde a 10  $\mu\text{g/dL}$ .

- Según Marquéz (2012) en su tesis **“Biomonitorización de cadmio, cromo, manganeso, níquel y plomo en muestras de sangre total, orina, vello axilar y saliva en una población laboral expuesta a metales pesados”**. Realizado en España, cuyo objetivo general fue comprobar la validez de la determinación de cadmio, cromo, manganeso, níquel y plomo en muestras de saliva y vello axilar respecto a otros fluidos clásicos (sangre y orina). Se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, se recolectaron muestras de sangre, orina y vello axilar de 178 trabajadores (55 varones de Córdoba, 6 varones de Martos, 37 varones y 8 mujeres de Palma Mallorca), los cuales fueron recogidos el viernes que es fin de la semana laboral. Los resultados mostraron niveles medios de 3,01  $\mu\text{g/L}$  de plomo en saliva, 23,78  $\mu\text{g/g}$  de plomo en vello axilar, 44,21  $\mu\text{g/L}$  de plomo en sangre y 21,99  $\mu\text{g/L}$  de plomo en orina.
- Según Martínez (2012) en su tesis **“Plomo en suelo y su asociación con los niveles sanguíneos en niños y mujeres embarazadas”**. Realizada en México, cuyo objetivo general fue determinar las concentraciones de plomo en el suelo, sangre de niños y mujeres embarazadas de Vetagrande, Zacatecas. Se utilizó la técnica espectrofotometría de absorción atómica

con horno de grafito el cual midió la concentración de plomo en la sangre de niños y embarazadas que viven en Vetagrande, Zacatecas, además también se determinó la concentración de plomo en el suelo (patio de sus casas). En 33 muestras de sangre de niños de edades que fluctuaban de 0 a 12 años, que fueron analizados se encontró una concentración de 16,03  $\mu\text{g/dL}$  de plomo en la sangre y de 13 muestras sanguíneas de mujeres embarazadas, 2 tuvieron una concentración de plomo de 22,17  $\mu\text{g/dL}$  y 27  $\mu\text{g/dL}$ , las concentraciones de plomo en sangre de niños y embarazadas exceden los 10  $\mu\text{g/dL}$ . También se recolectaron 21 muestras de suelos los cuales pertenecen a las viviendas de las personas seleccionadas de estas muestras se encontró que 14 muestras presentaron concentraciones de plomo de 1126,49 mg/kg que superaron los 300 mg/kg definido como valor límite.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

- Según Llahuilla (2017) en su tesis **“Evaluación de la concentración de plomo y cadmio en lápices para niñas, expendios en el Cercado de Lima”**. Realizado en Lima cuyo objetivo general fue evaluar la concentración de los niveles de plomo y cadmio en 20 muestras de lápices labiales para niñas utilizando el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, donde se encontró que el 45% de los lápices labiales presenta concentraciones de plomo que oscilan de 0,84 a 18,57 ppm y el 80% presentan concentraciones de cadmio que oscilan entre 0,017 ppm y 1,025 ppm. Los valores permisibles de la administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) establecen que la concentración de

plomo debe ser  $\leq 10$  ppm, y para el cadmio es  $\leq 0,005$  ppm en los lápices labiales, donde el 10% de las muestras sobrepasan los valores establecidos para el plomo y el 80% sobrepasan los valores establecidos para el cadmio.

- Según Hermoza & Lomparte (2016) en su tesis **“Determinación Toxicológica de Plomo en leche de madres lactantes del centro de salud San Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao”**. Realizado en Lima cuyo objetivo general fue determinar la concentración de plomo en leche de madres lactantes del Centro de Salud San Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao. Se recolectaron 34 muestras de 10 mL de leche materna de mujeres en etapa de lactancia cuyas edades fluctúan entre 16 y 40 años. Se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, concluyendo en que la concentración media de plomo hallada en leche de madres lactantes del Centro de salud de San Juan Bosco fue de 5,9  $\mu\text{g/g}$  a 8,7  $\mu\text{g/g}$  los cuales superan los límites de 2  $\mu\text{g/g}$  a 5  $\mu\text{g/g}$  establecidos por la OMS.
- Según Tejada (2014) en su tesis **“Dosaje de plomo en sangre en relación a la contaminación por el parque automotor en Arequipa”**. Realizado en Arequipa cuyo objetivo general fue de establecer la relación entre el dosaje de plomo en sangre y la contaminación por el parque automotor en la ciudad de Arequipa entre diciembre del 2013 y enero del 2014. Se recolectaron 17 muestras sanguíneas de personas que fluctúan en edades de 25 a 60 años de los distritos de Miraflores y Characato y se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito obteniéndose como resultado de 4,23  $\mu\text{g/dL}$  de plomo en muestras de

personas del distrito de Miraflores de 3,97  $\mu\text{g}/\text{dL}$  de plomo del distrito de Characato encontrándose dentro de los valores establecidos por la OMS.

- Según Castro & Sobrado (2010) en su tesis **“Detección y cuantificación de plomo en muestras de sangre venosa de escolares de 12 a 17 años de la urbanización La Primavera de distrito del Agustino mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica”**. Realizado en Lima, cuyo objetivo general fue determinar la presencia y concentración de plomo en muestras de sangre venosa en escolares de 12 a 17 años de la urbanización La Primavera del distrito del Agustino. La población fue los estudiantes del colegio Toribio Rodríguez de Mendoza, el cual se eligió porque se encontraba cerca de una empresa metalúrgica, las muestras sanguíneas fueron de 40 adolescentes estudiantes del nivel secundario cuyas edades fluctúan entre 12 a 17 años. Para la cuantificación del plomo se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito, encontrándose una concentración de plomo de 2,89  $\mu\text{g}/\text{dL}$  en la sangre considerado normal según la OMS. El tiempo de residencia de los adolescentes en estudio guarda relación directa con la concentración de plomo en sangre.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

- Según Avilés (2010) en su tesis **“Niveles de plomo en leche materna en los hospitales II Essalud Huamanga y Daniel Alcides Carrión del Callao, Lima 2010”**. En esta investigación el objetivo general fue conocer los niveles de plomo en leche materna en los hospitales II Essalud Huamanga y Daniel Alcides Carrión del Callao de Lima. Se recolectaron

50 muestras de leche materna de madres lactantes (25 muestras del hospital II Essalud Huamanga y 25 muestras del hospital Daniel Alcides Carrión del Callao), se utilizó la técnica de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito concluyendo en que los valores promedio de plomo en la leche materna del hospital II Essalud Huamanga fue de 1,294  $\mu\text{g/g}$  y para la leche materna del hospital Daniel Alcides Carrión del Callao fue de 3,058  $\mu\text{g/g}$  los cuales se encuentran dentro de los parámetros normales establecidos por la OMS. Además, que la leche materna del hospital II Essalud Huamanga presenta menor nivel de plomo en comparación de la leche materna del hospital Daniel Alcides Carrión del Callao, también existe relación directa entre el contenido de plomo, el tiempo de residencia y edad de las madres que asisten a los hospitales II Essalud Huamanga y Daniel Alcides Carrión del Callao.

- Según Osoreo & Pérez (2009) en su tesis **“Intoxicación plúmbica y su relación con el coeficiente intelectual de los niños de 6 a 12 años de edad de la Asociación de los Mecánicos de Jesús de Nazareno”**. En esta investigación su objetivo general fue determinar la intoxicación plúmbica y el coeficiente intelectual de los niños de 6 a 12 años de edad de la Asociación los Mecánicos de Jesús Nazareno. Se recolectaron 44 muestras sanguíneas de niños de edades que fluctúan de 6 a 12 años, para determinar la concentración de plomo se utilizó la técnica de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito, los resultados obtenidos demostraron que el 16,67% de niños poseen una concentración de plomo de 10  $\mu\text{g/dL}$  a 24  $\mu\text{g/dL}$ , lo cual indica una intoxicación leve por lo que se

considera el área como alto riesgo, además que la intoxicación plúmbica está altamente relacionada con el coeficiente intelectual de los niños que viven en la asociación Los Mecánicos ya que a mayor concentración de plomo en sangre existe menor nivel de coeficiente intelectual en los niños.

- Según Silvera (2008) en su tesis **“Niveles de plomo en sangre de pobladores de las vías de alto tráfico vehicular de la ciudad de Ayacucho”**. En esta investigación su objetivo general fue determinar los niveles de plomo en sangre de personas que laboran en vías de alto tráfico vehicular de la ciudad de Ayacucho. Se recolectaron 52 muestras sanguíneas de personas adultas (ambulantes, comerciantes y prestadores de servicio) de las vías de alto tráfico vehicular (Av. Mariscal Cáceres, Jr. Tres Máscaras, Jr. Carlos F. Vivanco y Jr. Libertad), se aplicó la técnica de absorción atómica con horno de grafito, concluyendo que la concentración promedio de plomo fue de 12,069  $\mu\text{g/dL}$  en sangre, lo cual se encuentra dentro de los parámetros normales establecidos por la OMS, además que la concentración de plomo varía de acuerdo al tiempo de exposición ya que a medida que pasan los años de exposición, aumenta los valores de plomo en sangre.

#### **2.1.4. Investigaciones diversas**

Las personas que tienen distintas ocupaciones laborales están expuestas en medios ambientes donde el plomo está presente como vapor, estas personas se contaminan absorbiendo plomo por los distintos medios o vías ocasionando problemas de salud como la anemia, cansancio, retardo, irritabilidad, dolores de cabeza y en otros casos hasta la muerte. Para

comprender mejor sobre la contaminación del plomo se detallarán distintas investigaciones.

- Según Acaro, Ccahuana, & Ccahuana (2014) en la publicación *Ágora Revista Científica*: **“Intoxicación ocupacional por plomo en diversos grupos de Trabajadores del cercado de Ica”**. El objetivo de este trabajo es medir la concentración de plomo en la sangre y obtener información sobre hallazgos clínicos y protección personal, en trabajadores expuestos al plomo del cercado de Ica. La población estudiada fue de 30 trabajadores, los resultados obtenidos de los trabajadores de imprenta tienen el valor máximo de plomo en sangre (46,30  $\mu\text{g/dL}$ ), seguido por los trabajadores de mecánica automotriz (27,90  $\mu\text{g/dL}$ ) y expendedores de gasolina con un (26,60  $\mu\text{g/dL}$ ), concluyendo en que los niveles de plomo sanguíneo de los trabajadores de imprenta de la ciudad de Ica son notablemente más altas con un rango de 21,90 a 46,30  $\mu\text{g/dL}$  y los trabajadores están en peligro inminente de toxicidad por plomo. Los niveles de plomo sanguíneo de los trabajadores se ven influidas por sus prácticas laborales, malas condiciones de trabajo, el turno prolongado laboral y la duración de la exposición ocupacional al plomo.
- Según Baird & Cann (2014) en su libro de *Química Ambiental* en el tema **“Plomo ambiental procedente de la gasolina con plomo”** refiere que se utilizan aditivos en la gasolina con contenido de plomo que se liberan por combustión de los compuestos tetraalquílicos estos deben de eliminarse antes de que formen depósitos metálicos y dañen el motor del vehículo. También se añaden pequeñas cantidades de dibromuro de etileno y

dicloruro de etileno a la gasolina con plomo, con el objetivo de convertir los productos de combustión en formas volátiles que puedan abandonar el motor en los gases de escape. Puesto que los compuestos de plomo tetraalquílico son volátiles, se evaporan de la gasolina en cierta medida y entran en el ambiente en forma de gas. Estos compuestos no son solubles en agua, pero son fácilmente absorbidos por la piel. A elevados niveles de exposición el plomo tetraalquílico resulta fatal, como se descubrió hace años, cuando murieron varios empleados de las empresas que originariamente producían estos compuestos. En consecuencia, casi todo el plomo tetraalquílico que hay en el medio ambiente se ha originado, probablemente, a partir de la gasolina con plomo. Como resultado, el plomo se elimina del motor a través del tubo de escape y entra en la atmósfera en forma de mezcla de dihaluro mixto  $PbBrCl$  con los dihaluros  $PbBr_2$  y  $PbCl_2$ . A continuación estos compuestos forman  $PbO$  bajo la influencia de la luz solar, que se produce en forma de un aerosol en la atmósfera durante horas o días. Los vehículos emiten una gran proporción de plomo al ambiente en muchas partes del mundo, que se libera sobre todo en forma inorgánica.

- Según Arosquipa & Villegas (2013), en la Revista de la Sociedad Química del Perú **“Determinación del contenido de plomo en sangre proveniente de la policía de tránsito femenina de las unidades centro y sur de Lima Metropolitana”** el objetivo es determinar el contenido de plomo en sangre proveniente de la policía de tránsito femenina de las Unidades Centro y sur de Lima Metropolitana para evaluar aspectos de su exposición a este

contaminante ambiental, tomando 60 muestras que se realizaron en dos tiempos: en el mes de julio del 2005 y en octubre del 2008. Para determinar la concentración de plomo en sangre se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito obteniéndose como resultado para el 2005 que la policía que trabaja en vía pública tuvo un valor promedio de 14  $\mu\text{g Pb/dL}$  a 23  $\mu\text{g Pb/dL}$  y para la policía que trabaja en oficina fue de 8,3  $\mu\text{g Pb/dL}$  a 10  $\mu\text{g Pb/dL}$ . En el año 2008 las concentraciones promedio de plomo en la policía que trabaja en la vía pública es de 13  $\mu\text{g Pb/dL}$  a 21  $\mu\text{g Pb/dL}$  y para la policía que trabaja en oficina es de 8,1  $\mu\text{g Pb/dL}$  a 11  $\mu\text{g Pb/dL}$  y concluyendo que en el año 2005 el contenido promedio de plomo en sangre para la policía de tránsito femenina fue casi el doble para el personal que trabaja en la vía pública respecto a los valores obtenidos en el personal que labora en oficina y en el año 2008 el contenido promedio de plomo en sangre, para el personal de la policía de tránsito femenina que trabajaba en la vía pública corresponde al doble y 60% mayor a los contenidos de plomo obtenidos por el personal que labora en oficina además que los valores del contenido promedio de plomo en sangre para el personal que labora en la vía pública disminuyeron en el año 2008 respecto al año 2005, mientras que para el personal que trabaja en oficina los valores obtenidos disminuyeron entre 10% a 11%.

- Según Guillén, Escate, Guillén Pinto, & Rivera (2013), en la revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública “**Plomo en Sangre de Cordón umbilical de Neonatos Nacidos en un Hospital del Norte de Lima**” el objetivo general es determinar la concentración de plomo en

sangre de cordón umbilical (SCU) de recién nacidos (RN) hijos de madres primigestas residentes en la zona norte de Lima. El lugar donde se recolectaron las muestras ha sido el Hospital Nacional Cayetano Heredia entre julio de 2011 a diciembre de 2012 donde se incluyeron 100 RN, las madres primigestas tenían un tiempo mínimo de residencia de 5 años en la zona norte de Lima con respecto a los factores de riesgo conocidos para intoxicación por plomo, se utilizó la técnica de absorción atómica con horno de grafito. En las 100 muestras se obtuvieron resultados que el 30% de muestras tenían niveles de plumbeina de riesgo incrementado (plumbeina  $\geq 3,0 \mu\text{g/dL}$ ), así como también niveles tóxicos de plomo en sangre de 16% de las muestras procesadas y concluyendo en que hay una alta frecuencia de neonatos contaminados con plomo en sangre de cordón umbilical hijos de madres primigestas residentes de los distritos de la zona norte de Lima.

- Según Larese y otros (2006) en el artículo **“Skin absorption of inorganic lead (PbO) and the effect of skin cleansers”** del Journals Occupational and Environmental Medicine. El objetivo fue de investigar la penetración percutánea del óxido de plomo y el efecto de descontaminación de la piel con dos detergentes. El estudio proporcionó información sobre la penetración de PbO en la piel y la efectividad de la descontaminación, se demostraron que existe la penetración de la piel in vitro de PbO además que existe el aumento de penetración usando piel dañada; después de 30 minutos de usar un limpiador para eliminar el polvo de PbO se obtuvo como resultado que no reduce la penetración de Pb que ocurre durante los

siguientes 24 horas pero solo causo una reducción en el contenido de Pb en la piel esto quiere decir que no es suficiente los 30 minutos para reducir la absorción inicial, también estos 30 minutos es suficiente para que la cantidad de plomo haya pasado al estrato córneo y creado un gradiente de concentración y el uso de un común limpiador (como) puede aumentar significativamente penetración de Pb en la piel en 24 horas; en conclusión el estudio confirma el papel de la piel como una membrana permeable y la necesidad de evitar el contacto con xenobióticos y el procedimiento de limpieza utilizado para eliminar el plomo de la piel debe ser elegido cuidadosamente.

- Según Aranguren, Burguera, Burguera, & Montilla, (2003) en el libro **Geoenseñanza en el tema “Concentraciones de plomo en sangre y orina en trabajadores en expendios de gasolina, Trujillo - Venezuela”**. El objetivo de este trabajo de investigación es determinar analíticamente las concentraciones de plomo existente en la sangre y orina de los trabajadores que laboran en las estaciones o expendios de gasolina, ubicadas en la ciudad de Trujillo, Venezuela. Para ello se ha extraído 21 muestras de sangre y 21 muestras de orina. La técnica utilizada fue de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito además se tomó como referencia los valores utilizados por el laboratorio de Espectroscopia Molecular de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes y son los siguientes: sangre de 44 mg/L – 140 mg/L y orina 8 mg/L – 40 mg/L, teniendo como resultado una concentración de plomo en sangre y orina: 03 trabajadores de 201,33mg/L y 43,33 mg/L, 06

trabajadores 142,33 mg/L y 33,00 mg/L, 02 trabajadores de 214,50 mg/L, 07 trabajadores de 179,71 mg/L y 36 mg/L, estos resultados expresan que en la ciudad de Trujillo presenta altos niveles de plomo en la sangre y orina en los expendedores, producto de las emisiones de vehículos que utilizan gasolina con aditivos de plomo.

## **2.2. PLOMO**

### **2.2.1. Historia**

El plomo se utilizó en tiempos antiguos como metal estructural, así como en la construcción de edificios impermeables, en cañerías y conductos de agua, y en recipientes de cocina. (Baird & Cann, 2014)

El plomo es uno de los metales más conocidos desde la antigüedad y el hombre lo empleó tanto por lo mucho que abunda como por su facilidad de fundirse. Suponen que Midácritas fue el primero que lo llevó a Grecia. Plinio el Viejo dice que en la antigüedad se escribía en láminas u hojas de plomo y algunos autores aseguran haber hallado muchos volúmenes de plomo en los cementerios romanos y en las catacumbas de los mártires. El uso de escribir en láminas de plomo es antiquísimo y Pausanias menciona unos libros de Hesíodo escritos sobre hojas de dicho metal. Se han encontrado en York (Inglaterra) láminas de plomo en que estaba grabada una inscripción del tiempo de Domiciano. (wikipedia, 2018)

En el Imperio romano las cañerías y las bañeras se recubrían con plomo o con cobre. Los romanos pudieron ser envenenados por el plomo presente en las cañerías, o también por su presencia en monedas, cazuelas y platos, así como en pinturas y cosméticos. Sin embargo, la fuente más probable fue una vez más

el vino, especialmente un edulcorante y conservante que los romanos llamaban sapa o defrutum, los romanos hervían jugo de uvas en cazuelas de plomo para extender la vida de los vinos y convertirlos en más dulce. (JCP, 2014)

En la Edad Media se empleaban grandes planchas de plomo para las techumbres y para revestir el armazón de madera de las flechas o torres. También se fundían en plomo muchos medallones, mascarones de fuentes y había también fuentes bautismales de plomo. En 1754 se halló en la Alcazaba o Albaicín de Granada una lámina de plomo de 30 pulgadas (76,2 cm) de largo y 4 pulgadas (10,16 cm) de ancho con tres dobleces y entre ellos, una cruz y en el mismo año un libro de hojas de plomo escritas. Los caracteres de estos descubrimientos persuadieron de que eran de una fecha anterior al siglo VIII. (wikipedia, 2018)

Los análisis de muestras de los núcleos de hielo procedentes de Groenlandia indican que la concentración atmosférica de plomo alcanzo un pico en los tiempos de la civilización romana, y no se igualo hasta el Renacimiento. En los tiempos de Grecia antigua, la plata se produjo de manera masiva para la acuñación de monedas; aparentemente una cantidad sustancial de plomo contaminante escapo al aire durante el refinado de la plata cruda. La historia de la presencia de plomo en el medio ambiente se mostró en muestras tomadas en las turberas de Suiza, las capas de las turberas se dejaron a lo largo de los milenios, y cada capa incorporo partículas de polvo con contenido de plomo procedentes del aire de su tiempo, así pues, se pudo deducir el origen del plomo atmosférico antes de que se liberara al aire. (Baird & Cann, 2014)

En una gran casa del siglo XVII podías encontrar una mesa cubierta con cacharros de plomo, así como las cisternas que contenían el agua, los desagües, las cañerías. El plomo conocido como "copo blanco" era valorado por antiguos maestros como Rembrandt por la resolución de su color y los bellos contrastes que aportaba a sus pinturas al óleo. Entre tanto, los fabricantes de vidrio aprendieron que si añadían óxido de plomo lograban darle brillo a objetos como decantadores de vino, porque el plomo refracta la luz a través de un arco más amplio. La Revolución Industrial (siglos XVIII-XIX) dio lugar a una nueva oleada de envenenamiento por plomo mucho más grande que cualquier hecho sucedido en los tiempos antiguos. Los trabajadores de las minas de plomo de Derbyshire (Reino Unido), por ejemplo, tenían a menudo una línea negra en sus encías, al parecer causada por la reacción química entre el plomo en la sangre y el sulfuro liberado por las bacterias en la boca, después de que comieran cierto tipo de alimentos, huevos incluidos. Los más afectados fueron los empleados en fundiciones o fábricas de pinturas basadas en plomo, que se hallaron rodeados diariamente por los gases emanados por el plomo. (JCP, 2014)

En 1860, la proporción del isótopo de plomo depositado en Europa empezó un descenso continuo, con una velocidad de cambio que se incrementó con la introducción de la gasolina con plomo, hacia 1940, probablemente como consecuencia del uso extensivo de plomo procedente primero de Australia (con una proporción de 1,04) y a continuación de la gasolina en el Canadá. (Baird & Cann, 2014)

Las acciones del químico Thomas Midgley Jr. fueron temerarias hasta el extremo, pues él fue el hombre que puso plomo en la gasolina. En 1921, como brillante joven químico de la automotriz General Motors, descubrió que al añadir el componente tetraetílico derivado del plomo los motores funcionaban de forma más eficiente, eliminando el golpeteo incontrolable de los primeros autos de motor, el producto se comercializó con el inocente nombre de "etilo". Cuando fue retado por los peligros del contenido de plomo, Midgley convocó una rueda de prensa en la que roció sus manos con el elemento químico y respiró su vapor durante todo un minuto, alegando que podría hacer lo mismo cada día sin sufrir efectos nocivos. La planta de etilo de GM en Nueva Jersey tuvo que cerrar después de que varios trabajadores se volvieran locos y algunos murieran. La prensa rebautizó el etilo con el nombre de "gas lunático". En las décadas de 1970 y 1980, el psiquiatra infantil Herbert Leroy Needleman descubrió que incluso los niveles muy bajos de exposición al plomo causaban daños irreparables a infantes, incluidos bebés no natos. Conforme crecieron, sus coeficientes intelectuales eran más bajos, tenían problemas de concentración y a menudo abandonaban los estudios. En gran parte gracias al trabajo de Needleman, Estados Unidos empezó a eliminar gradualmente el tetraetilo de plomo en 1975, y la mayor parte del mundo siguió el ejemplo. Aun así, solo ahora se empieza a conocer la posible escala del daño causado por el envenenamiento por plomo. Needleman alegó que la pintura con plomo es una fuente de envenenamiento casi tan grande como la gasolina en el mundo moderno. (JCP, 2014)

### **2.2.2. Definición**

Plomo (Pb): metal pesado, no tiene olor ni sabor especial, de color grisáceo, con aspecto brillante cuando se corta, al ser expuesto al aire se oxida rápidamente lo cual se denota a través del tono mate que adquiere. Muy dúctil, maleable y resistente a la corrosión, y pobre conductor de la electricidad, son características que lo hacen un elemento de amplia aplicación en metalurgia y electricidad. Es 11 veces más denso que el agua, se obtiene de la galena (sulfuro de plomo) que es la forma más abundante de este elemento en la naturaleza y se encuentra generalmente asociada a diversos minerales de zinc y en pequeñas cantidades, con cobre, cadmio y fierro, entre otros. (Cámara minera de México; International lead management center; Industrias Peñoles S.A. de C.V.; C.Calidad ambiental del tecnológico de Monterrey, 2006)

Es el metal tóxico más omnipresente, y es detectable en prácticamente todas las fases del medio ambiente. Dado que es tóxico para casi todos los seres vivos a exposiciones altas, y no hay necesidad biológica demostrada para ello, el principal problema respecto al plomo es determinar la dosis a la cual es tóxico. Las poblaciones más susceptibles son los niños, en particular lactantes mayores, lactantes durante el periodo neonatal y el feto. (Klaassen & Watkins III, 1999)

### **2.2.3. Propiedades fisicoquímicas**

Densidad relativa de 11,4 g/mL a 16 °C, número atómico 82, masa atómica 207,19 g/mol, funde a 327 °C y hierve a 1725 °C. Aunque resiste la acción del ácido sulfúrico y clorhídrico, se disuelve con facilidad en ácido nítrico concentrado caliente y ácidos orgánicos (cítrico, acético), originándose sales

solubles. (Cámara minera de México; International lead management center; Industrias Peñoles S.A. de C.V.; C.Calidad ambiental del tecnológico de Monterrey, 2006)

#### **2.2.4. Compuestos de plomo IV**

La mayoría de los compuestos de Pb (IV) son moléculas covalentes en lugar de compuestos iónicos de  $Pb^{4+}$ . En este sentido, el plomo tetravalente tiene un comportamiento similar al de los otros elementos (C, Si, Ge, Sn).

Tanto comercialmente como para el medio ambiente, los compuestos de plomo (IV) más importantes son los compuestos tetraalquílicos,  $PbR_4$ , sobre todo los formados a partir del grupo metilo,  $CH_3$  y el grupo etilo  $CH_2CH_3$ , llamados tetrametilplomo,  $Pb(CH_3)_4$ , y tetraetilplomo  $Pb(C_2H_5)_4$ . (Baird & Cann, 2014)

##### **a) Tetraetil de plomo (TEP)**

El tetraetil de plomo es un líquido incoloro que hierve en torno a  $200\text{ }^\circ\text{C}$  y resulta muy tóxico; se añade a las gasolinas para aumentar su número de octano. La principal característica de este producto la constituye su buena solubilidad en la gasolina. La producción de este compuesto está dirigida principalmente a su uso como aditivo de la gasolina por ser un agente antidetonante, por lo tanto, la exposición a este compuesto puede ocurrir durante la síntesis, manipulación y transporte de la gasolina. (Cámara minera de México; International lead management center; Industrias Peñoles S.A. de C.V.; C.Calidad ambiental del tecnológico de Monterrey, 2006)

Líquido aceitoso, irritante, incoloro, olor agradable. Agente antidetonante de la gasolina. (Plunkett, 1978)

### **b) Tetrametil de plomo**

El tetrametil plomo es un compuesto antidetonante similar al anterior, en el cual el átomo de plomo va unido a cuatro grupos metilo. El empleo comercial de este producto en las gasolinas se remonta a principios de los años sesenta y ha substituido en gran parte al tetraetil de plomo. Posee características físicas y propiedades antidetonantes análogas; su principal diferencia consiste en la volatilidad. El tetrametil de plomo hierve a 110 °C.

Ambos compuestos encontraron un amplio uso como aditivos de la gasolina (alrededor de un gramo por litro) en la producción de gasolina con plomo, esta práctica ha quedado obsoleta en América del Norte y en otros países desarrollados, excepto en el caso de combustible de aviación, para el que no se ha encontrado aún un sustituto. (Baird & Cann, 2014)

La diferencia en su volatilidad (200 °C del tetraetil de plomo y 110 °C tetrametil de plomo) es muy importante, al menos cuando el producto se añade a ciertos tipos de gasolinas, ya que los componentes más volátiles (si están dotados de un número de octano más elevado) pueden reducir el fenómeno de detonación en las aceleraciones. (Motor Giga, s.f.)

### **2.3. GASOLINA**

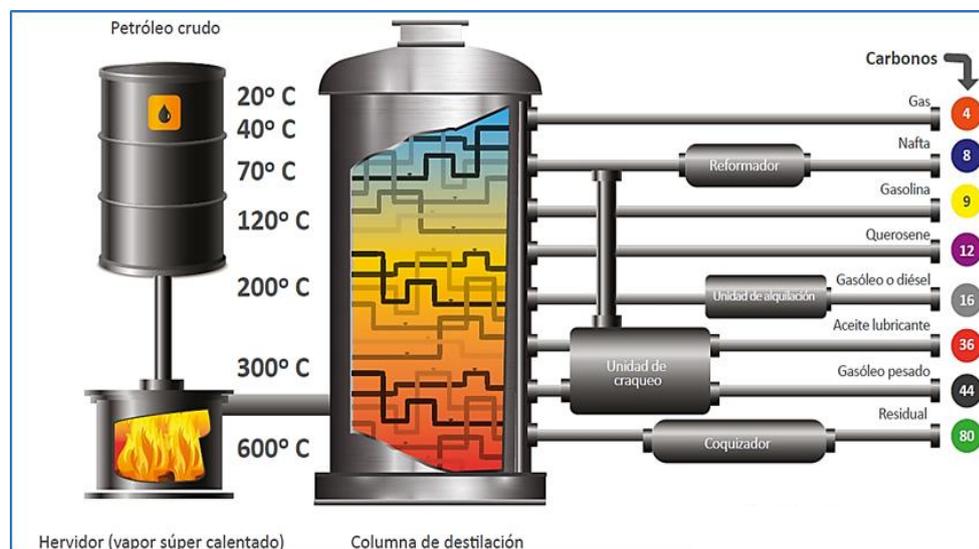
La gasolina es un hidrocarburo derivado liviano del petróleo en el rango de los 26 a 204 °C, para usar en motores de combustión interna de encendido por chispa. (Tamayo, Vásquez, Salvador, & De la Cruz, 2015)

La gasolina formada principalmente por alcanos no ramificados y cicloalcanos, tiene características que no favorecen la combustión cuando se quema en motores de combustión interna. Una mezcla de aire y gasolina

vaporizada de este tipo tiende a prender espontáneamente en el cilindro del motor antes de que este sea comprimido del todo y salte la chispa, de manera que el motor detona, con la resultante pérdida de potencia. En consecuencia, la gasolina se formula incorporando sustancias que eviten la detonación. (Baird & Cann, 2014)

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos que se encuentra en el rango aproximado de C5 a C11. En las refinerías, las gasolinas se obtienen durante el proceso de destilación primaria de petróleo crudo y de procesos complejos de refinación, como el craqueo catalítico. La gasolina está diseñada para el uso en motores de ignición por chispa y de combustión interna. (Petroperú, 2014)

Son mezclas primarias de hidrocarburos alifáticos, ramificados e insaturados y de hidrocarburos aromáticos. (Klaassen & Watkins III, 1999)



**Figura 2.1.** Diagrama de proceso de refinación del petróleo (Tamayo, Vásquez, Salvador, & De la Cruz, 2015).

La gasolina resulta de la refinación del petróleo (figura 2.1) que consiste en separar, mediante el calor, los diversos hidrocarburos que luego se mezclan

con componentes que permiten otorgarles las especificaciones técnicas exigidas en el país para su comercialización (ejemplo: octanaje).

### **2.3.1. Octanaje o número de octano**

Está altamente relacionada con el rendimiento del motor del vehículo. El octanaje se refiere a la medida de la resistencia de la gasolina a ser comprimida en el motor. Esta se mide como el golpeteo o detonación que produce la gasolina comparada con los patrones de referencia conocidos de iso-octano y n-heptano, cuyos números de octano son 100 y cero respectivamente. Con respecto a la combustión, esta, en condiciones normales se realiza de manera rápida y silenciosa, pero cuando el octanaje es inadecuado para el funcionamiento del motor, la combustión se produce de manera violenta causando una explosión o detonación que por su intensidad puede causar daños serios al motor del vehículo. Existen dos formas de medir el octanaje: el RON (Research Octane Number), y el MON (Motor Octane Number) los cuales difieren entre sí por las condiciones en las que se realizan las mediciones. Para medir el octanaje se usa como patrón una mezcla de iso-octano y plomo tetraetilo, el octanaje será 100 más la cantidad de plomo tetraetilo añadido. (Aguilar & Amanqui, 2011)

Es la medida de resistencia a la ignición de la gasolina sin la ayuda de una bujía. Un mayor octanaje implica menor resistencia. El uso de una gasolina de menor octanaje provoca el conocido “cascabeleo”, ya que el combustible se inflama antes de que se encienda la chispa. (Tamayo, Vásquez, Salvador, & De la Cruz, 2015)

### 2.3.2. Marco Legal

*a) Reglamento para la comercialización de combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos. Decreto Supremo N° 045-2001-EM.*

#### **Artículo 51. - Calidad de los combustibles**

La clasificación, características o especificaciones y estándares de calidad de los combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos, de origen nacional o importado deberán cumplir con la última versión de las normas NTP respectivas, y para aquello no previsto en las normas citadas, deberán cumplir con la Norma ASTM respectiva. En el caso de normas NTP aprobadas con posterioridad a la vigencia del presente Reglamento, el MEM establecerá la fecha en que serán aplicadas. (Ministerio de Energía y Minas, 2001)

#### *b) Norma Técnica Peruana*

Documento técnico voluntario que contiene especificaciones de calidad, métodos de ensayo, etc. Es elaborada con la participación de los sectores involucrados (producción, consumo, técnico, etc.) que integran un Comité Técnico. (Norma Técnica Peruana, 2001)

Es aprobada por un Organismo de Normalización (INDECOPI).

Es el sector competente el Ministerio de Energía y Minas (MEM) quien le da el carácter obligatorio (art. 62° D.S. N° 030-98-EM). (MEM, 1998)

***NTP 321.102:2002 Petróleo y derivados. Gasolina uso motor.***

***Especificaciones***

Esta norma técnica peruana es una guía para el establecimiento de los requisitos de combustibles para vehículos terrestres equipados con motores de ignición por chispa. Representa una descripción de los combustibles automotores a su fecha de publicación. Esta N.T.P. está bajo revisión continua lo que puede llevar a revisiones basadas en cambios de los combustibles, de requerimientos de los fabricantes de motores o de métodos de ensayo, o de una combinación de los anteriores. Todos los usuarios de esta N.T.P, deben por lo tanto remitirse a su edición más reciente. Esta norma técnica peruana reemplaza a la NTP 321.090:1984 y NTP 321.004:1981. La presente norma técnica peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995. (INDECOPI, 2002)

**Tabla 2.1.**  
*Especificaciones de la gasolina uso motor*

CARACTERÍSTICAS	CON PLOMO		SIN PLOMO		MÉTODO DE ENSAYO		
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	ASTM	ISO	NORMA TÉCNICA PERUANA
<b>APARIENCIA</b>	Transparente		Transparente			Visual	
- Color comercial							
<b>VOLATILIDAD</b>							
- Destilación, °C (a 760 mm Hg)							
10% recuperado		70		70			
50% recuperado	77	121	77	121			
90% recuperado		190		190	D 86-97	3405-88	PNTN 321.023
Punto final		225		225			
Residuo, %V		2		2			
- Relación Vapor/Líquido a 56 °C, 1 atm		20		20	D2533-99, D4814-98a (1)		
- Presión de vapor Reid, kPa (psi)		69 (10)		69 (10)	D323-94 (2)/ D4953-93, D5190-96, D5191-96, D5482-95	3007-86	PNTN 321.088 PNTN 321.131
<b>COMPOSICIÓN</b>							
- Oxígeno, % masa		2,7		2,7	D4814-98a y D4815-94a (3), D5845-95		
- Aromáticos, % Vol.		45		45	D1319-98, D4420-94		
- Olefinas, % Vol.		25		25	D1319-98, D5134-98		
- Benceno, % Vol.		2,5		2,5	D3606-99, D4053-95, D4420-94		
<b>CORROSIVIDAD</b>							
- Corrosión lámina de Cobre, 3 h, 50 °C, °N		1		1	D130-94	2160-98	PNTN 321.021
-Azufre total, % Masa.		0,10		0,10	D1266-98, D2622-98	D4294-98, 8754-92	
<b>ANTIDETONANCIA</b>							
- N° Octano Research: regular	84,0				D2699-97	5164-90	PNTN 321.108
- N° Octano Research: super extra			97,0		D2699-97	5164-90	PNTN 321.108
- N° Octano Research: premium			95,0		D2699-97	5164-90	PNTN 321.108
- N° Octano Research: super			90,0		D2699-97	5164-90	PNTN 321.108
- Plomo, g Pb/L		(4) 0,84			D3341-98, D5059-98	3830-93	
<b>ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN</b>							
- Minutos.	240		240		D525-98		
<b>CONTAMINANTES</b>							
- Goma existente, mg/100 mL		5,0		5,0	D381-94	6246-95	
- Pb, g Pb/L				0,013	D3237-97, D5059-98		

**OBSERVACIÓN:** Estas especificaciones técnicas son el resultado de tomar como referencias: Norma ASTM D 4814-1998a (En Vigencia), Norma Técnica Peruana NTP 321.004.1981: PETRÓLEO Y DERIVADOS. Gasolina de motor, Norma Técnica Peruana NTP 321.090.1984: PETRÓLEO Y DERIVADOS. Gasolina sin plomo para motor, recomendaciones del Joint Nations Development Programme – World Bank – “Armonización de las Especificaciones de los Combustibles en América Latina y el Caribe” – junio 1998 (en vigencia) e Informe Técnico SAE N° 881668-1988: The Development and Implementation of the ASTM Driveability Index.

**NOTAS:**

A falta del equipo del Método de Ensayo ASTM D 2533-99, se puede calcular como dato referencial, mediante fórmulas y/o nomogramas del Anexo C de esta Norma Técnica.

El resultado de este método no es aplicable para el cálculo de la relación vapor/líquido. Los otros métodos considerados para determinar el PVR sí son aplicables.

Con el Método de Ensayo ASTM D4815-94a se determinan los compuestos oxigenados y con el Método de Ensayo ASTM D4814-98a se calcula el porcentaje en masa de oxígeno.

Dosificación de acuerdo al D.S. N°019-98-MTC y Resolución Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales N°0046-1998-INDECOPI. Este valor estará vigente hasta el 30 de junio del año 2003, a partir del 1 de julio de 2003 hasta el 30 de diciembre de 2004 se reduce a 0,14 gramos Pb/litro. El 31 de diciembre de 2004 se eliminará en su totalidad el plomo de la Gasolina 84 Octanos.

*Fuente:* Gasolina uso motor. Especificaciones (INDECOPI, 2002)

**Tabla 2.2.***Especificaciones de la gasolina con plomo según D.S. 045-2001-EM.*

LÍMITES DE TOLERANCIA				
<b>GASOLINA 84, 90, 95</b>				
<b>D.S. 045-2001-EM (Art.51°)</b>				
<b>Normas Vigentes NTP: 321.004 (1981) y 321.090 (1984)</b>				
ANÁLISIS	MÉTODO	VALOR NOMINAL	Rango de tolerancia	
Destilación a presión atmosférica	ASTM D86	10%; máx. 70 °C	73,1	máx.
		50%; máx. 140 °C	143,1	máx.
		90%; máx. 200 °C	203,1	máx.
		PFE; máx. 221 °C	224,5	máx.
Octanaje	ASTM D2699	84; 90; 95; 97	83,3; 89,3; 94,3	mín.
Contenido de plomo	ASTM D3237	0,013 g/L	0,015	máx.
Contenido de plomo	ASTM D3341		0,0135	máx.
Presión de Vapor Reid	ASTM D323	12 psi	12,75	máx.
Contenido de Azufre	ASTM D4294	0,2 % en masa	0,23	máx.

*Fuente:* Especificaciones de la gasolina con plomo (MEM, 2001).**Tabla 2.3.***Especificaciones de las gasolinas motor (con plomo) NTP 321.004.1981.*

<u>ESPECIFICACIÓN GASOLINAS MOTOR (con plomo)</u>			
<u>NTP 321.004(1981)</u>			
Requisitos	Min.	Máx.	
Aspecto			Transparente
Presión de vapor Reid, lb/pulg <sup>2</sup>			
Destilación			
10% recuperado, °C			70
50% recuperado, °C			140
90% recuperado, °C			200
Punto final, °C			221
Residuo, % volumen			2
Azufre, % de masa			0,2
Plomo, g Pb/L			1,16 (*)
Corrosión lámina de cobre en 3h a 50 °C, N°			Lamina N° 1
Estabilidad a la Oxidación, mín.	240		
Contenido de Goma, mg/100 mL			5
Número de Octano Research, RON		84	

(\*) Actualmente es 0,84 g Pb/L, según D.S. N° 019-98-MTC

*Fuente:* Especificaciones gasolinas motor con plomo (MEM, 1998).

## **2.4. CONTAMINACIÓN CON PLOMO**

### **2.4.1. Toxicidad**

A la fecha se han realizado diversos estudios a nivel nacional e internacional a través de los cuales se han tratado de identificar los niveles de toxicidad del plomo y sus compuestos. Sin embargo, esta tarea es difícil debido a los numerosos factores que influyen, como son las características de la persona expuesta (edad, peso, tipo de alimentación, estado de salud, estilo de vida, etc.), el tipo de compuesto, el tiempo de exposición, dosis de exposición, vías de exposición (contacto dérmico, ingestión e inhalación). Además, todos los compuestos inorgánicos actúan en el organismo de la misma forma una vez que han sido absorbidos, aparte de que son poco solubles. Es por ello que su toxicidad es relativamente escasa comparada con la de los compuestos orgánicos, los cuales difieren de los primeros en cuanto a su absorción, adsorción y distribución en el organismo. Los resultados de las investigaciones también incluyen las alteraciones en el cuerpo humano en función de la duración de la exposición y del tipo de compuesto de plomo, además que su característica de acumulación incrementa el riesgo para la salud. No se conoce aún una función biológica de este elemento en el ser humano y se ha detectado que los segmentos de la población más vulnerables a la exposición al plomo son los niños menores de 6 años y fetos. (Cámara minera de México; International lead management center; Industrias Peñoles S.A. de C.V.; C.Calidad ambiental del tecnológico de Monterrey, 2006)

El plomo se distribuye en el organismo hasta llegar al cerebro, el hígado, los riñones, los huesos y se deposita en dientes y huesos el cual es liberado en la

sangre durante el embarazo exponiendo al feto. No existe un nivel de exposición al plomo que pueda considerarse seguro, pero se puede prevenir. (OMS, 2017)

**a. Tipos de intoxicación**

- **Aguda:** Se define como “los efectos adversos totales producidos por una sustancia (en este caso el plomo) cuando se administra en dosis única o en dosis múltiples a lo largo de un período de 96 horas o menos”. Es la menos frecuente, generalmente es accidental y suele resultar de la inhalación de partículas de óxidos de plomo. Al principio se presenta un estado de anorexia con síntomas de dispepsia y estreñimiento y después un ataque de dolor abdominal generalizado, además de diarrea, sabor metálico en la boca, náuseas, vómito, lasitud, insomnio y debilidad. Los síntomas incluyen dolor tipo cólico gastrointestinal.

La encefalopatía aguda debido al plomo es rara en los adultos, pero se cuenta con información sobre diversos casos en niños intoxicados con pedazos de pintura de casas viejas, principalmente en los Estados Unidos. Las formas más severas de la encefalopatía se desarrollan de repente con pérdida de la estatura corporal y se puede presentar coma o paro respiratorio.

- **Crónica:** La toxicidad crónica se define como los efectos adversos totales producidos por un agente tóxico (en este caso el plomo), cuando se administran dosis con una exposición prolongada (mayor a 96 horas) de modo intermitente a lo largo de un período considerable de tiempo (generalmente tres meses o más). Se presenta generalmente por la

adsorción de óxidos, carbonatos y otros compuestos solubles en agua a través del tracto digestivo. Otra vía de exposición es la inhalación como sucede en las fundiciones donde los trabajadores están expuestos a humos y polvos. Los síntomas asociados son pérdida de peso en niños, debilidad, anemia y déficit neuroconductual. En los adultos se manifiesta como problemas gastrointestinales. (Cámara minera de México; International lead management center; Industrias Peñoles S.A. de C.V.; C.Calidad ambiental del tecnológico de Monterrey, 2006)

**b. Influencia de la vía de administración sobre la toxicidad**

Las sustancias químicas pueden ser introducidas en el complejo organismo biológico por varias vías. Las propiedades químicas y físicas de cada compuesto determinan sustancialmente la vía por la que tiene lugar la exposición intencional o accidental. En el hombre, la aplicación de los productos químicos en la superficie corporal o su introducción por sus orificios naturales, particularmente las vías oral y respiratoria, son las vías más adecuadas y más comunes para la exposición no intencional a sustancias químicas. La vía utilizada para la administración de un compuesto puede modificar la toxicidad del agente.

- **Vía inhalatoria:** La exposición a sustancias químicas en la atmósfera tiene lugar por la inevitable inhalación de dichos agentes a menos que se empleen recursos para eliminar los contaminantes atmosféricos antes de que se introduzcan en el tracto respiratorio. Sin embargo, para que un contaminante químico determinado llegue a los alvéolos pulmonares, debe de ser gas o vapor para que no sea eliminado en su trayecto a los pulmones.

Aunque algunos contaminantes atmosféricos plantean poco más que un problema de molestias, otros son capaces de inducir una toxicidad local, así como sistémica. Debido al amplio uso de un gran número de sustancias químicas en los ambientes laborales industriales, no es sorprendente que la atmósfera en la que se trabaja está más o menos contaminada con varias de estas sustancias.

- **Vía oral o ingestión:** La vía oral es probablemente el tercer camino más común por el que entran sustancias químicas en el organismo. En el tracto gastrointestinal las sustancias químicas solo pueden producir un efecto en la superficie de las células mucosas que revisten dicho tracto a menos que tengan lugar la absorción desde el mismo.
- **Vía percutánea:** La exposición más simple y más común del hombre o de los animales a sustancias químicas extrañas de todo tipo consiste en un contacto accidental o intencional de la sustancia química con la piel. Para introducirse en la piel la sustancia química debe atravesar las células de la epidermis o a través de los folículos. Aunque la vía transfolicular facilita el acceso a las capas más profundas de la piel a través de las células relativamente permeables de las glándulas sebáceas y las paredes foliculares, la vía a través de la epidermis probablemente es el camino principal de penetración porque este tejido constituye la mayor parte de la superficie. Las propiedades de barrera de la piel entera varían con el lugar de aplicación y con las propiedades de la sustancia química aplicada.
- **Vías Parenterales:** La introducción de sustancias químicas en el organismo inyectándolas con una jeringuilla a través de una aguja hueca en sitios

específicos, es un procedimiento común usado en la administración de medicamentos. Estas vías llamadas colectivamente vías parenterales de administración de sustancias, consiste en la inyección de sustancias en la piel (intradérmica), debajo de la piel (subcutánea), en el musculo (intramuscular), en la sangre de las venas (intravenosa), o en el fluido espinal (intratecal). (Loomis, 1998)

**Tabla 2.4.**

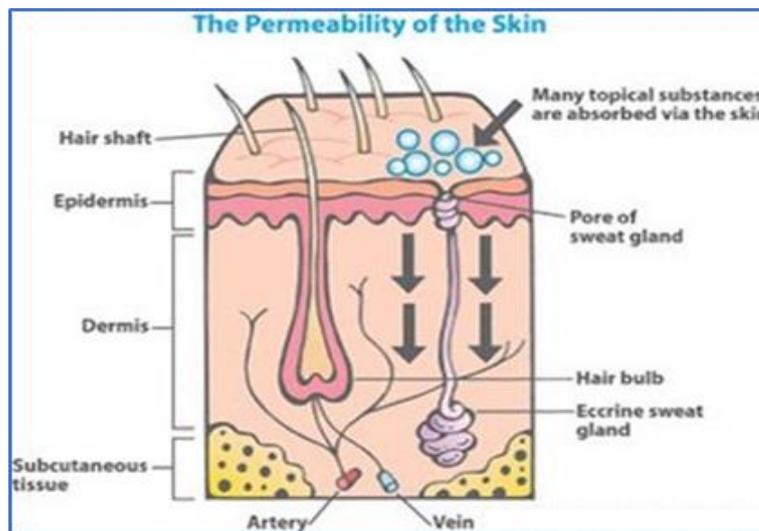
*Vías de exposición al plomo y sus compuestos.*

Plomo y sus compuestos	Contacto dérmico	Inhalación	Ingestión
<b>Plomo y sus compuestos inorgánicos</b>	La absorción por la piel solo se presenta por exposición prolongada al compuesto. En períodos cortos puede ocasionar irritación, enrojecimiento de la piel y dolor. Ojos: es probable la absorción a través de los tejidos	Este compuesto puede absorberse por vías respiratorias, provocando irritación en los bronquios y pulmones. En exposiciones crónicas se presenta en sabor metálico, dolor abdominal, y en el pecho, así como incremento en los niveles de plomo en la sangre.	Es venenoso, los síntomas incluyen dolor abdominal y espasmos, náuseas, vómito y dolor de cabeza. Envenenamientos graves pueden debilitar los músculos provocando desmayos, sabor metálico en la boca, pérdida definitiva del apetito, insomnio, altos niveles de plomo en sangre y orina, vértigo y muerte en casos extremos.
<b>Monóxido, Dióxido, Trióxido y Tetraóxido de plomo</b>	Este compuesto puede absorberse a través de la piel después de prolongadas exposiciones los síntomas de envenenamiento por plomo pueden describirse de igual forma que la exposición por ingestión. El contacto por periodos cortos puede causar irritación local, enrojecimiento y dolor. Ojos: se absorbe a través del tejido de los ojos, pero el peligro más común se encuentra en la irritación o abrasión.	Se absorbe por vías respiratorias, provocando irritación en los bronquios y pulmones. En exposiciones crónicas se presenta un sabor metálico dolor abdominal, y en el pecho, así como incremento en los niveles de plomo en la sangre. Se le recomienda mover a la persona afectada a lugares con corrientes de aire fresco u otorgar respiración artificial.	Es venenoso, los síntomas incluyen dolor abdominal y espasmos, náusea, vómito y dolor de cabeza. Envenenamientos graves pueden debilitar los músculos provocando desmayos, sabor metálico en la boca, pérdida definitiva del apetito, insomnio, altos niveles de plomo en sangre y orina, vértigo y muerte en casos extremos.
<b>Sulfato de plomo</b>	Al contacto con este compuesto, se presenta enrojecimiento, dolor y quemaduras severas. Los síntomas son parecidos a los causados por ingestión. Después de tener contacto accidental con este compuesto, se deberá lavar la piel enrojecida con agua por lo menos 15 minutos, quitándose la ropa y zapatos contaminados. Ojos: al contacto con los ojos puede provocar una visión borrosa, enrojecimiento, dolor y quemaduras severas en tejidos.	La inhalación de este compuesto produce efectos dañinos en las membranas mucosas y en el tracto respiratorio. Se puede presentar irritación local de los bronquios y pulmones. Los síntomas son muy parecidos a los que se presentan en la ingestión.	Es una sustancia corrosiva, y si se ingiere puede causar problemas en boca, garganta, estómago y en el peor de los casos, la muerte. Otros síntomas que se presentan son diarrea y vómito, se debe tomar mucha agua.
<b>Tetraóxido de plomo</b>	Ojo: su exposición ocasiona dificultades visuales.	Los síntomas de intoxicación afectan al sistema nervioso central. La persona afectada sufre de insomnio, anorexia, náusea y vómito, inestabilidad emocional, así como irritabilidad. Si los tiempos de exposición son cortos, las manifestaciones del sistema nervioso central progresan en movimientos musculares exagerados, y, finalmente, locura.	No se encontró información.

*Fuente:* Vías de exposición al plomo y sus compuestos (Cámara minera de México; International lead management center; Industrias Peñoles S.A. de C.V.; C.Calidad ambiental del tecnológico de Monterrey, 2006)

### 2.4.2. Flujo de penetración dérmica

El flujo de penetración a través del estrato córneo (R) se define como la cantidad de compuesto (mg o mmol) que penetra el estrato córneo por contacto directo, por unidad de área de piel (cm<sup>2</sup>) y por unidad de tiempo (min, hora). Este parámetro depende de la naturaleza y propiedades del contaminante, del vehículo y del estado de la piel.



*Figura 2.2.* La permeabilidad de la piel. (Guimaraens, INSHT, & CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGIAS, 2004)

La penetración dérmica es un proceso de difusión pasiva que encierra una doble vía: transcelular (o polar) e intercelular (o apolar). La velocidad de penetración por ambas vías está relacionada directamente con la solubilidad de los compuestos en agua y en lípidos y, de forma inversa, con el peso molecular de las sustancias.

La cantidad de compuesto absorbido es proporcional a la duración de la exposición y el área de piel afectada. Además, la absorción dérmica se ve afectada por la carga de trabajo y la actividad física, que aumenta la temperatura de la piel y favorece la penetración. (INSHT, 2000)

La epidermis es la capa externa de la piel, siendo la capa córnea la zona más superficial de la epidermis que presenta una mayor resistencia a la penetración de agentes y moléculas extrañas desde el exterior, como es la difusión de los compuestos hidrosolubles; sin embargo, los compuestos liposolubles y algunos iones difunden más fácilmente a través de la piel.

Los factores que influyen en los niveles de penetración dérmica de una sustancia son las características fisicoquímicas de la sustancia (pH, volatilidad, peso molecular, tensoactividad, solubilidad, etc.), el estado de la piel (sobre hidratación, flujo sanguíneo dérmico, envejecimiento, agrietamientos, etc.) y los factores físicos ambientales (temperatura, calor, radiación, humedad, etc.) (Guimaraens, INSHT, & CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGIAS, 2004)

Una de las vías de entrada de sustancias químicas como son los compuestos tóxicos es a través de la piel por penetración percutánea, identificada a través de los siguientes mecanismos:

- Absorción transepidérmica
- Absorción transfolicular
- Absorción a través de los conductos de las glándulas sudoríparas

La absorción dérmica de diversas sustancias a través de la piel, subestimadas en algún tiempo atrás frente a los niveles de contaminación por inhalación directa, respiración permanente en ambientes contaminados, ingesta de contaminantes o diversas formas de inyección, se encuentran evidenciadas en la actualidad en niveles preocupantes por diversas investigaciones de penetración dérmica o absorción de sustancias tóxicas a través de la piel

(Lilley, 1988; Semple, 2004; Larese, 2006), trabajos que evidencian la penetración del plomo proveniente de diversas sustancias como compuestos organometálicos, tetraetil de plomo, soluciones de nitrato de plomo, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), pesticidas, pinturas, solventes, soldaduras, etc.; investigaciones que sustentarían los niveles de concentración y penetración dérmica del plomo que pudiera existir en los diversos combustibles expendidos en la región, que al ser manipulados de manera prolongada y permanente en las diversas actividades ocupacionales, tal como ocurre con los expendedores de gasolina en nuestra región, podrían evidenciar dicha contaminación.

Las exposiciones prolongadas de sustancias tóxicas sobre la piel, debido en la actualidad a diversas actividades laborales y ocupacionales de carácter industrial así como el caso de las aplicaciones de diversas sustancias de belleza y estética sobre la piel (sombras, cremas, lápices labiales, etc.), han motivado la alerta y regulación internacional de parte de diversos gobiernos federales apoyados por diversas organizaciones como son OSHA (Occupational Safety and Health Administration), FDA (Food and Drug Administration, EPA (Environmental Protection Agency), ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) entre otros sobre el control y regulación de diversas sustancias tóxicas, siendo el caso particular de las normas y regulaciones internacionales sobre los límites de nivel de exposición de plomo con énfasis para objetos en la que se advierte valores no mayores a 10 µg/dL. (Llahuilla, 2017)

El transporte difusional de las sustancias químicas a través de la piel, considerada como una membrana biológica, se sustentan en la ley de transferencia de masa de Fick (Henley, 2011; Treybal, 1968), que expresan la densidad de flujo molar o másico de los átomos, moléculas o iones a través de la membrana dérmica en moles o gramos de la sustancia que penetran la piel por unidad superficial ( $m^2$ ) y unidad de tiempo (h) en un régimen estacionario.

$$J_A = -D_{ef} \frac{dC_A}{dz} \quad (2.1)$$

Donde:

$J_A$  Densidad de flujo molar de la sustancia ( $mol/m^2.s$ ,  $mg/cm^2.h$ )

$D_{ef}$  Difusividad efectiva de la sustancia en la membrana ( $m^2/s$ ,  $cm^2/h$ )

$C_A$  Concentración de la sustancia ( $mol/m^3$ ,  $mg/cm^3$ )

$z$  Espesor / distancia de penetración en la membrana (m, cm)

Con respecto al fundamento de la penetración dérmica de sustancias, que al ser aplicadas sobre la piel bajo ciertas condiciones (humedad, solubilidad, tensoactividad, etc.), generan un gradiente de concentración en la piel con una fuerza motriz de penetración dérmica hacia el interior en la cual la concentración es cero, siendo controlado por la difusión descrita por la Ley de Fick (Semple, 2004; Arias, 2011), incorporándose a los tejidos y fluidos interiores que podrían transportar la sustancia por todo el organismo; el flux o densidad de flujo de materia determinado por la ley de Fick significa la cantidad de materia que se transporta en la membrana por cada unidad de superficie y tiempo en un estado estacionario (condiciones de transporte invariables: temperatura, humedad, condiciones de la piel, etc.), que se expresaría en función a la masa de sustancia que penetra como:

$$J_A = R = \frac{\text{cantidad de sustancia (mg)}}{\text{área (cm}^2\text{)} \times \text{tiempo (h)}} = \frac{m_A}{A \times t} \quad (2.2)$$

En algunos trabajos de investigación alcanzan expresiones para determinar la cantidad de material absorbido a través de la piel en función del coeficiente de permeabilidad, tal es el caso de la siguiente expresión (Semple, 2004):

$$U_{sk} = k_p \times C \times A \times t \quad (2.3)$$

Donde:

$U_{sk}$  Masa del compuesto químico absorbido a través de la piel (mg)

$k_p$  Coeficiente de permeabilidad (cm/h)

$C$  Concentración del compuesto sobre la piel (mg/cm<sup>3</sup>)

$A$  Área de exposición (cm<sup>2</sup>)

$t$  Duración o tiempo de exposición (h)

Entre los modelos que se proponen para determinar el flujo de penetración ( $R$ ) para obtener una estimación de la absorción dérmica (INSHT, 2000), está el siguiente:

$$R = \frac{V \times LEP \times f}{A \times t} \quad (2.4)$$

Donde:

$LEP$  Límite de Exposición Profesional o valor límite ambiental (mg/m<sup>3</sup>).

$f$  fracción del contaminante atmosférico.

$V$  volumen (m<sup>3</sup>).

$A$  área de manos y antebrazos (cm<sup>2</sup>).

$t$  tiempo (h).

$R$  flujo de penetración dérmica (μg/cm<sup>2</sup>.h)

## 2.5. TOMA DE MUESTRA POR FROTAMIENTO

Es la técnica más utilizada para la recolección de RDAF; en esta la muestra se toma por medio de un repetido frotamiento en el área de piel “apropiada” con cierto material, entre los materiales de amplio uso se tienen: hisopos de algodón, tela de algodón sin apresto, papel filtro, fibras de acrilán, algodón; estos materiales son humedecidos, con un disolvente apropiado, antes de tomar la muestra. El disolvente a usar se seleccionará dependiendo del método, así como de los residuos que se desean coleccionar. Este método es simple, rápido y de fácil uso. (Cortés, 2013)

En análisis forense se puede recoger de las manos de los tiradores, prendas de vestir, tripas usadas o restos explosivos usando un bastoncillo con algodón (hisopo de algodón) embebido con una solución y hacer el frotamiento sobre el área de análisis. Se colocaron gotas de  $\text{HNO}_3$  concentrado sobre un bastoncillo de algodón. Luego, se colocó el bastoncillo de algodón frotado en un vaso de precipitados de 100 mL que contenía 25 mL de  $\text{HNO}_3$  al 5%. El vaso que contenía el hisopo se cubrió con Parafilm y calentado a  $65^\circ\text{C}$  por 5 minutos. Se tuvo cuidado de no exceder  $70^\circ\text{C}$ . El vaso se dejó reposar durante la noche. El hisopo se eliminó y los 25 mL de solución se cuantificaron transferido a un matraz volumétrico de 100 mL y hecho a volumen usando agua destilada o desionizada. En medicina forense, generalmente se toma más de un hisopo. Un hisopo de control siempre debe tomarse. Este hisopo es el botón de algodón, sin frotar, tomado a través de todo el procedimiento descrito anteriormente para determinar si cualquier antimonio, bario o plomo proviene del capullo de algodón, ácido o agua. La concentración final de los diferentes

elementos dependerá de la cantidad de residuo limpiado. Esta aplicación muestra cómo el antimonio, el bario y el plomo pueden ser determinados usando el GBC Avanta. (GBC, 2005)

Limpieza con disolvente. Se trata de limpiar cuidadosamente las manos con una gasa impregnada con un disolvente adecuado para recuperar el contaminante de la piel. (INSHT, 2000)

## **2.6. ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA**

Dentro de los métodos espectrométricos de análisis para identificar y cuantificar elementos presentes en distintas matrices, se encuentra la espectrometría óptica atómica. Este método convierte elementos presentes en una muestra en átomos o iones elementales en estado gaseoso por medio de un proceso denominado atomización.

Los dos métodos más utilizados para lograr la atomización de la muestra incluyen la aplicación de una llama (empleada en la absorción atómica con llama, FAAS) o el uso de energía electrotérmica en horno de grafito (GFAAS). (Litter, Armieta, & Farias, 2009)

Los atomizadores electrotérmicos son por lo general más sensibles, debido a que la muestra completa se atomiza en un corto periodo, y el tiempo de residencia promedio de los átomos en la trayectoria óptica es de un segundo o más. La atomización de la muestra ocurre en un periodo que va de unos cuantos milisegundos hasta algunos segundos (Skoog, Holler, & Crouch, 2010)

La espectrofotometría se refiere a los métodos, cuantitativos, de análisis químico que utilizan la luz para medir la concentración de las sustancias químicas. Se conocen como métodos espectrofotométricos y, según sea la

radiación utilizada, como espectrofotometría de absorción visible (colorimetría), ultravioleta, infrarroja. (Gral & Pasotti, 2006)

En la espectrofotometría de absorción atómica, los átomos en fase de vapor absorben radiaciones energéticas correspondientes a sus líneas de resonancia (UV-VIS), en cantidad proporcional a su concentración. (Espectrometría de emisión). (Bender, 1992)

Este método mide la absorción de las especies atómicas a una determinada longitud de onda. La especie atómica se logra por atomización de la muestra, utilizando distintos procedimientos para llegar al estado fundamental del átomo la que diferencia las técnicas y accesorios utilizados. (Espectrofotometría de absorción atómica, s.f.)

#### **2.6.1. Espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito**

La técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (GFAAS), también llamada con atomización electrotérmica, permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb). Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente. (Litter, Armieta, & Farias, 2009)

En los atomizadores sin llama-atomización electrotérmica con horno de grafito el vapor atómico se genera en un tubo de grafito calentado eléctricamente, en cuyo interior se ubica la muestra. Estos atomizadores presentan diversas ventajas, como una alta eficiencia en generar vapor atómico, permite el empleo de pequeños volúmenes de muestra y análisis directo de muestras sólidas. (FAO, 1994).

El método involucra fundamentalmente dos procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres.

**a. Características**

El espectrofotómetro de absorción atómica con cámara de grafito (GFAAS) permite trabajar con muestras de volumen muy reducido (inferior a 100 µL) o directamente sobre muestras orgánicas líquidas. Por su elevada sensibilidad (niveles de ppb), la técnica se aplica en la detección de metales en productos de alta pureza. (GBC scientific equipment, 2002)

**b. Aplicaciones analíticas**

La espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito se emplea en el análisis de:

- Muestras clínicas o biológicos: sangre, orina, líquido sinovial.
- Muestras ambientales: aguas naturales, sedimentos, materiales vegetales.
- Materiales industriales: aceros, productos derivados del petróleo.

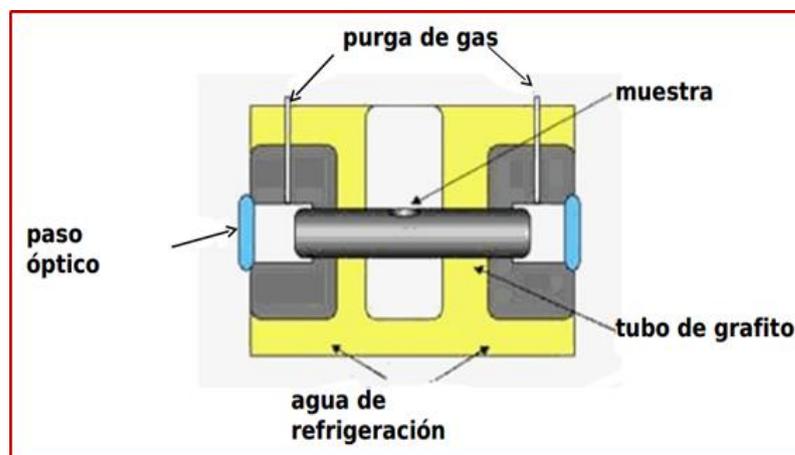
**c. Modo de funcionamiento**

La mayoría de GFAAS están totalmente controlados desde un equipo personal que tiene un software compatible con Windows. Las muestras acuosas deben ser acidificada (normalmente con ácido nítrico, HNO<sub>3</sub> a un pH de 2,0 o menos). La decoloración en una muestra puede indicar que los metales están presentes en la muestra, por ejemplo, un color verdoso puede indicar un alto contenido de níquel, o un color azulado puede indicar un alto contenido de cobre. Una buena regla a seguir es analizar clara (relativamente diluida) las primeras

muestras, a continuación, analizar de color (relativamente concentrada) muestras.

#### **d. Horno de grafito**

Un horno de grafito típico consiste de un cilindro hueco con un pequeño orificio para muestreo. A manera de proteger el tubo de grafito a altas temperaturas y disminuir la permeabilidad de la muestra, un recubrimiento de grafito pirolítico es aplicado. La muestra primero es secada, después incinerada y finalmente atomizada. El haz de luz se dirige a través del tubo para las mediciones de absorbancia. En los atomizadores electrotérmicos se requiere de una cantidad pequeña de muestra, en el orden de microlitros, los cuales se evaporan primero a baja temperatura, luego se calcina a una temperatura más alta en un tubo de grafito calentado eléctricamente. Tras la calcinación, la corriente se incrementa rápidamente a varios cientos de amperios lo que eleva la temperatura a unos 2000 o 3000 °C, la atomización de la muestra se produce en un período de tiempo de unos pocos segundos. En estas condiciones, se mide la absorción de las partículas atomizadas dentro del tubo de grafito. (GBC scientific equipment, 2002)



*Figura 2.3.* Partes del horno de grafito (Gral & Pasotti, 2006).

### **e. Etapas del tratamiento de la muestra**

El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas:

**a.1. Secado:** Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente. La muestra inyectada (2 a 20 µL) en el horno de grafito es sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (80 a 180 °C). Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz. (Litter, Armieta, & Farias, 2009)

En este paso, la muestra a analizar (el analito), se desprende del solvente por medio de llevarlo a una temperatura ligeramente mayor a la temperatura de ebullición del solvente en cuestión, esto es también aplicable para el secado adecuado de muestras sólidas a analizar por horno de grafito.

El uso adecuado del tiempo de secado nos ayuda a evitar que la muestra se fragmente dentro del tubo de grafito, ya que un tiempo de secado pequeño ocasionaría su dispersión y esparza el analito, lo cual llevaría a una determinación pobre. La temperatura de secado dependiendo del solvente tiene un intervalo aproximado de 80 a 120 °C como máximo. (GBC scientific equipment, 2002)

**a.2. Calcinado:** El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C.

Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados. (Litter, Armieta, & Farias, 2009)

Por medio del calcinado y usando el gas de arrastre, se volatilizan los componentes del solvente de la muestra a fin de evitar interferencias durante el atomizado.

Demasiado tiempo de calcinación nos puede volatilizar parte del analito ocasionando pérdida del elemento de interés. Para evitar esto, es necesario tener conocimiento del elemento a analizar y de la matriz involucrada. En ocasiones el analito es más volátil que la matriz, por lo que se recomienda utilizar un reactivo que haga más volátil la matriz (Técnica de Modificación de Matrices).

Tanto la temperatura como el tiempo son factores importantes en la volatilización, ya que puede suceder que el analito no se volatilice a una temperatura determinada, pero que, si se volatiliza, si a esa misma temperatura se mantiene durante cierto tiempo. Por todo esto, en el calcinado se debe usar la temperatura adecuada junto con el tiempo suficiente para que elimine toda posible interferencia de la matriz, pero sin tener pérdidas del elemento de interés.

En el caso de muestras orgánicas y biológicas, usar el tiempo de rampa de calcinado es importante, ya que este provoca reacciones químicas dentro del horno. (GBC scientific equipment, 2002)

**a.3. Atomización:** En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800 a 2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de

calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se mide la absorbancia durante este paso. La temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento. Usualmente se agrega una cuarta etapa para limpieza del horno a una temperatura algo superior a la temperatura de atomización. Cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias. (Litter, Armieta, & Farias, 2009)

En este paso se logra la volatilización del elemento de interés de, tal manera que la concentración de este sea analizada. Si la temperatura de atomizado es baja, parte del elemento a analizar podría ser retenido lo cual ocasionaría problemas a las próximas muestras a analizar.

Por esto se necesita que la temperatura de atomizado sea la adecuada y que el tiempo de atomizado no sea menor a 5 segundos de tal manera que se dé tiempo suficiente al gas de arrastre para limpiar el tubo de grafito.

La temperatura de atomización podría disminuirse tanto como se pueda, sin disminuir el valor de absorbancia máxima obtenida. El objeto de esto es prolongar el tiempo de vida útil del tubo de grafito. Es importante que no se mantenga la temperatura durante largos períodos porque, un sistema de protección contra exceso de temperatura se disparara continuamente. (GBC scientific equipment, 2002)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. ASPECTOS PRELIMINARES**

La presente tesis de investigación se realizó en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho. Para identificar la población y el tamaño de muestra a investigar se recurre a la página web de Osinergmin (Anexo N° 02), la cual brinda información sobre las estaciones de servicios y grifos formales del distrito de Ayacucho y para determinar la concentración de plomo se tomaron muestras de hisopado de manos de los expendedores de gasolina y se analizaron mediante la técnica de espectroscopia de absorción atómica utilizando el equipo del laboratorio del Departamento de Ingeniería Forense de la Dirección Ejecutiva de Criminalística de la Policía Nacional del Perú; para la determinación de la concentración de plomo de los colaboradores y de las gasolinas se requirió de la Unidad de Servicios de Análisis Químico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

## **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y MÉTODO**

### **3.2.1. Tipo de investigación**

- Básica

### **3.2.2. Método**

- Descriptivo, deductivo y analítico.

## **3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

- No experimental.

## **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.4.1. Población**

- Expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho.

### **3.4.2. Muestra**

- Gasolina impregnada en las manos de expendedores de gasolina.

## **3.5. VARIABLES E INDICADORES**

### **3.5.1. Variable de caracterización**

- Concentración de plomo en las manos (ppm).
- Tiempo de exposición (h).
- Flujo de penetración dérmica ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$ ).

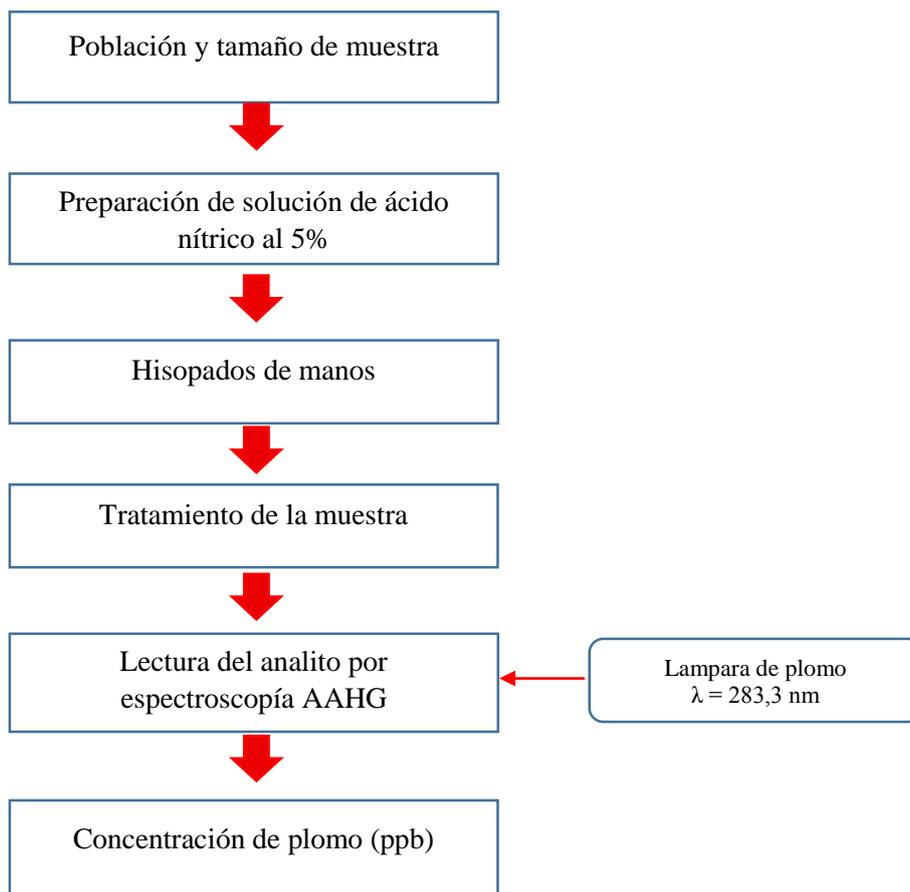
### **3.5.2. Variable de interés**

- Contaminación con plomo.

### 3.6. TÉCNICAS

- Análisis documental.
- Análisis Instrumental (espectrofotometría).

La tesis de investigación se realizó de acuerdo al siguiente diagrama de bloques:



*Figura 3.1.* Diagrama de bloques del proceso de análisis de plomo en expendedores de gasolina, colaboradores y gasolinas.

### 3.7. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

#### 3.7.1. Materiales

- Hisopos con soporte de madera
- Pipeta volumétrica de 1mL.
- Pipeta milimétrica de 10 mL.

- Probeta de 10 y 100 mL.
- Bureta de 50 mL.
- Embudo de vidrio.
- Vaso de precipitados de 50 mL.
- Fiola de 100 mL.
- Pinza de punta.
- Tijera quirúrgica.
- Frascos de plástico de 30 mL.
- Frascos de vidrio de 10 mL y de 50 mL.
- Viales de plástico de 2 mL.
- Papel filtro.
- Soporte universal.
- Pinzas para bureta.
- Bolsa de polietileno 5cm x 32cm.
- Cinta masking tape.
- Lapicero.

### 3.7.2. Reactivos

- |  |  |
|--|--|
| - Ácido nítrico (68,5%)  | HNO <sub>3</sub> (P.A.)                        |
| - Ácido nítrico diluido al 5%  | HNO <sub>3</sub> (5%)                          |
| - Agua destilada   | H <sub>2</sub> O                               |
| - Solución patrón de plomo trazable a SRM 1000 mg/<br>Pb en HNO <sub>3</sub> 0,5 mol/L | Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>              |
| - Fosfato de amonio, modificador de matriz 100±2 g/L en<br>H <sub>2</sub> O.           | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> |

### 3.7.3. Equipos

- Espectrómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito GBC GF 3000.
- Espectrómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito SHIMADZU AA 6800.

### 3.8. TAMAÑO DE MUESTRA

Para determinar la cantidad de muestras a recolectar se estableció la población (estaciones de servicio y grifos formales del distrito de Ayacucho). Para el cálculo de la muestra se utilizó la fórmula propuesta por la Asociación Interamericana de Desarrollo (AID), empleando la siguiente ecuación de estadística y de probabilidad:

$$n = \frac{z^2 \times p \times q \times N}{N \times e^2 + Z^2 \times p \times q} \quad (3.1)$$

Donde:

n Tamaño de la muestra.

p y q Probabilidad de la población que presenta una variable de estar o no incluida en la muestra (p= intervalo de confianza; aceptación = 90% y q= Desaprobación =10%)

z Las unidades de desviación estándar que en la curva normal definen una probabilidad de error. En la estimación de la muestra el valor de  $Z=1,96$

N Población total.

e Error estándar de la estimación = 5%

### **3.9. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO (HNO<sub>3</sub>) AL 5%**

Para obtener la solución de ácido nítrico al 5%, se utilizó el ácido nítrico (P.A.) de 68,5% diluido con 100 mL de agua destilada y se empleó la siguiente fórmula:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2 \quad (3.2)$$

Donde:

C<sub>1</sub> Concentración inicial.

V<sub>1</sub> Volumen inicial.

C<sub>2</sub> Concentración final.

V<sub>2</sub> Volumen final.

La preparación de la solución de ácido nítrico al 5 % se realizó con el siguiente procedimiento:

- En una probeta de 10 mL se midió la cantidad exacta de ácido nítrico concentrado calculado (se utilizó la ecuación 3.2).
- Se trasvasó en una fiola de 100 mL y se enrasó con agua destilada.
- Se agitó y se guardó para realizar el hisopado de manos.

(Ver Anexo N° 03)

### **3.10. HISOPADO DE MANOS**

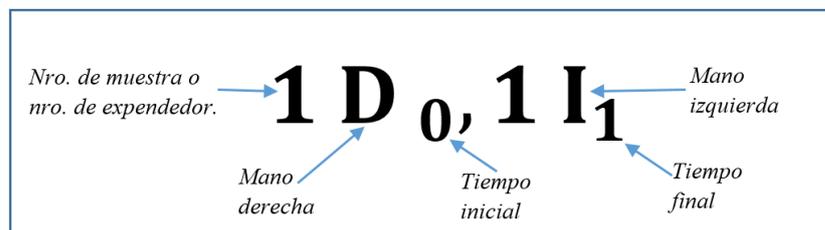
#### **3.10.1. Muestras de los expendedores de gasolina**

La toma de muestras por hisopados de manos de los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho tiene por finalidad evaluar la concentración de plomo influenciado por el tiempo de exposición laboral.

Se procedió de la siguiente manera:

- Se colocó cuatro (04) hisopos en la solución de ácido nítrico.
- Se frotó enérgicamente las manos derecha e izquierda (dorso y palma) de los expendedores de gasolina, con los hisopos embebidos de la solución de ácido nítrico, dos (02) hisopos para cada uno.
- Se utilizó dos (02) hisopos embebidos de la solución de ácido nítrico para el blanco.
- Se colocó en una bolsa de polietileno los hisopos (muestras) de la siguiente manera: los de la mano derecha hacia arriba y los de la mano izquierda hacia abajo.
- Se dobló la bolsa, se cierra con masking tape y se rotula.

(Ver Anexo N° 04: Hisopado de mano del expendedor de gasolina y muestras depositadas en bolsa de polietileno)



**Figura 3.2.** Forma de rotular las muestras (DIREJCRI, 2016)

### 3.10.2. Muestras de colaboradores

Se realizó pruebas preliminares y exploratorias sobre un determinado número de colaboradores (INSHT, 2003); que consistió en aplicar una determinada cantidad de combustible líquido sobre las manos, con la finalidad de evaluar de manera controlada la presencia de plomo residual dejado por el combustible sobre la piel, utilizando la técnica del hisopado descrito anteriormente, para luego analizar las muestras por espectroscopía de absorción atómica con horno

de grafito. La evaluación se realizó en dos tiempos: inicial (t=0) y final (t=1), en el tiempo de exposición las manos se encontraron libres y sin contacto con otros materiales o medios que pudieran limpiar el combustible aplicado. Se procedió de la siguiente manera:

- Se compró gasolina de distintos octanajes (84, 90, 95 y 97), se reserva para la toma de las muestras (Anexo N° 05), para análisis de contaminantes en personas, asignándoles de la siguiente manera:

*Colaborador 1:* gasolina de 84 octanos.

*Colaborador 2:* gasolina de 90 octanos.

*Colaborador 3:* gasolina de 95 octanos.

*Colaborador 4:* gasolina de 97 octanos.

- Se limpió las manos de los colaboradores con cuatro hisopos para cada uno, embebidos de solución de HNO<sub>3</sub> al 5% para quitar cualquier tipo de contaminante que interfiera en el análisis de las muestras (Anexo N°06).
- Con la ayuda de cuatro pipetas volumétricas se tomó 1 mL de las gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos y se adicionó a las manos de cada uno de los colaboradores las gasolinas designadas y se humectaron las manos. (Anexo N° 07)
- Se utilizó dos hisopos embebidos de la solución de HNO<sub>3</sub> al 5% para el blanco.

Se procedió con el hisopado de manos en dos tiempos el cual se detalla a continuación:

**a) Tiempo inicial (t=0)**

- Para el hisopado se utilizó la mitad de las manos (del dedo pulgar a la mitad del dedo medio), se procedió de la siguiente manera:
- Se colocó dieciséis (16) hisopos en la solución de ácido nítrico.
- Se frotó enérgicamente la mitad de las manos derecha e izquierda (dorso y palma). Se utilizó dos (02) hisopos para cada uno de los colaboradores, controlando el tiempo y se colocó en un frasco de vidrio rotulado de la siguiente forma:

1D<sub>0</sub> y 1I<sub>0</sub> Colaborador 1 , 2D<sub>0</sub> y 2I<sub>0</sub> Colaborador 2.

3D<sub>0</sub> y 3I<sub>0</sub> Colaborador 3 , 4D<sub>0</sub> y 4I<sub>0</sub> Colaborador 4.

(Ver Anexo N° 08)

**b) Tiempo final (t=1)**

Para el hisopado se utilizó la otra mitad de la mano (de la mitad del dedo medio hacia el índice), se procedió de la siguiente manera:

- Después de una hora de exposición, se colocó dieciséis (16) hisopos en la solución de ácido nítrico.
- Se frotó enérgicamente la otra mitad de las manos derecha e izquierda (dorso y palma). Se utilizó dos (02) hisopos para cada uno de los colaboradores y se colocó en un frasco de vidrio rotulado de la siguiente forma:

1D<sub>1</sub> y 1I<sub>1</sub> Colaborador 1 , 2D<sub>1</sub> y 2I<sub>1</sub> Colaborador 2.

3D<sub>1</sub> y 3I<sub>1</sub> Colaborador 3 , 4D<sub>1</sub> y 4I<sub>1</sub> Colaborador 4.

(Ver Anexo N° 09)

### **3.10.3. Muestras de las gasolinas**

Se tomaron muestras de gasolinas de diferentes octanajes para evaluar la concentración de plomo, se procedió de la siguiente manera:

- Con la ayuda de cuatro pipetas volumétricas se tomó 1 mL de las gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos y se depositó cada gasolina en cuatro frascos de vidrio rotulados de la siguiente manera:

Frasco N°1: Gasolina de 84 octanos = A

Frasco N°2: Gasolina de 90 octanos = B

Frasco N°3: Gasolina de 95 octanos = C

Frasco N°3: Gasolina de 97 octanos = D

(Ver Anexo N° 10)

### **3.11. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS**

Para el tratamiento de las muestras (expendedores de gasolina, colaboradores y gasolinas), se siguió el procedimiento que se utiliza en DIREJCRI “Procesamiento de muestras, análisis y lectura del analito (plomo)”.

#### **3.11.1. Tratamiento de las muestras de los expendedores de gasolina**

El tratamiento de la muestra se realizó en el laboratorio del Departamento de Ingeniería Forense de la DIREJCRI, y se detalla a continuación:

- Con la ayuda de una pinza se cortó con una tijera los extremos de los soportes de madera hasta el límite con el algodón, evitando tocar directamente el algodón con las manos a fin de evitar todo tipo de contaminación y/o alteración de las muestras y se coloca en los frascos de vidrio.

- Se adicionó dos a tres gotas de ácido nítrico (P.A.), sobre los hisopos que se encuentran en los frascos de vidrios, luego del frasco dispensador se agregó 2,5 mL de solución de HNO<sub>3</sub> al 5%. Se tapa los frascos durante 5 minutos.
- En el interior de la campana extractora se destapó los frascos que contienen la muestra con el ácido nítrico y se calienta a temperatura de 65 °C en la plancha de calentamiento y se dejó en reposo por 12 horas.
- Transcurrido el tiempo indicado, se agregó 7,5 mL de agua destilada contenida en el frasco dispensador al frasco que contiene la muestra.
- Posteriormente se filtró las muestras utilizando papel filtro. La solución filtrada se recogió en frascos de plástico.
- El mismo procedimiento se hizo para el blanco.

(Ver Anexo N° 11).

### **3.11.2. Tratamiento de las muestras de los colaboradores**

El tratamiento de las muestras de los colaboradores se realizó en el laboratorio Transferencia de Masa de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se procedió de la siguiente manera:

- Con la ayuda de una pinza se cortó con una tijera los extremos de los soportes de madera hasta el límite con el algodón, evitando tocar directamente el algodón con las manos a fin de evitar todo tipo de contaminación y/o alteración de las muestras y se colocó en los frascos de vidrio.

- Se adicionó dos a tres (02-03) gotas de ácido nítrico (P.A), sobre los hisopos que se encuentran en los frascos de vidrios.
- Se colocó en el soporte universal con ayuda de unas pinzas la bureta 50 mL conteniendo la solución de  $\text{HNO}_3$  al 5% y a cada frasco que contiene la muestra se le adiciona 2,5 mL de la solución. Se tapó los frascos durante 5 minutos.
- Se destapó los frascos que contienen la muestra con el ácido nítrico y se calienta a temperatura de  $65\text{ }^\circ\text{C}$  en la plancha de calentamiento y se dejó en reposo hasta el día siguiente.
- Transcurrido el tiempo indicado, se agregó 7,5 mL de agua destilada contenida en el frasco dispensador al frasco que contiene la muestra.
- Se filtró las muestras utilizando papel filtro. La solución filtrada se recoge en frascos de vidrio de 50 mL y se tapa.
- El mismo procedimiento se realizó para el blanco.
- Se aseguró los frascos con cinta de embalaje y se colocó en una caja acondicionada con tecnopor para facilitar su transporte a la ciudad Lima para su respectivo análisis.

### **3.11.3. Tratamiento de las muestras de las gasolinas**

El tratamiento de las muestras de las gasolinas se realizó en el laboratorio Transferencia de Masa de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se procedió de la siguiente manera:

- A los frascos que contienen las gasolinas se le adicionó dos a tres (02-03) gotas de ácido nítrico (P.A.).

- Se colocó en el soporte universal y con ayuda de unas pinzas la bureta 50 mL conteniendo la solución de HNO<sub>3</sub> al 5% y a cada frasco que contiene la muestra se le adicionó 2,5 mL de la solución. Se tapó los frascos durante 5 minutos.
- Se destapó los frascos que contienen la muestra con el de HNO<sub>3</sub> al 5% y se calentó a temperatura de 65°C en la plancha de calentamiento y se dejó en reposo hasta el día siguiente.
- Transcurrido el tiempo indicado, se agregó 7,5 mL de agua destilada contenida en el frasco dispensador al frasco que contiene la muestra.
- Se filtró las muestras utilizando papel filtro. La solución filtrada se recogió en frascos de vidrio de 50 mL.
- Se aseguró los frascos con cinta de embalaje y se colocó en una caja acondicionada con tecnopor para facilitar su transporte a la ciudad Lima para su respectivo análisis.

(Ver anexo N° 12)

### **3.12. ANÁLISIS CON EL EQUIPO DE ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON HORNO DE GRAFITO**

Para la lectura de plomo se utilizó 2 mL de las muestras tratadas (expendedores de gasolina, colaboradores y de las gasolinas).

#### **3.12.1. Lectura de plomo de las muestras de los expendedores**

Para lectura de las muestras de los expendedores se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito GBC GF 3000 del laboratorio del Departamento de Ingeniería Forense de la Dirección Ejecutiva de Criminalística de la Policía Nacional del Perú.

La calibración del equipo está constituida por estándares de 25, 50 y 100 ppb de plomo este último estándar es la solución patrón el cual es diluido automáticamente por el equipo para obtener los otros dos estándares. El modo de calibración es lineal de mínimos de cuadrados y el modo de medida es altura máxima. La lámpara de plomo es de  $\lambda = 283,3$  nm.

Para la lectura de plomo procedió de la siguiente manera:

- Antes de poner en funcionamiento el equipo se verificó: la conexión del equipo hacia la fuente de poder y la presión del gas Argón hacia el equipo debe de estar entre 20 a 30 psi.
- Se encendió el estabilizador de 2 KVA (equipo de cómputo), el estabilizador de 12 KVA (horno de grafito), el Chiller del horno grafito.
- Se encendió el switch (ON/OFF) de la campana extractora.
- Se encendió el switch (ON/OFF) de horno de grafito, el cual se ubica en la parte posterior del horno, se verificó que realice un self test (movimiento de la aguja); asimismo se aseguró de que el nivel de gas se encuentre entre 2 a 3, no más de este nivel.
- Se encendió el Espectrofotómetro de Absorción Atómica se realizó presionando el interruptor principal (botón verde) que se encuentra en la parte inferior del equipo.
- Se encendió el estabilizador de la computadora, el CPU y el monitor.
- Se abrió el software del equipo de GBC AVANTA versión 2.2.
- Se colocó lo filtrado en viales de 2 mL de capacidad y se ubicó en forma ordenada a la codificación establecida, máximo de 40 muestras para que se proceda con la lectura en el EAAHG.

(Ver Anexo N° 13)

- Se comenzó con la lectura: la aguja aspiró la muestra y el modificador.
- La aguja inyectó la muestra y el modificador dentro del tubo de grafito que se encuentra en el interior de la cámara del horno.
- Se empezó con la calcinación de la muestra con incremento de la temperatura de 20 °C a 2000 °C, se esperó los resultados de la lectura de concentración de plomo en ppb que automáticamente sale en la pantalla de la computadora.

(Ver Anexo N° 14)

### **3.12.2. Lectura de plomo de las muestras de los colaboradores y de las gasolinas**

Para lectura de las muestras de los colaboradores y de las gasolinas se requirió de los servicios de la Unidad de Servicios de Análisis Químico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el cual utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito Shimadzu AA 6800.

### **3.13. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN ppm DE LAS MUESTRAS (EXPENDEDORES DE GASOLINA, COLABORADORES Y GASOLINAS)**

Para la obtención de la concentración de plomo en ppm de las muestras de las manos de los expendedores de gasolina, colaboradores y gasolinas de distintos octanajes se procedió de la siguiente manera:

A los resultados obtenidos de la lectura de plomo EAAHG se le resta la concentración del blanco (hisopo embebido con solución de ácido nítrico sin ninguna toma de muestra), multiplicado por el factor de dilución (el volumen

de la disolución y volumen de la gasolina utilizada), y se incluyó la conversión de ppb a ppm, este procedimiento se realizó con la siguiente ecuación:

$$C_{Pb \text{ en ppm}} = \left[ \frac{(C_{muestra} - C_{blanco}) \times V_{dil}}{V_{gasolina}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} \quad (3.3)$$

Donde:

$C_{muestra}$  Concentración obtenido del resultado de la lectura por EAAHG de las muestras de los expendedores de gasolina, colaboradores y gasolinas.

$C_{blanco}$  Concentración del blanco obtenido del resultado de la lectura por EAAHG.

$V_{dil}$  Volumen de dilución (tratamiento de la muestra, 10 mL)

$V_{gasolina}$  Volumen de adición de gasolina en la mano.

### **3.14. FLUJO DE PENETRACIÓN DÉRMICA DEL PLOMO (COLABORADORES)**

Con las pruebas preliminares y exploratorias que se obtuvieron en los tiempos inicial y final, se ha considerado necesario evaluar el flujo de penetración dérmica como un aporte a la determinación de la contaminación de plomo en los expendedores de gasolina en el distrito de Ayacucho, pues estas pruebas confirmaran la posible penetración del plomo contenido en los combustibles (gasolinas de distintos octanajes) por vía dérmica (manos). Por lo tanto, como se tuvieron dos tiempos de evaluación de plomo sobre la mano se obtendrán dos concentraciones diferentes reportadas a partir de los hisopados de las manos de los colaboradores, en una interpretación básica de la ecuación de penetración dérmica sustentada por la ley de Fick (ec. 2.1), se podrá evaluar el

flujo de penetración dérmica de plomo, el cual se puede determinar la cantidad de sustancia que ha penetrado la membrana dérmica a partir de la variación de concentración de plomo superficial en la piel (entre las dos secciones evaluadas) en el transcurso del tiempo de evaluación. Para poder determinar el flujo de penetración dérmica de plomo proveniente de las gasolinas líquidas vertidas sobre la piel se utilizó la siguiente ecuación concordante con la ecuación 2.2:

$$R = \frac{\Delta C \times V_{gasolina}}{A_{mano} \times t} \quad (3.4)$$

Donde:

$\Delta C$  Diferencia de Concentraciones ( $C_0 - C_1$ ), en (ppm).

$V_{dil}$  Volumen de dilución (L).

$A_{mano}$  Área de mano ( $cm^2$ ).

$t$  tiempo (h).

$R$  flujo de penetración dérmica ( $mg/cm^2.h$ ,  $\mu g/cm^2.h$ ).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. TAMAÑO DE MUESTRA

En la página web de la Osinergmin, están registrados 18 estaciones de servicios y grifos formales en el distrito de Ayacucho, por lo tanto, la población son los 18 grifos, pero para el tamaño de muestra se aplicó la ecuación (3.1).

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,9 \times 0,1 \times 18}{18 \times 0,05^2 + 1,96^2 \times 0,9 \times 0,1} = 15,93 \approx 16$$

Con este resultado se ha determinado que el tamaño de muestra fue dieciséis y se procede con el hisopado de manos (recolección de muestras) a dieciséis expendedores de gasolina de las diferentes estaciones de servicios y grifos formales del distrito de Ayacucho (Anexo N° 02). Las muestras que no se recolectaron fueron de los expendedores de gasolinas del Grifo San Agustín E.I.R.L por encontrarse este establecimiento en mantenimiento y de la Sra. Sonia Mendoza Quispe por ser muy distante al centro de la ciudad.

#### 4.2. PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE HNO<sub>3</sub> AL 5%

Se preparó dos soluciones de 100 mL de ácido nítrico al 5%, a partir del reactivo líquido concentrado aplicando la fórmula (3.2). Con los datos de concentración y volumen se procede con el cálculo.

$$V_1 = ? \quad C_1 = 68,5\%$$

$$V_2 = 100 \text{ mL} \quad C_2 = 5\%$$

$$V_1 \times 0,685 = 100 \text{ mL} \times 0,05$$

$$V_1 = 7,299 \approx \mathbf{7,3 \text{ mL}}$$

Por lo tanto, para la preparación de 100 mL de solución de ácido nítrico al 5% se utilizó 7,3 mL de ácido nítrico concentrado P.A.

La solución de ácido nítrico se preparó para realizar la toma de muestras mediante el hisopado de manos y con la finalidad de poder capturar el analito (plomo).

#### 4.3. HISOPADO DE MANOS

El hisopado de manos es una técnica que consta de hacer un frotamiento energético con hisopos embebido de una solución ácida sobre la superficie de las manos tal como se describe en el capítulo anterior (3.7.1 y 3.7.2).

#### 4.3.1. Muestras de expendedores de gasolina

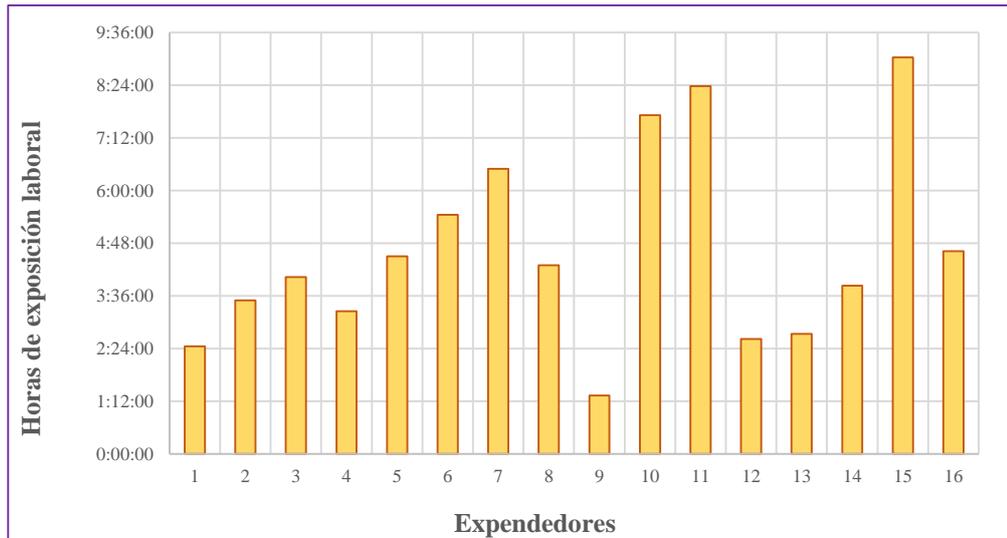
**Tabla 4.1.**

*Hora de entrada al trabajo, hora de hisopado de manos y hora de exposición de los expendedores de gasolina.*

<b>Expendedores</b>	<b>Hora de entrada al trabajo</b>	<b>Hora de hisopado de manos</b>	<b>Hora de exposición laboral</b>
<b>1</b>	07:00	09:27	2:27
<b>2</b>	07:00	10:30	3:30
<b>3</b>	07:00	11:02	4:02
<b>4</b>	08:00	11:15	3:15
<b>5</b>	07:00	11:30	4:30
<b>6</b>	07:00	12:27	5:27
<b>7</b>	09:00	13:18	6:30
<b>8</b>	07:00	13:30	4:18
<b>9</b>	13:00	14:20	1:20
<b>10</b>	07:00	14:43	7:43
<b>11</b>	07:00	15:23	8:23
<b>12</b>	13:00	15:37	2:37
<b>13</b>	13:00	15:44	2:44
<b>14</b>	12:00	15:50	3:50
<b>15</b>	07:00	16:02	9:02
<b>16</b>	12:00	16:37	4:37

*Fuente:* Elaboración propia, 2016.

En la tabla 4.1. Se observa que la hora de ingreso al trabajo en dos turnos que varían de 7:00 a 9:00 horas para el primer turno y entre las 12:00 a 13:00 horas para el segundo turno, de acuerdo a la hora de entrada y la hora del hisopado del expendedor se tiene el tiempo de exposición laboral al contaminante.



**Figura 4.1.** Hora de exposición laboral de los expendedores de gasolina 2016 en el distrito de Ayacucho.

De acuerdo a la figura 4.1 la toma de muestras (hisopado de manos) de los expendedores de gasolina de las distintas estaciones de servicios y grifos formales del distrito de Ayacucho (16 grifos) se realizó desde las 09:27 horas hasta las 16:37; normativamente la evaluación de exposición laboral tiene que ser menor e igual a 8 horas (INSHT, 2015), en el trabajo de investigación se observó que el 7,1% (1 expendedor de gasolina) estuvo laborando 1:20 horas al momento del hisopado de manos, el 42,9% (6 expendedores de gasolina) estuvieron expuestos laboralmente de 2 a 3 horas aproximadamente, el 35,7% (5 expendedores de gasolina) estuvieron laborando de 4 a 5 horas aproximadamente y el 14,3% (2 expendedores de gasolina) estuvieron expuestos de 6 a 7 horas de trabajo aproximadamente, con estos resultados se observa que solo hay 14 expendedores que están expuestos laboralmente a unas 8 horas de expendio de gasolinas y los otros dos expendedores evaluados estuvieron laboraron más de 8 horas como expendedores de gasolina, sin embargo se consideraran los datos para la evaluación.

### 4.3.2. Muestras de los colaboradores

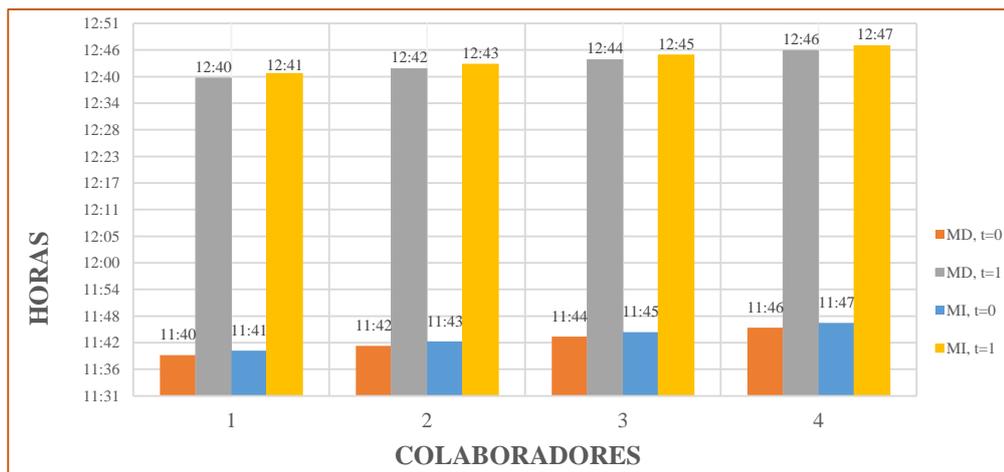
**Tabla 4.2.**

*Tiempo inicial y final de hisopado de las manos de los colaboradores.*

Colaboradores	Área de la mano (cm <sup>2</sup> )	Mano derecha		Mano izquierda	
1	187	11:40	12:40	11:41	12:41
2	170	11:42	12:42	11:43	12:43
3	112,50	11:44	12:44	11:45	12:45
4	120	11:46	12:46	11:47	12:46

*Fuente:* Elaboración propia, 2018.

En la tabla 4.2. Se observa que el área de las manos de los colaboradores 1 y 2 son mayores al área de las manos de los colaboradores 3 y 4, esto se debe a que los dos primeros colaboradores son varones de edades que fluctúan de 25 a 30 años y los otros dos colaboradores son damas de 25 a 32 años. Para esta evaluación se consideraron colaboradores de ambos sexos porque en los expendios de gasolina trabajan ambos. Como se explicó en el capítulo anterior (3.10.2) la finalidad de la evaluación en tiempos distintos (tiempo inicial y tiempo final) es para determinar la concentración de plomo que hay en las manos de los colaboradores y la variación de concentración en función del tiempo.



**Figura 4.2.** Hora de hisopado de las manos de los colaboradores en distintos tiempos.

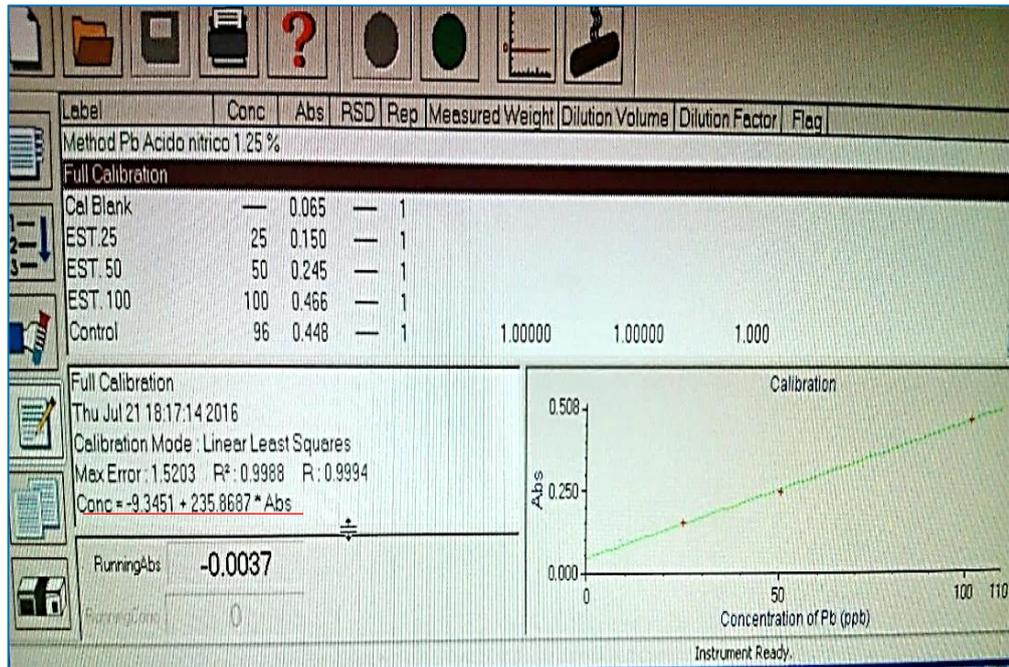
En la figura 4.2. Se observa que el tiempo que se utilizó para el hisopado de manos en cada uno de los colaboradores fue máximo de 2 minutos, además se obtuvo dos hisopados de manos, en donde (palma y dorso) se dividió en dos secciones para cada tiempo (inicial y final). En el tiempo inicial inmediatamente después de la aplicación del combustible, se hizo el hisopado de manos (derecha e izquierda), a la primera sección de la mano (del dedo pulgar hacia la mitad del dedo medio) y después de una hora que es el tiempo final el hisopado de la otra sección de la mano (de la mitad del dedo medio hacia el dedo índice). En el periodo comprendido entre el tiempo inicial y final de hisopado en los colaboradores, no estuvieron en contacto y manipulando otros materiales que puedan interferir o modificar la evaluación del experimento.

#### **4.4. RESULTADO DEL ANÁLISIS POR EAAHG**

##### **4.4.1. Resultado en los expendedores de gasolina**

Los resultados se obtuvieron del equipo de AAHG del laboratorio del Departamento de Ingeniería Forense de la Dirección Ejecutiva de

Criminalística de la Policía Nacional del Perú y para la concentración real de plomo se aplicó el factor de dilución.



**Figura 4.3.** Fotografía de la ventana del ajuste lineal de la recta (DIREJCRI, 2016).

El equipo EAAHG al hacer la lectura de las muestras reporta de manera automática la concentración de plomo en ppb cuando estas no han sobrepasado la concentración límite de 100 ppb, en caso contrario el equipo reporta la muestra con mención “Alto” y su respectivo valor de absorbancia (Abs), por lo tanto, para determinar la concentración de plomo desconocida se debe utilizar la ecuación de regresión lineal que también automáticamente el software del equipo brinda y es la siguiente:

$$\mathbf{Conc = 235,8687 \times Abs - 9,3451} \quad (4.1)$$

Donde:

Conc Concentración de plomo en ppb

Abs absorbancia (brindada por el EAAHG)

**Tabla 4.3.**

*Lectura de plomo (ppb) por EAAHG reportado en las manos de los expendedores de gasolina.*

<b>Tiempo de exposición laboral (h)</b>	<b>Muestras</b>	<b>Lectura. de Pb (ppb)</b>	<b>ABS</b>	
2:27	1	D	8	-
		I	11	-
3:30	2	D	58	-
		I	29	-
4:02	3	D	12	-
		I	36	-
3:15	4	D	56	-
		I	4	-
4:30	5	D	43	-
		I	7	-
5:27	6	D	36	-
		I	23	-
6:30	7	D	Alto	1,054
		I	Alto	1,137
4:18	8	D	7	-
		I	36	-
1:20	9	D	3	-
		I	9	-
7:43	10	D	73	-
		I	66	-
8:23	11	D	55	-
		I	Alto	0,685
2:37	12	D	8	-
		I	6	-
2:44	13	D	7	-
		I	10	-
3:50	14	D	28	-
		I	20	-
9:02	15	D	2	-
		I	Alto	0,792
4:37	16	D	6	-
		I	6	-

*Fuente:* DIREJCRI, 2016.

En la tabla 4.3. Se observa que en la cuarta columna hay cuatro muestras de los expendedores que tienen la mención Alto, las concentraciones que son mayores de 100 ppb no tienen el resultado automático, sino que se tiene que calcular por medio de la ecuación lineal que nos brinda el software del equipo de AAHG.

En la tabla 4.4. Se observa en la cuarta columna se encuentran las concentraciones (ppb) calculadas utilizando la absorbancia y la ecuación lineal de la recta obtenida de la calibración (ec. 4.1), además que al resultado obtenido de la concentración se le resta el blanco que es de 8 ppb.

Por ejemplo, para el resultado de la muestra 7I se procede al cálculo de la concentración de plomo:

$$7I: \text{Conc} = 235,8687 \times (1,137) - 9,3451 = 258,84 \text{ ppb}$$

$$7I: \text{Conc} = (258,84 - 8) \text{ ppb} = 250,84 \text{ ppb}$$

El mismo procedimiento se realiza para las demás muestras (7D, 11I y 15I) de los expendedores (Ver Anexo N° 15).

En la quinta columna se observa las concentraciones reales de plomo (ppm) en los expendedores que fluctúan de 0,04 ppm a 5,02 ppm. Para obtener la concentración real de plomo en las manos de los expendedores es obligatorio considerar el factor de dilución que incorpora la técnica de análisis, porque la lectura que se obtuvo en el AAHG es el resultado del análisis de las muestras sometidos a tratamiento de dilución con HNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O, como se detalló en el ítem 3.10.2, cuyo valor es en las muestras de analito; en pruebas preliminares se ha determinado que el requerimiento apropiado del volumen de gasolina para humectar las manos (derecha e izquierda) de una persona es 1 mL, porque con

mayores volúmenes de combustible se observa un derrame del mismo por lo tanto hay pérdidas que no se pueden registrar y no podrían evaluarse; considerando que el volumen de 1 mL de combustible aplicado en las manos se distribuye uniformemente en la superficie de la mano derecha e izquierda, entonces el volumen de gasolina a utilizar para el cálculo será de 0,5 mL para cada mano.

Para el cálculo de la concentración real de plomo (ppm) de la muestra 1D sobre la mano se aplica la ecuación 3.3., por ejemplo:

$$1D: C_{Pb} = \left[ \frac{(16-8)ppb \times 10 mL}{0,5 mL.} \right] \times \frac{1 ppm}{1000 ppb} = 0,16 ppm$$

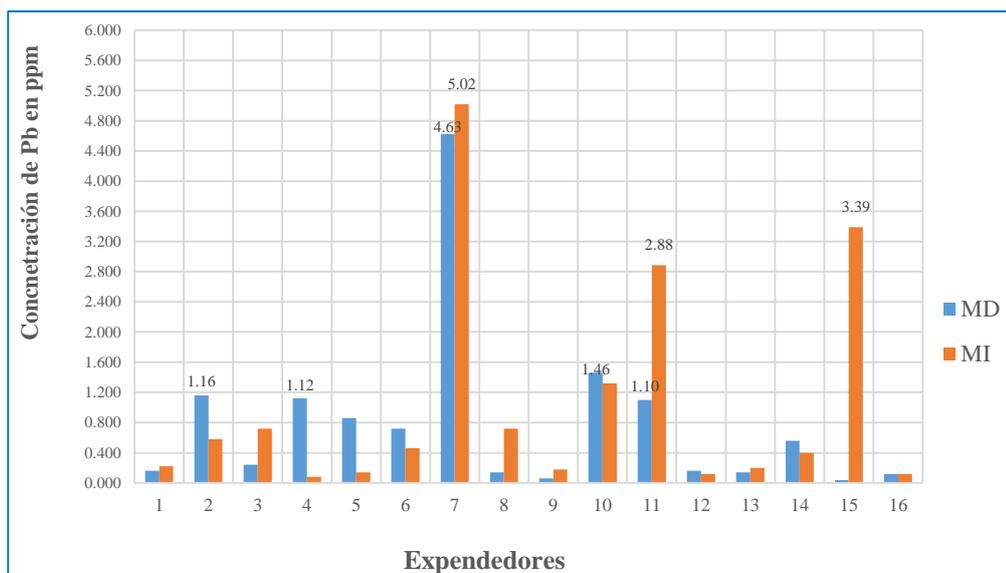
El mismo cálculo se realizó para las demás muestras (Ver Anexo N° 16).

**Tabla 4.4.**

*Concentración real de plomo (ppm) reportado en las manos de los expendedores de gasolina.*

Tiempo de exposición (h)	Muestras	Lectura de Pb (ppb)	Concentración real de Pb (ppm)	
2:27	1	D	8	0,16
		I	11	0,22
3:30	2	D	58	1,16
		I	29	0,58
4:02	3	D	12	0,24
		I	36	0,72
3:15	4	D	56	1,12
		I	4	0,08
4:30	5	D	43	0,86
		I	7	0,14
5:27	6	D	36	0,72
		I	23	0,46
6:30	7	D	231,26	4,63
		I	250,84	5,02
4:18	8	D	7	0,14
		I	36	0,72
1:20	9	D	3	0,06
		I	9	0,18
7:43	10	D	73	1,46
		I	66	1,32
8:23	11	D	55	1,10
		I	144,22	2,88
2:37	12	D	8	0,16
		I	6	0,12
2:44	13	D	7	0,14
		I	10	0,20
3:50	14	D	28	0,56
		I	20	0,40
9:02	15	D	2	0,04
		I	169,46	3,39
4:37	16	D	6	0,12
		I	6	0,12

*Fuente:* Elaboración propia, 2016.



**Figura 4.4.** Concentración real de plomo (ppm) reportado en las manos de los expendedores, 2016.

En la figura 4.4. Se observa que los niveles de plomo en las manos de los expendedores, en la mano derecha el 87,5% (14 expendedores de gasolina) tienen de 0,04 ppm a 1,16 ppm, el 6,25% (1 expendedor de gasolina) tiene 1,46 ppm y el 6,25% (1 expendedor de gasolina) tiene el valor más alto 4,63 ppm; mientras que en la mano izquierda el 81,25% (13 expendedores de gasolina) tienen 0,08 ppm a 1,32 ppm, el 12,5% (2 expendedores de gasolina) tienen 2,884 ppm y 3,39 ppm y el 6,25% (1 expendedor de gasolina) tiene el valor más alto de 5,017 ppm.

Por lo tanto, la evaluación del contenido de plomo en los 16 expendedores de gasolina de los grifos y estaciones formales del distrito de Ayacucho, evidencian la presencia del contaminante, de los cuales tres de ellos presentan concentraciones de plomo altas en la mano izquierda (2,88; 3,39 y 5,02 ppm); debido a que estuvieron laborando por más de seis horas consecutivas, afirmándose que en una exposición laboral prolongada se encontrará mayor

concentración de plomo en las manos, confirmado por los resultados obtenidos de la lectura de Pb en el equipo de EAAHG, entonces los niveles de contaminación registrado en los expendedores de gasolina son evidentes.

#### 4.4.2. Evaluación de plomo en las gasolinas

Los combustibles comercializados en las estaciones de servicios y grifos formales del distrito de Ayacucho con mayor potencial de contenido de plomo son las gasolinas; por lo tanto, se ha decidido evaluar los cuatro tipos de gasolinas de distinto octanaje.

**Tabla 4.5.**

*Concentración real de plomo (mg/L) en las gasolinas (84, 90, 95 y 97 octanos).*

N°	MUESTRAS	Lectura por EAAHG de Pb (ppb)	Concentración de Pb (mg/L)	Especificaciones Petroperú (mg/L)
1	A (Gasolina de 84 octanos )	109,982	1,100	13
2	B (Gasolina de 90 octanos)	224,759	2,248	13
3	C (Gasolina de 95 octanos)	251,759	2,518	13
4	D (Gasolina de 97 octanos)	258,093	2,581	13

*Fuente:* USAQ, 2017.

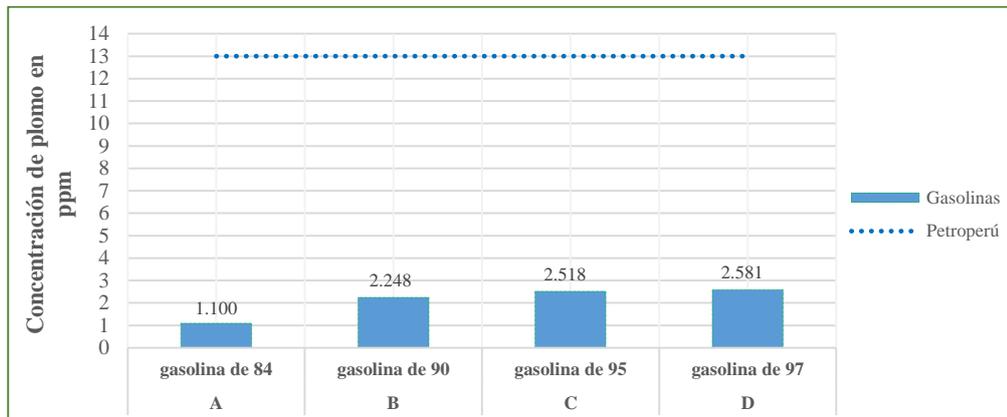
La tabla 4.5. Muestra la concentración de plomo (mg/L) en las muestras de gasolinas, el propósito de esta evaluación fue de confirmar la presencia de plomo en las gasolinas de diferente octanaje y observándose mayor presencia de plomo en los de mayor octanaje.

Las concentraciones de Pb se obtuvieron con la aplicación de la ecuación (3.3), donde el factor de dilución estuvo constituido por 1 mL de gasolina tal como

se describió en el capítulo anterior (3.10.3) y el volumen de tratamiento de 10 mL de HNO<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O también descrito en el ítem (3.11.3). Por ejemplo:

$$A: C_{Pb \text{ en ppm}} = \left[ \frac{(109,982-0)ppb \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 1,100$$

Para la toma de muestras (gasolinas de diferentes octanajes) se utilizó 1 mL de esta con la ayuda de una pipeta volumétrica el cual se adicionó directamente a los envases de vidrio. (Ver Anexo N° 17)



**Figura 4.5.** Concentración real de plomo (mg/L) en las gasolinas de distinto octanaje, 2017.

En la figura 4.5. Se observó que la gasolina 84 octanos tiene menor concentración de plomo (1,100 mg/L) y la gasolina de 97 octanos presento mayor concentración de plomo (2,581 mg/L).

Por lo tanto, con los resultados obtenidos se observó que la gasolina de mayor octanaje tiene más concentración de plomo, probablemente debido a un mayor uso de aditivo para mejorar el octanaje y este aditivo contenga plomo tal como se demostraron con los resultados del análisis por EAAHG; además cabe mencionar que, las concentraciones de plomo (mg/L) en las gasolinas son menores que las especificaciones técnicas de las gasolinas publicadas por Petroperú. Por lo tanto las concentraciones de plomo en las gasolinas se encuentran dentro del valor máximo permitido (13 mg/L) en las

especificaciones de las fichas técnicas de gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos.  
(Ver anexo N° 18)

#### 4.4.3. Flujo de penetración dérmica del plomo en los colaboradores

Los resultados de la concentración de plomo que se obtuvieron en las manos de los colaboradores fueron obtenidos de la lectura con el equipo de EAAHG del laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químico de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 4.6.**

*Concentración real de plomo absorbido (ppm) en las manos de los colaboradores.*

N°	Muestras	Lectura de Pb (ppb)				Pb absorbido (ppm)	
		Tiempo inicial (t=0)		Tiempo final (t=1)		Mano derecha	Mano izquierda
		D <sub>0</sub>	I <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>		
1	1 (gasolina de 84 octanos)	165,918	176,119	84,628	152,907	3,252	0,928
2	2 (gasolina de 90 octanos)	167,671	270,138	86,545	171,272	3,245	3,955
3	3 (gasolina de 95 octanos)	186,046	255,146	106,845	230,088	3,168	1,002
4	1 (gasolina de 97 octanos)	239,111	248,498	103,970	112,161	5,406	5,453

*Fuente:* USAQ, 2017.

En la tabla 4.6. Se observa que las lecturas de concentraciones de plomo (ppb) reportadas por el EAAHG entre el tiempo inicial y final no son permanentes y disminuyen en todos los casos; entonces la diferencia de concentración para el tiempo de exposición (una hora) se debe a que el plomo ha sido absorbido por la membrana dérmica en evaluación (manos de los colaboradores). En las columnas siete y ocho se encuentran los niveles de Pb absorbido por la piel de las manos expresado en ppm, los cuales se obtuvieron por la diferencia de

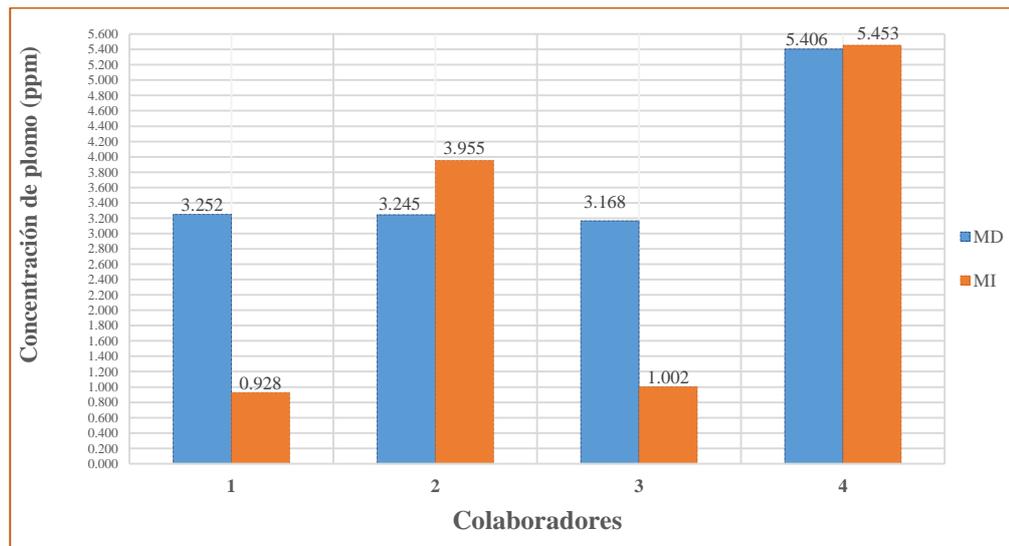
concentraciones registrados en las muestras analizadas entre el tiempo inicial menos el del tiempo final, para la conversión se aplicó la ecuación (3.3), donde el factor de dilución es la cuarta parte de gasolina utilizada para humectar la mano (0,25 mL), porque se dividió las manos en dos secciones. Por ejemplo:

$$2D_0: C_{Pb \text{ en ppm}} = \left[ \frac{(189,179 - 21,51) \text{ ppb} \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 6,707 \text{ ppm}$$

$$2D_1: C_{Pb \text{ en ppm}} = \left[ \frac{(108,053 - 21,51) \text{ ppb} \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 3,462 \text{ ppm}$$

**Pb absorbido en la mano derecha: (6,707-3,462) ppm = 3,245 ppm**

De igual manera se procedió con los mismos cálculos para las demás muestras (Ver Anexo N° 19)



**Figura 4.6.** Concentración real de plomo absorbido (ppm) en las manos de los colaboradores, 2017.

En la figura 4.6. Se observa que la piel (manos) de todos los colaboradores ha absorbido ciertos niveles de plomo (ppm), demostrado con los resultados obtenidos por la lectura de Pb en EAAHG. El colaborador cuatro es el que ha absorbido más plomo tanto en la mano derecha e izquierda en comparación a los demás colaboradores así como también es el que ha recibido la gasolina de

mayor octanaje con mayor nivel de concentración de plomo; si se considera que la piel sirve de barrera a la penetración de moléculas extrañas (Guimaraens, 2004), en este caso se asume que los colaboradores uno, dos y tres presentan una piel más resistiva a la penetración del plomo así como también que han recibido gasolinas de menor concentración de plomo, pero también no se puede obviar otros factores que podrían intervenir en la absorción de plomo como las condiciones de exposición (tiempo, clima, higiene, etc.), factores químicos del compuesto (peso molecular, solubilidad en agua y aceites, estructura, etc.) y factores de la piel (temperatura, humedad, condición, etc.) (Guimaraens, 2004; Semple, 2004; INSHT, 2003).

**Tabla 4.7.**

*Flujo de penetración dérmica del plomo ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{h}$ ) en los colaboradores*

N°	MUESTRAS	Área de la mano ( $\text{cm}^2$ )	Concentración de Pb (ppm)		Flujo de penetración dérmica ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{h}$ )	
			Mano derecha	Mano izquierda	Mano derecha	Mano izquierda
1	1 (gasolina de 84 octanos)	187,00	3,252	0,928	0,009	0,002
2	2 (gasolina de 90 octanos)	170,00	3,245	3,955	0,010	0,012
3	3 (gasolina de 95 octanos)	112,50	3,168	1,002	0,014	0,004
4	4 (gasolina de 97 octanos)	120,00	5,406	5,453	0,023	0,023

*Fuente:* Elaboración propia, 2017.

En la tabla 4.7. Se observa que en las columnas seis y siete los flujos de penetración dérmica, que fluctúan de 0,002  $\mu\text{g}$  de plomo/ $\text{cm}^2.\text{h}$  a 0,023  $\mu\text{g}$  de plomo/ $\text{cm}^2.\text{h}$ , lo que significa que el flujo de penetración dérmica expresa la cantidad de plomo que ha penetrado a través del área a analizada (superficie de

la mano) expuesto en una hora de contaminante de plomo proveniente de la gasolina utilizada para humectar las manos. La penetración dérmica dependerá del tiempo de exposición y los factores que se encuentran en la piel por lo tanto la evaluación de las dos secciones de la mano en distintos tiempos evidenció la disminución de la concentración de plomo en el tiempo, que es un contaminante residual de la gasolina aplicada sobre la piel, cuyos valores determinados por absorción atómica evidencian la penetración dérmica del plomo.

Para obtener los resultados de flujo de penetración dérmica se procedió con el cálculo utilizando la ecuación (3.4) como, por ejemplo:

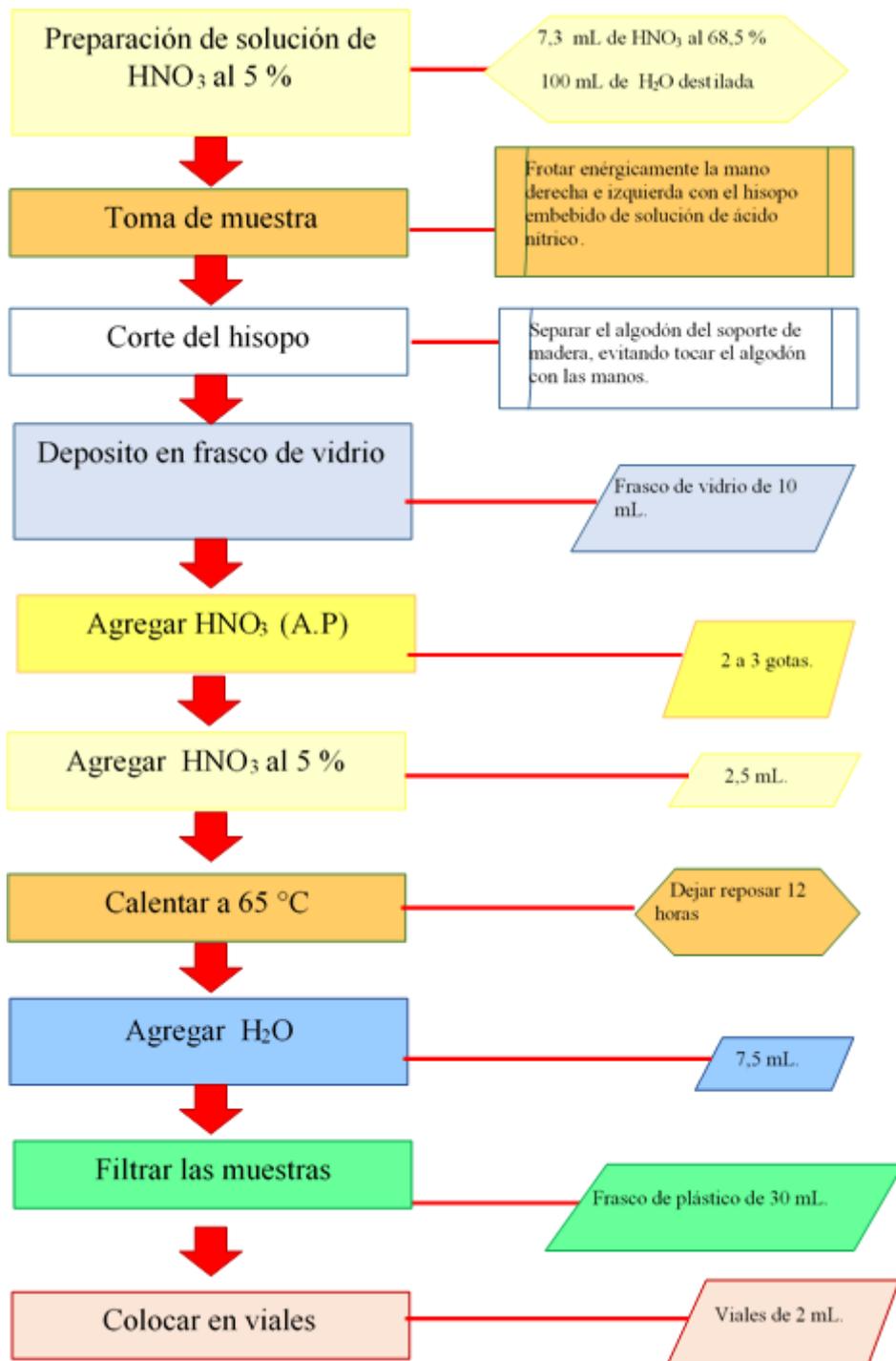
$$R_{1D} = \frac{(6,64 - 3,39) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{187 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \text{ } \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,009 \frac{\mu\text{g}}{\text{cm}^2 \cdot \text{h}}$$

El mismo procedimiento se realizó para las demás muestras (ver anexo N°20).

## **4.5. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EXPENDEDORES DE GASOLINA Y COLABORADORES**

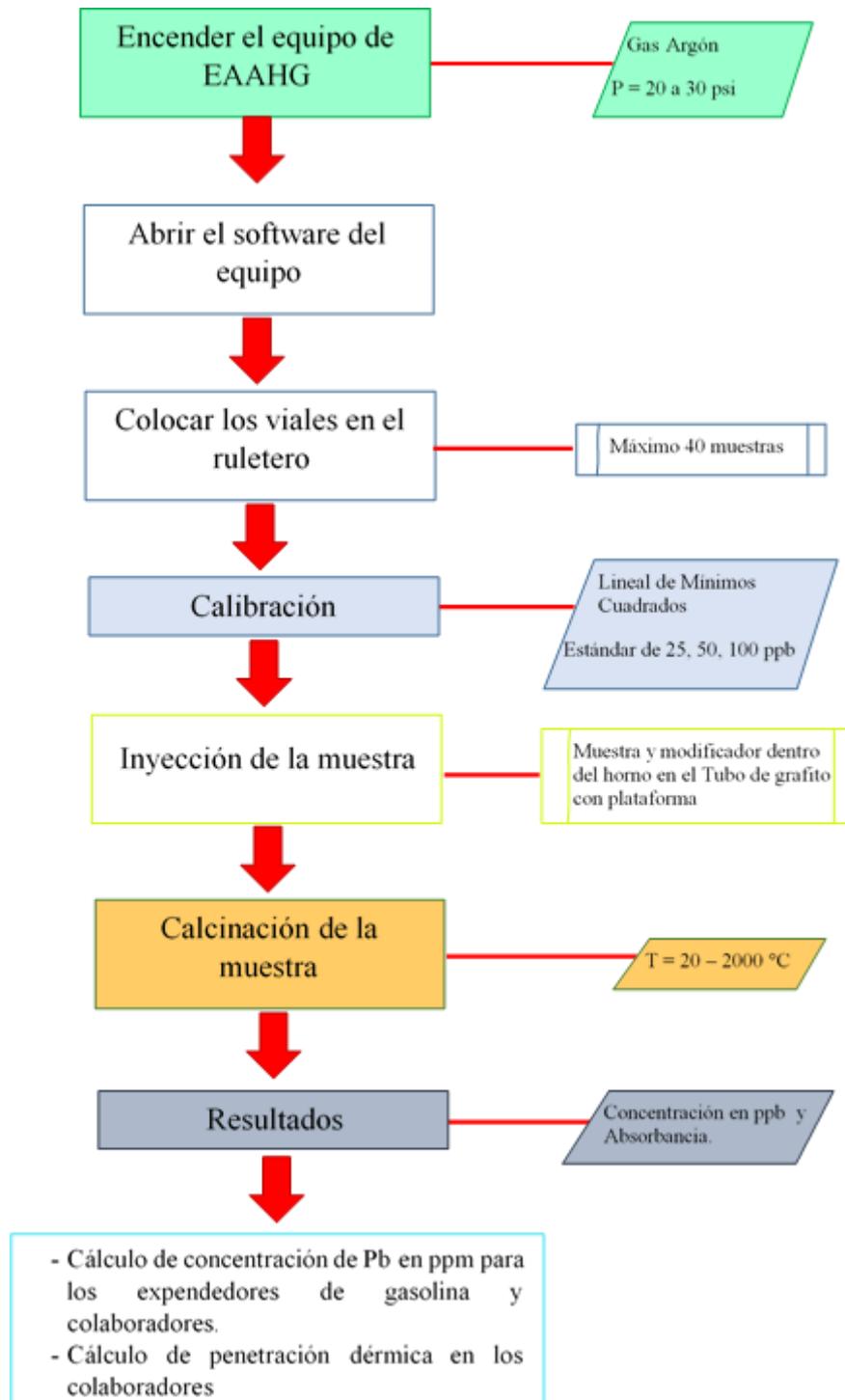
### **4.5.1. Proceso de tratamiento de la muestra**

En la siguiente figura se presenta el diagrama de flujo del proceso de tratamientos de las muestras tomadas a los expendedores de gasolina, así como de los colaboradores.



**Figura 4.7.** Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la muestra en expendedores de gasolina y colaboradores. (Ver anexo N° 21).

#### 4.5.2. Proceso de la lectura del analito de plomo por EAAHG



*Figura 4.8.* Diagrama de flujo del proceso de lectura del analito de Pb en expendedores de gasolina y colaboradores.

## CONCLUSIONES

1. En el distrito de Ayacucho se reportan 18 estaciones de servicios y grifos formales verificados por la OSINERGMIN, de las cuales se determinó como muestra representativa a 16 estaciones, en las cuales se procedió con la toma de muestra a través de la técnica de hisopado de manos aplicado en 16 expendedores de gasolina que se encontraban en horas de trabajo, para el análisis de contenido de plomo empleando espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito.
2. Se analizó y evaluó las concentraciones de plomo en las manos de los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho obteniéndose como resultado que varían desde 0,04 ppm hasta 5,02 ppm de plomo tal como se demuestran en la tabla 4.4, estos resultados evidencian la presencia de plomo en la piel (manos).
3. Los expendedores de gasolina que reportan concentraciones de plomo más altas en las manos (2,88 ppm a 5,02 ppm) se encontraban laborando por más de seis horas consecutivas; por lo tanto se afirma que, a mayor cantidad de horas de trabajo y exposición al expendio de combustibles en las estaciones de servicios se tendrá mayor probabilidad de contaminación dérmica debido a mayores concentraciones de plomo en sus manos, tal como se demuestra en la tabla 4.4.
4. Se determinó las concentraciones de plomo en las gasolinas de distintos octanajes obteniéndose como resultado 1,100 mg/L (gasolina de 84 octanos), 2,248 mg/L (gasolina de 90 octanos), 2,518 mg/L

(gasolina de 95 octanos) y 2,581 mg/L (gasolina de 97 octanos); los cuales se compararon con las especificaciones técnicas de las gasolinas de Petroperú, donde el valor máximo de plomo admitido es 13 mg/L; por lo tanto, los niveles de plomo obtenidas en el análisis de las gasolinas no exceden el límite máximo estipulado por Petroperú tal como se demuestra en la tabla 4.5.

5. En el análisis de las muestras de hisopado de manos realizado en el grupo de colaboradores se obtienen concentraciones de plomo varían entre 0,928 ppm hasta 5,453 ppm, esta última fue mayor con respecto a los expendedores de gasolina, porque en el caso de los colaboradores se les ha aplicado directamente sobre las manos un determinado volumen de gasolina, estableciéndose un contacto directo con el combustible para fines de evaluación en el experimento controlado, con resultados que se demuestran en la tabla 4.6.
6. Al comparar las variaciones de las concentraciones de plomo evaluado en los colaboradores desde el tiempo inicial hasta el tiempo final (una hora de exposición controlada al combustible aplicado) se observa una evidente disminución en la concentración de plomo sobre la superficie dérmica de las manos, con lo que podemos demostrar y afirmar que se establece una penetración dérmica del plomo a través de la piel, como una propiedad difusional del contaminante.
7. Se analizó y evaluó el flujo de penetración dérmica del plomo en las manos de los colaboradores, obteniéndose resultados que varían de 0,002  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$ . a 0,023  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$ , tal como se demuestra en la tabla

4.7; estos valores dependen de muchos factores como el estado de la piel, el ambiente, el tipo de sustancia, por lo tanto el análisis realizado en las dos secciones de la mano derecha e izquierda en el tiempo establecido (una hora) permitió la afirmación de que si existe penetración dérmica de plomo en la piel (manos de los colaboradores), lo cual indica que en la manipulación de combustibles y materiales que contengan plomo, dependiendo del tiempo de exposición, el tipo de solución, de los aspectos térmicos y biológicos dérmicos, se puede estar difundiendo e ingresando cantidades de plomo a través de la piel al organismo.

## RECOMENDACIONES

- Realizar charlas de prevención y capacitación para que los expendedores de gasolina puedan tener más información sobre la contaminación con plomo.
- Los expendedores de gasolina deben realizar un aseo adecuado (manos) antes de ingerir sus alimentos.
- Los expendedores de gasolina deben usar la vestimenta e implementos necesarios para que puedan prevenir la contaminación con plomo.
- La ropa de trabajo de los expendedores de gasolina debe estar en un lugar ventilado o apartado de la casa y habitación pues es por este medio que también los familiares pueden contaminarse con plomo.
- Los expendedores de gasolina deben hacerse un chequeo médico para descartar cualquier tipo de enfermedad y los niveles altos de plomo en el organismo los cuales se obtienen mediante indicadores como la sangre y la orina.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acaro, C. F., Ccahuana, G. M., & Ccahuana, G. T. (2014). Intoxicación ocupacional por plomo en diversos grupos de trabajadores del cercado de Ica. *Ágora Revista Científica*, 1(1), 20-25.
- Aguilar, A. J., & Amanqui, R. M. (2011). Tesis pregrado: Estudio técnico-económico de prefactibilidad de un proceso de transformación para el incremento de octanaje de gasolinas en refinerías de la selva del Perú. 30,31. Lima, Perú.
- Aranguren, Z. F., Burguera, J. L., Burguera, M., & Montilla, J. M. (2003). Concentración de plomo en sangre y orina de trabajadores en expendios de gasolina. *Geoenseñanzas*, 8(2), 83-93.
- Arias, J. A. (2011). Fundamentos y Aplicaciones de transferencia de Masa. 2. Ayacucho, Perú: Praktico.
- Arosquipa, A. G., & Villegas, S. E. (2013). Determinación de contenido de plomo en sangre proveniente de la policía de tránsito femenina de las unidades centro y sur de Lima Metropolitana. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(3), 229-235.
- Aviles, R. S. (2010). Tesis pregrado: Niveles de plomo en leche materna en los hospitales II Essalud Huamanga y Daniel Alcides Carrión del Callao, Lima. Ayacucho.
- Baird, C., & Cann, M. (2014). Química Ambiental. 2, 247,537,546. Barcelona, España: Reverté S.A.
- Bender, G. T. (1992). Método instrumentales de análisis en química clínica. 115-119. Zaragoza, España.
- Cámara minera de México; International lead management center; Industrias Peñoles S.A. de C.V.; C.Calidad ambiental del tecnológico de Monterrey. (2006). Manual para el manejo ambientalmente responsable del plomo. En I. P. C.V. (Ed.). México D.F., México.
- Castro, P. C., & Sobrado, S. F. (2010). Tesis pregrado: Detección y Cuantificación de plomo en muestras de sangre venosa de escolares de 12 a 17 años de la

urbanización La primavera del distrito de Agustino. Lima, Peru. Recuperado el mayo de 2017, de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1499/1/Castro\\_pc.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1499/1/Castro_pc.pdf).

Cortés, C. J. (2013). Tesis pregrado: Aplicación de espectrofotometría de absorción atómica en el laboratorio de química forense. México D.F., México. Recuperado el 09 de noviembre de 2017

Cortés, G. T. (08 de noviembre de 2016). Tesis pregrado: Determinación de niveles sanguíneos de plomo en una muestra de niños mediante espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito. Recuperado el 06 de mayo de 2017, de [www.bdigital.unal.edu.co/54251/1/52710945.2016.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/54251/1/52710945.2016.pdf)

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1994). Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en América latina y el Caribe- AQUILA II. Recuperado el 06 de noviembre de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S04.htm>

GBC scientific equipment. (2002). GBC Avanta atomic absorption spectrometer operation manual. 17-225.

GBC scientific equipment. (2005). Determination of Sb, Ba and Pb in gunpowder residue analysis, AAS applications notes,. Recuperado el 16 de noviembre de 2017, de [http://www.gbcscientific.com/appnotes/AA\\_app\\_note\\_015.pdf](http://www.gbcscientific.com/appnotes/AA_app_note_015.pdf)

Gral, C. R., & Pasotti, N. S. (2006). *Espectrofotometría visible - Ultravioleta*. Recuperado el 11 de setiembre de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/8553130/Espectrofotometria>.

Guillén, M. D., Escate, L. F., Guillén, P. D., & Rivera, A. F. (2013). Plomo en sangre de cordón umbilical de neonatos nacidos en un hospital del norte de Lima. *Revista peruana de medicina experimental y Salud Pública*, 30, 224-226.

Guimaraens, D. J., INSHT, & CENTRO NACIONAL DE NUEVAS TECNOLOGIAS. (2004). Exposición dérmica laboral, absorción percutánea, agentes químicos con notación dérmica. Madrid, España: Servicio de ediciones y publicaciones. INSHT Madrid.

- Hermoza, H. J., & Lomparte, H. C. (2006). Tesis pregrado: Determinación toxicológica de plomo en leche de madres lactantes del centro de Salud de san Juan Bosco de la Provincia Constitucional del Callao. Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/1105>.
- INDECOPI. (11 de abril de 2002). NTP 321.102:2002. *Petróleo y derivados. Gasolinas uso motor. Especificaciones, 1, 1, 5, 16*. Lima, Perú. Recuperado el 21 de noviembre de 2018, de <https://aap.org.pe/tecnica/normas/normas-nacionales/combustibles/gasolina-gasoholes/>
- INSHT, I. N. (2003). NTP 697: Exposición a contaminantes químicos por vía dérmica.
- INSHT, I. N. (2015). Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. Madrid, España: Servicios gráficos Kenaf S.L. Recuperado el enero de 2016, de <http://www.insht.es/catalogopublicaciones/>
- JCP. (19 de octubre de 2014). *Sertox*. Recuperado el 03 de abril de 2017, de <http://www.sertox.com.ar/modules.php?name=News&file=article&sid=7918>
- Klaassen, C. D., & Watkins III, J. (1999). Manual de toxicología. 677-683. México D.F., México: Mc Graw hill.
- Larese, F. F., Boeniger, M., Maina, G., Adami, G., Spinelli, P., & Damian, A. (2006). Skin absorption of inorganic lead (PbO) and the effect of skin cleansers. *Journals of Occupational and Environmental Medicine*, 48, 692-699.
- Lilley, S., Florence, T., & Stauber, J. (1988). *The use of sweat to monitor lead absorption through the skin*. Australia.
- Litter, M. I., Armietta, M., & Farias, S. (2009). *Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos*. Recuperado el 02 de agosto de 2017, de [https://paginas.fe.up.pt/~cigar/html/documents/Monografia2\\_000.pdf](https://paginas.fe.up.pt/~cigar/html/documents/Monografia2_000.pdf)
- Llahuilla, Q. J. (2017). Tesis posgrado: Evaluación de la concentración de plomo y cadmio en lápices labiales para niñas, expendios en el Cercado de Lima. Lima, Perú.

- Loomis, T. A. (1998). Fundamentos de toxicología. 3ra, 87-100. Zaragoza, España.
- Márquez, E. C. (20 de setiembre de 2012). Tesis posgrado: Biomonitorización de cadmio, cromo, manganeso, níquel y plomo en muestras de sangre total, orina, vello axilar y saliva en una población laboral expuesta a metales pesados. Granada, España. Recuperado el 12 de 05 de 2017, de <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/26354/1/2155254x.pdf>.
- Martínez, R. A. (2002). Tesis Posgrado: Plomo en suelo y su asociación con los niveles sanguíneos en niños y mujeres embarazadas. Tecomán, México. Recuperado el 2017 de mayo de 12, de [http://digeset.uco.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Adalberto%20Martinez%20Reyna.pdf](http://digeset.uco.mx/tesis_posgrado/Pdf/Adalberto%20Martinez%20Reyna.pdf)
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. (1998). D.S. N° 030-98-EM. Lima. Recuperado el 10 de setiembre de 2017, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per70643.pdf>.
- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. (2001). D.S. N° 045-2001-EM. Lima. Recuperado el 06 de noviembre de 2017, de [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/DECRETO-SUPREMO-045-2001-EM.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/DECRETO-SUPREMO-045-2001-EM.pdf)
- Motor Giga*. (s.f.). Recuperado el 20 de agosto de 2017, de <http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/plomo-definicion>
- Norma Técnica Peruana. (10 de agosto de 2001). Combustibles derivados del petróleo. Lima, Perú. Recuperado el 05 de noviembre de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/e/fulltext/3encuent/dghmem.pdf>
- OMS, Organización Mundial de la Salud. (agosto de 2017). Intoxicación por plomo y salud. Recuperado el mayo de 2017, de OMS: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>
- Osinergmin*. (s.f.). Recuperado el 21 de julio de 2016, de [www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosCombustibleAutomotorAction.do](http://www.facilito.gob.pe/facilito/actions/PreciosCombustibleAutomotorAction.do)

Osinermin. (2009). Normas legales N° 368-2009-OS/GG. *El Peruano*. Recuperado el 05 de noviembre de 2017, de [srvapp03.osinermin.gob.pe:8888/snl/normaPortalGeneral.htm%3F\\_formAction%3DviewFile%26filename%3D1531-1811%26tipoDoc%3DPDF+%amp;cd=8&hl=es&ct=clnk&gl=pe](http://srvapp03.osinermin.gob.pe:8888/snl/normaPortalGeneral.htm%3F_formAction%3DviewFile%26filename%3D1531-1811%26tipoDoc%3DPDF+%amp;cd=8&hl=es&ct=clnk&gl=pe)

Osores, M. k., & Pérez, R. A. (2009). Tesis pregrado: Intoxicación plúmbica y su relación con el coeficiente intelectual de los niños de 6 a 12 años de edad de la Asociación de los Mecánicos de Jesús de Nazareno. Ayacucho, Perú.

Petróleos del Perú-Petroperú S.A. (diciembre de 2013). *Hoja de datos de seguridad de materiales, gasolina de 84 octanos*. Recuperado el 30 de setiembre de 2018, de <https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/hojadosseguridadgasolina84-dic2013.pdf>

Petróleos del Perú-Petroperú S.A. (diciembre de 2013). *Hoja de datos de seguridad de materiales, gasolina de 90 octanos*. Recuperado el 30 de setiembre de 2018, de <https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/hojadosseguridadgasolina90-dic2013.pdf>

Petróleos del Perú-Petroperú S.A. (diciembre de 2013). *Hoja de datos de seguridad de materiales, gasolina de 95 octanos*. Recuperado el 30 de setiembre de 2018, de <https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/hojadosseguridadgasolina95-dic2013.pdf>

Petróleos del Perú-Petroperú S.A. (diciembre de 2013). *Hoja de datos de seguridad de materiales, gasolina de 97 octanos*. Recuperado el 30 de setiembre de 2018, de <https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/hojadosseguridadgasolina97-dic2013.pdf>

Petróleos del Perú-Petroperú S.A. (2014). *Gasolina Petroperú super plus 84, especificaciones técnicas (sin plomo)*. Recuperado el 11 de setiembre de 2017,

de

<https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/especificacionestecnicasg84-2014.pdf>

Petróleos del Perú-Petroperú S.A. (2014). *Gasolina Petroperú super plus 90, especificaciones técnicas (sin plomo)*. Recuperado el 2017 de setiembre de 11, de

<https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/especificacionestecnicasg90-2014.pdf>

Petróleos del Perú-Petroperú S.A. (2017). *Gasolina Petroperú super plus 95, especificaciones técnicas (sin plomo)*. Recuperado el 11 de setiembre de 2017, de

<https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/especificacionestecnicasg95-2017.pdf>

Petróleos del Perú-Petroperú S.A. (2017). *Gasolina Petroperú super plus 97, especificaciones técnicas (sin plomo)*. Recuperado el 11 de setiembre de 2017, de

<https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/productos/especificacionestecnicasg97-2017.pdf>

Petroperú. (2014). Gasolina Súper Plus. Recuperado el 12 de setiembre de 2016, de <https://www.petroperu.com.pe/Main.asp?Seccion=50>

Plunkett, F. (1978). Manual de toxicología industrial. 440-443,496-497. Bilbao, España: Urmo.

Semple, S. (2004). Dermal exposure to chemical in the workplace: just how important is skin absorption.

Silvera, S. L. (2008). Tesis pregrado: Niveles de plomo en sangre de pobladores de las vías de alto tráfico vehicular de la ciudad de Ayacucho. Ayacucho, Perú.

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2010). Principios de análisis instrumental. 230-238. México D.F.

Tamayo, P. J., Vásquez, C. A., Salvador, J. J., & De la Cruz, S. R. (2015). Osinergmin. *La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país*, 34, 35.

Tejada, S. C. (2014). Tesis pregrado: Dosaje de plomo en sangre en relación a la contaminación por el parque automotor en Arequipa. Arequipa, Perú. Recuperado el 15 de mayo de 2017, de [http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM\\_c5277ff975d4c7c972f1d73db3618745](http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_c5277ff975d4c7c972f1d73db3618745).

*UDLAP Bibliotecas*. (s.f.). Recuperado el 2016 de setiembre de 12, de UDLAP Bibliotecas:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/leia/choussy\\_c\\_d/apendice C.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/choussy_c_d/apendice_C.pdf).

*Wikipedia*. (s.f.). Recuperado el 2017 de mayo de 11, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Plomo>

wikipedia, C. d. (10 de enero de 2018). *Wikipedia*. (l. e. Wikipedia, Ed.) Recuperado el 17 de abril de 2018, de <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Plomo&oldid=112126299>

# **ANEXOS**

### Anexo N° 01

TITULO DE LA TESIS:		CONTAMINACIÓN CON PLOMO EN LOS EXPENDEDORES DE GASOLINA DEL DISTRITO DE AYACUCHO, 2017.		AUTOR: Charol Roxana ALARCON CHAVARRIA
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLÓGIA
<p><b>Problema Principal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuál es la contaminación con plomo de los expendedores de gasolina en las distintas estaciones de servicios del distrito de Ayacucho?</li> </ul> <p><b>Problemas Secundarios</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuáles son las concentraciones de plomo en las manos de los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho?</li> <li>- ¿Cuál es la concentración de plomo contenida en las gasolinas de distinto octanaje?</li> <li>- ¿Cuál será el flujo de penetración dérmica del plomo luego de un determinado tiempo de exposición a las gasolinas de distintos octanajes?</li> </ul>	<p><b>1) Objetivo general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar la contaminación con plomo de los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho en el año 2017.</li> </ul> <p><b>2) Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar la concentración de plomo en las manos de los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho.</li> <li>- Determinar la concentración de plomo en las gasolinas de distinto octanaje y comparar con las especificaciones técnicas de las gasolinas de Petroperú.</li> <li>- Determinar el flujo de penetración dérmica en las manos de los colaboradores.</li> </ul>	<p><b>1) Hipótesis General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los expendedores de gasolina de las distintas estaciones de servicio del distrito de Ayacucho, estarían contaminados con plomo.</li> </ul> <p><b>2) Hipótesis Especificas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las concentraciones de plomo en los expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho podrían adquirir valores considerables.</li> <li>- Las concentraciones de plomo en las gasolinas de distinto octanaje se encuentran dentro del valor máximo referidas en las especificaciones técnicas de las gasolinas Petroperú.</li> <li>- Existe penetración dérmica de plomo a través de las manos evaluadas en los colaboradores para una hora de exposición.</li> </ul>	<p><b>1) Variable de caracterización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentración de plomo en las manos (ppm).</li> <li>- Tiempo de exposición (h).</li> <li>- Flujo de penetración dérmica (<math>\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{h}</math>).</li> </ul> <p><b>2) Variable de interés</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación con plomo.</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Básica</li> </ul> <p><b>Nivel de Investigación</b></p> <p>Descriptiva</p> <p><b>Método</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Descriptivo, deductivo y analítico.</li> </ul> <p><b>Diseño</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No experimental.</li> </ul> <p><b>Población</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expendedores de gasolina del distrito de Ayacucho.</li> </ul> <p><b>Muestra</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasolina impregnada en las manos de expendedores de gasolina.</li> </ul> <p><b>Técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis documental.</li> <li>- Análisis instrumental (espectrofotometría)</li> </ul> <p><b>Instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos y materiales de laboratorio.</li> <li>- Reactivos e insumos químicos.</li> <li>- Materiales de escritorio.</li> <li>- Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito GBC GF 3000 y Shimadzu AA-6800.</li> </ul>

## Anexo N° 02

### **Estaciones de servicios y grifos formales del distrito de Ayacucho (Osinergrmin).**

<b>DISTRITO</b>	<b>ESTABLECIMIENTO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
Ayacucho	Edilberto Floriano Gómez Palomino	Av. Ejercito N° 250
Ayacucho	Yaqueline Huamán Flores	Intersección Vía de Evitamiento y Av. Señor de Amancaes
Ayacucho	Yava S.A.C.	Jr. Salvador caverro N° 152-174
Ayacucho	Andrés Corcino Palomino Ccorahua	Vía Los libertadores km. 4.00- Huascahura
Ayacucho	Empresa comercializadora de Combustible y Transporte El Angel E.I.R.L	Av. Del Ejercito N° 391
Ayacucho	Grifo Castilla E.I.R.L	Av. Mariscal Castilla N° 789
Ayacucho	Negociaciones Shalom S.R.L.	Esq. Vía de Evitamiento con la Av. Javier Pérez de Cuellar AA.HH Covadonga mz. Q2 lt. 14
Ayacucho	Inversiones Brown S.R.L	Jr. Manco Cápac N° 839 y Calle Quinua
Ayacucho	Grifo Ayacucho E.I.R.L	Carretera Vía Los Libertadores km. 2.5
Ayacucho	Servicentros Plaza S.A.C	Jr. Libertad mz. El lte. 6 y 7 Urb. María Parado de Bellido (Emadi)
Ayacucho	Grifo San Agustín S.A.C	Jr. Pizarro N° 129
Ayacucho	Roca E.I.R.L	Av. Arenales N° 831
Ayacucho	Reyna Isabel Luza Roca	Av. 9 de diciembre S/N carretera a Huatatas
Ayacucho	Alberto Roca Velásquez	Av. Del ejercito N° 597
Ayacucho	Sonia Mendoza Quispe	Carretera vía Los Libertadores km. 4.9 sector Chamanapata
Ayacucho	Inversiones F.R.L. S.A.C.	Av. Independencia N° 583-585
Ayacucho	Grifo El Ovalo S.A.C.	Jr. Puno N° 150, esquina con Jr. Untiveros

*Fuente:* Precio de la gasolina y diésel en estaciones de servicio y grifos formales, 2016.

### Anexo N° 03

Fotografías de la preparación de la solución de ácido nítrico al 5%.



Anexo N° 04

Fotografías del hisopado de mano del expendedor de gasolina y muestras depositadas en bolsa de polietileno.



### Anexo N° 05

Fotografías de las Gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos e hisopos dentro de la solución de ácido nítrico al 5%



**Anexo N° 06**

**Fotografías de la limpieza de manos de los colaboradores con hisopos embebidos con solución de ácido nítrico al 5%**



**Anexo N° 07**

**Adición y humectado de manos con 1 mL de las gasolinas de distintos octanajes (muestras en colaboradores).**



a) Colaborador 1, gasolina de 84 octanos



b) Colaborador 2, gasolina de 90 octanos



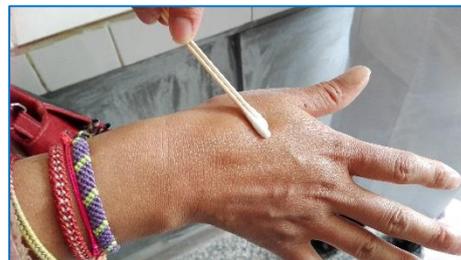
c) Colaborador 3, gasolina de 95 octanos



d) Colaborador 4, gasolina de 97 octanos

**Anexo N° 08**

**Fotografías del hisopado de mano derecha e izquierda (dorso y palma) de los colaboradores en el tiempo inicial (del dedo pulgar a la mitad del dedo medio).**



**Anexo N° 09**

**Fotografías del hisopado de la mano derecha e izquierda (dorso y palma) de los colaboradores en el tiempo final (de la mitad del dedo medio hacia el meñique)**



## Anexo N° 10

### **Muestras de los colaboradores y gasolinas.**



Frascos rotulados respectivamente conteniendo de hisopos con muestras (hisopos) de los colaboradores.



Frascos con muestras de gasolinas y corte del soporte de madera del hisopo.

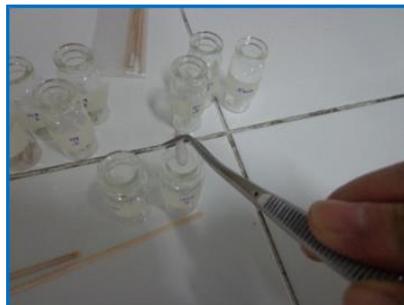


Frascos con hisopos cortados (solo el algodón).

## Anexo N° 11

### **Procesamiento y tratamiento de las muestras de los expendedores de gasolina.**

1. Corte de los hisopos y depositados en frascos de vidrio y rotulados respectivamente.



2. Adición de 2 a 3 gotas de HNO<sub>3</sub> (P.A), 2,5 mL de HNO<sub>3</sub> al 5%. Calentamiento a 65°C y adición de 7,5 mL de agua destilada.

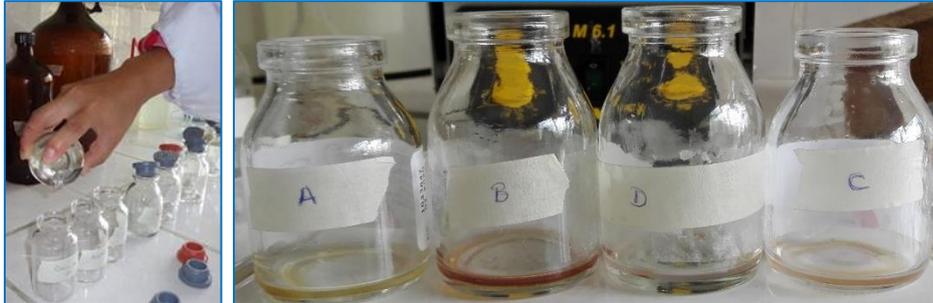


3. Filtrado de las muestras.



## Anexo N° 12

### Procesamiento y tratamiento de las muestras de los colaboradores y de las gasolinas de distintos octanajes



1. Adición de 2 a 3 gotas de  $\text{HNO}_3$  (P.A).



2. Adición de 2,5 mL de  $\text{HNO}_3$  al 5%. Calentamiento a  $65^\circ\text{C}$ .



3. Adición de 7,5 mL de agua destilada y filtrado.



4. Aseguramiento de las muestras.

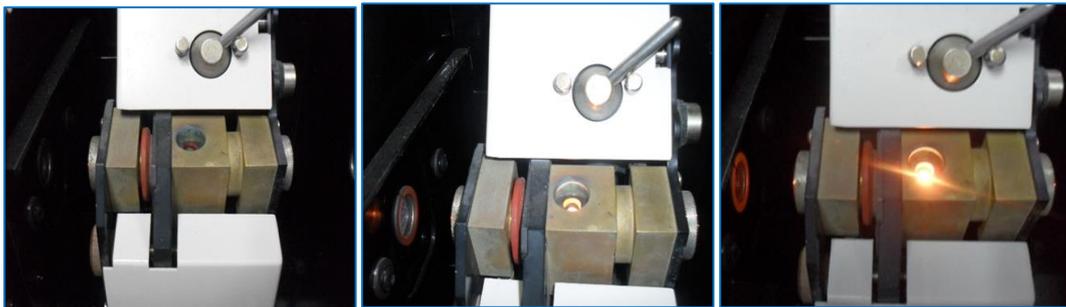
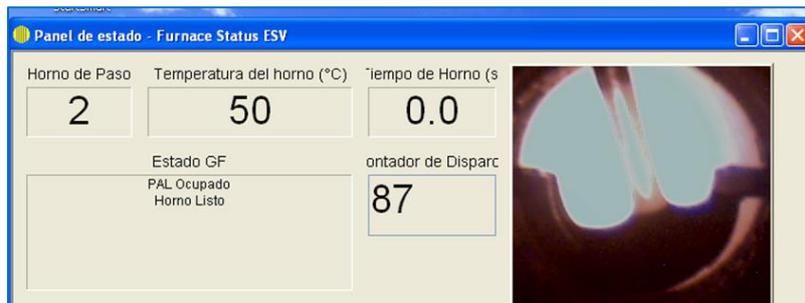
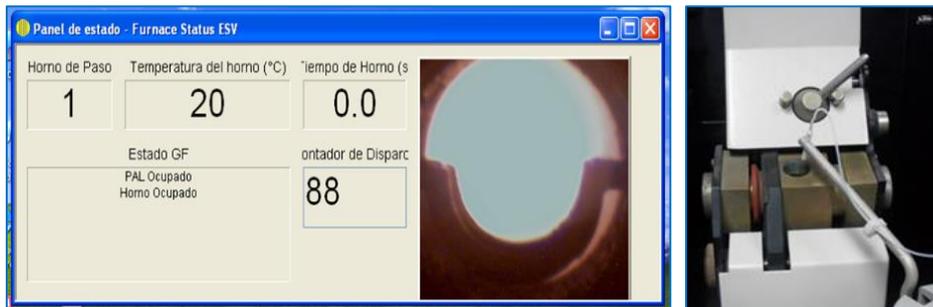
### Anexo N° 13

## Encendido del equipo de AAHG para lectura del analito (Pb) en expendedores de gasolina



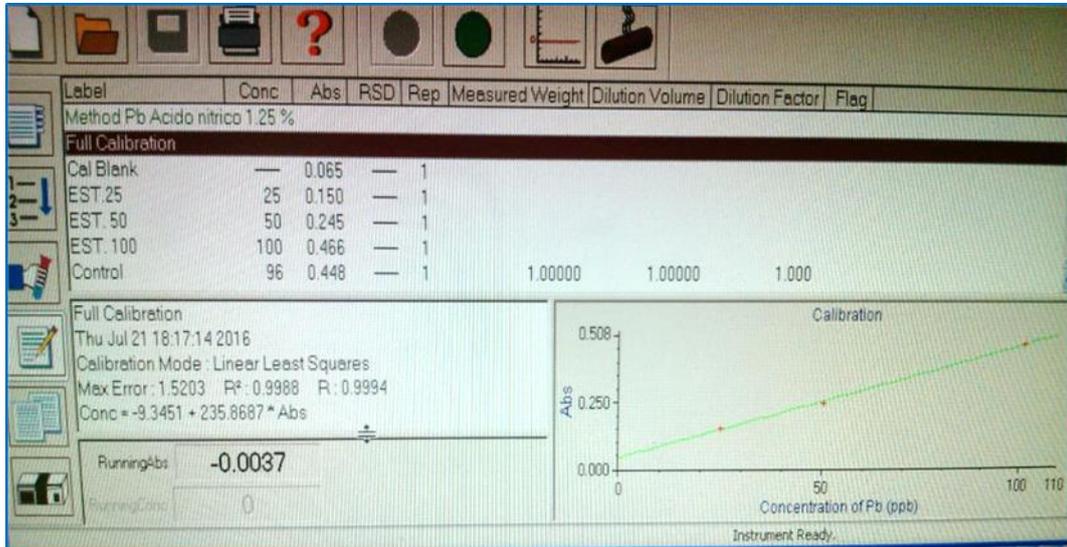
## Anexo N° 14

### Inyección y calcinado de las muestras de los expendedores de gasolina



## Anexo N° 15

**Cálculo de las muestras de los expendedores de gasolina con mención alto, lectura de plomo en ppb por EAAHG.**



$$7D: Conc = 235,8687 \times (1,054) - 9,3451 = 231,26 \text{ ppb}$$

$$11I: Conc = 235,8687 \times (0,685) - 9,3451 = 144,22 \text{ ppb}$$

$$15I: Conc = 235,8687 \times (0,792) - 9,3451 = 169,46 \text{ ppb}$$

## Anexo N° 16

### Cálculo de la concentración real de plomo en ppm de los expendedores de gasolina

$$\begin{aligned} 1D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(16-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,16 \text{ ppm} & 1I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(19-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,22 \text{ ppm} \\ 2D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(66-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 1,16 \text{ ppm} & 2I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(37-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,58 \text{ ppm} \\ 3D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(20-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,24 \text{ ppm} & 3I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(44-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,72 \text{ ppm} \\ 4D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(64-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 1,12 \text{ ppm} & 4I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(12-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,08 \text{ ppm} \\ 5D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(51-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,86 \text{ ppm} & 5I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(15-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,14 \text{ ppm} \\ 6D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(44-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,72 \text{ ppm} & 6I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(31-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,46 \text{ ppm} \\ 7D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(239,26-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 4,63 \text{ ppm} & 7I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(258,84-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 5,02 \text{ ppm} \\ 8D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(15-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,14 \text{ ppm} & 8I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(44-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,72 \text{ ppm} \\ 9D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(11-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,06 \text{ ppm} & 9I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(17-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,18 \text{ ppm} \\ 10D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(81-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 1,46 \text{ ppm} & 10I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(74-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 1,32 \text{ ppm} \\ 11D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(63-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 1,10 \text{ ppm} & 11I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(152,22-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 2,88 \text{ ppm} \\ 12D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(16-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,16 \text{ ppm} & 12I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(14-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,12 \text{ ppm} \\ 13D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(15-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,14 \text{ ppm} & 13I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(18-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,20 \text{ ppm} \\ 14D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(36-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,56 \text{ ppm} & 14I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(28-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,40 \text{ ppm} \\ 15D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(10-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,04 \text{ ppm} & 15I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(177,46-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 3,39 \text{ ppm} \\ 16D: C_{Pb} &= \left[ \frac{(14-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,12 \text{ ppm} & 16I: C_{Pb} &= \left[ \frac{(14-8)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,5 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 0,12 \text{ ppm} \end{aligned}$$

## Anexo N° 17

### **Cálculo de la concentración real de plomo en mg/L en las gasolinas**

$$A = \text{Gasolina de 84 octanos: } C_{Pb} = \left[ \frac{(109,982-0)ppb \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ mg/L}}{1000 \text{ ppb}} = 1,100 \text{ mg/L}$$

$$B = \text{Gasolina de 90 octanos: } C_{Pb} = \left[ \frac{(224,759-0)ppb \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ mg/L}}{1000 \text{ ppb}} = 2,248 \text{ mg/L}$$

$$C = \text{Gasolina de 95 octanos: } C_{Pb} = \left[ \frac{(251,759-0)ppb \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ mg/L}}{1000 \text{ ppb}} = 2,518 \text{ mg/L}$$

$$D = \text{Gasolina de 97 octanos: } C_{Pb} = \left[ \frac{(258,093-0)ppb \times 10 \text{ mL}}{1 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ mg/L}}{1000 \text{ ppb}} = 2,581 \text{ mg/L}$$

## Anexo N° 18

### Especificaciones técnicas Petroperú de las gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos

		PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.			
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ</b>					
<i>CLASE DE PRODUCTO</i>		<b>COMBUSTIBLE</b>			
<i>TIPO DE PRODUCTO</i>		<b>GASOLINA USO MOTOR</b>			
<i>NOMBRE DE PRODUCTO</i>					
<b>GASOLINA 84 OCTANOS</b>					
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO		
	MÍN.	MÁX.	ASTM	OTROS	
<b>APARIENCIA</b>					
Color comercial		Transparente		Visual	
Color comercial		Amarillo (b)		Visual	
<b>VOLATILIDAD</b>					
Gravedad API a 60 F		Reportar		D-1298, D-4052	IP-160, IP-365
Destilación, °C (a 760 mm Hg)				D-86	IP-123
10 %V recuperado		70			
50 %V recuperado		140			
90 %V recuperado		200			
Punto final de ebullición		221			
Recuperado, %V		96,0			
Residuo, %V		2,0			
Pérdida, %V		Reportar			
Relación vapor/líquido = 20, °C		56 (c)		D-4814	
Presión de vapor, KPa (psi)		69 (10)		D-323, D-4953, D-5191, D-5482	IP-69, IP-394
<b>CORROSIVIDAD</b>					
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50 °C, N°		1		D-130	IP-154
Azufre total, % masa		0,1		D-1266, D-2622, D-4294	IP-107, IP-336
<b>ANTIDETONANCIA</b>					
Número de octano Research		84,0		D-2699	
<b>ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN</b>					
Período de inducción, minutos		240		D-525, D-7525	IP-40
<b>CONTAMINANTES</b>					
Plomo, g/L		0,013		D-3237, D-5059	IP-428
Goma existente, mg/100mL		5,0		D-381	IP-131
<b>OBSERVACIONES:</b>					
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana vigente y con los ensayos del estándar ASTM D-4814.					
(b) Uso de colorante con fines de identificación. La Gasolina 84 Octanos de la Refinería Selva es Anaranjada.					
(c) Si no se dispone del equipo, calcular mediante el Apéndice X2 del ASTM D-4814.					
<b>NOTA:</b> A la Gasolina 84 Octanos se le añadirá 7.8% en volumen de Alcohol Carburante, en las Plantas de Ventas de destino, de conformidad al cronograma establecido en el D.S. 021-2007-EM y modificatorias, dando como resultado el Gasohol 84 Plus.					
<b>PETROPERÚ ... LA ENERGÍA QUE MUEVE TU MUNDO</b>					

Fuente: Gasolina Petroperú super plus 84, especificaciones técnicas (sin plomo), 2014.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ**

<b>CLASE DE PRODUCTO</b>				
<b>COMBUSTIBLE</b>				
<b>TIPO DE PRODUCTO</b>				
<b>GASOLINA USO MOTOR</b>				
<b>NOMBRE DE PRODUCTO</b>				
<b>GASOLINA 90 OCTANOS</b>				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MÍN.	MÁX.	ASTM	OTROS
<b>APARIENCIA</b>	Transparente			Visual
Color comercial	Violeta (b)			Visual
<b>VOLATILIDAD</b>				
Gravedad API a 60 F	Reportar		D-1298, D-4052	IP-160, IP-365
Destilación, °C (a 760 mm Hg)			D-86	IP-123
10 %V recuperado	70			
50 %V recuperado	140			
90 %V recuperado	200			
Punto final de ebullición	221			
Recuperado, %V	96,0			
Residuo, %V	2,0			
Pérdida, %V	Reportar			
Relación vapor/líquido = 20, °C	56 (c)		D-4814	
Presión de vapor, KPa (psi)	69 (10)		D-323, D-4953, D-5191, D-5482	IP-69, IP-394
<b>CORROSIVIDAD</b>				
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50 °C, N°	1		D-130	IP-154
Azufre total, % masa	0,1		D-1266, D-2622, D-4294	IP-107, IP-336
<b>ANTIDETONANCIA</b>				
Número de octano Research	90,0		D-2699	
<b>ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN</b>				
Periodo de inducción, minutos	240		D-525, D-7525	IP-40
<b>CONTAMINANTES</b>				
Plomo, g/L	0,013		D-3237, D-5059	IP-428
Goma existente, mg/100mL	5,0		D-381	IP-131
<b>OBSERVACIONES:</b>				
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana vigente y con los ensayos del estándar ASTM D-4814.				
(b) Uso de colorante con fines de identificación. La Gasolina 90 Octanos de la Refinería Selva es Verde.				
(c) Si no se dispone del equipo, calcular mediante el Apéndice X2 del ASTM D-4814.				
<b>NOTA:</b> A la Gasolina 90 Octanos se le añadirá 7.8% en volumen de Alcohol Carburante, en las Plantas de Ventas de destino, de conformidad al cronograma establecido en el D.S. 021-2007-EM y modificatorias, dando como resultado el Gasohol 90 Plus.				

**PETROPERÚ ... LA ENERGÍA QUE MUEVE TU MUNDO**

Fuente: Gasolina Petroperú super plus 90, especificaciones técnicas (sin plomo), 2014.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ**

<b>CLASE DE PRODUCTO</b>				
<b>COMBUSTIBLE</b>				
<b>TIPO DE PRODUCTO</b>				
<b>GASOLINA USO MOTOR</b>				
<b>NOMBRE DE PRODUCTO</b>				
<b>GASOLINA 95 OCTANOS</b>				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MIN.	MÁX.	ASTM	OTROS
<b>APARIENCIA</b>	Transparente, libre de agua y partículas			Visual
Color comercial	Azul (b)			Visual
<b>VOLATILIDAD</b>				
Gravedad API a 60°F	Reportar		D-1298, D-4052	IP-160, IP-365
Destilación, °C (a 760 mm Hg)			D-86	IP-123, ISO 3405
10 %V recuperado	-	65		
50 %V recuperado	77	118		
90 %V recuperado	-	190		
Punto final de ebullición	-	221		
Recuperado, %V	96			
Residuo, %V	2			
Pérdida, %V	Reportar			
Relación vapor/líquido = 20, °C	56 (c)		D-5188, D-4814	
Presión de vapor, KPa (psi)	-	69 (10)	D-323, D-4953, D-5191, D-5482, D-6378	IP-69, IP-394, ISO 3007
Índice de Manejabilidad (Driveability Index)	-	630	D-4814	
<b>CORROSIVIDAD</b>				
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50°C, N°	-	1	D-130	IP-154, ISO 2160
Azufre total, mg/Kg	-	50	D-2622, D-3120, D-5453, D-6920, D-7039, D-7220	IP-107, IP-336, ISO 8754
<b>ANTIDETONANCIA</b>				
Número de octano Research	95.0	-	D-2699	
<b>ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN</b>				
Periodo de inducción, minutos	240	-	D-525	IP-40, ISO 7536
<b>CONTAMINANTES</b>				
Plomo, g/L	-	0.013	D-3237, D-5059	IP-428
Goma existente, mg/100mL	-	5.0	D-381	IP-131, ISO 6246
<b>COMPOSICIÓN</b>				
Aromáticos, %Vol.	-	45 (d)	D-1319, D-5580, D-6839	IP-428
Olefinas, %Vol.	-	25 (d)	D-1319, D-5134, D-6839	IP-131, ISO 6246
Benceno, %Vol.	-	2 (d)	D-3606, D-4053, D-5580, D-6839	IP-425, IP-429
Manganeso, ppm	-	0.25	D-3831	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana vigente y con los ensayos del estándar ASTM D-4814.				
(b) Uso de colorante con fines de identificación.				
(c) Si no se dispone del equipo, calcular mediante el Apéndice X2 del ASTM D-4814.				
(d) Estarán vigentes a partir del 31.12.2017.				
<b>NOTA:</b> A la Gasolina 95 Octanos se le añadirá 7.8% en volumen de Alcohol Carburante, en las Plantas de Ventas de destino, de conformidad al cronograma establecido en el D.S. 021-2007-EM y modificatorias, dando como resultado el Gasohol 95 Plus.				

Fuente: Gasolina Petroperú super plus 95, especificaciones técnicas (sin plomo), 2017.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ**

<b>CLASE DE PRODUCTO</b>				
<b>COMBUSTIBLE</b>				
<b>TIPO DE PRODUCTO</b>				
<b>GASOLINA USO MOTOR</b>				
<b>NOMBRE DE PRODUCTO</b>				
<b>GASOLINA 97 OCTANOS</b>				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MIN.	MÁX.	ASTM	OTROS
<b>APARIENCIA</b>	Transparente, libre de agua y partículas			Visual
Color comercial	Ligeramente amarillo (b)			Visual
<b>VOLATILIDAD</b>				
Gravedad API a 60°F	Reportar		D-1298, D-4052	IP-160, IP-365
Destilación, °C (a 760 mm Hg)			D-86	IP-123, ISO 3405
10 %V recuperado	-	65		
50 %V recuperado	77	118		
90 %V recuperado	-	190		
Punto final de ebullición	-	221		
Recuperado, %V	96			
Residuo, %V	2			
Pérdida, %V	Reportar			
Relación vapor/líquido = 20, °C	56 (c)		D-5188, D-4814	
Presión de vapor, KPa (psi)	-	69 (10)	D-323, D-4953, D-5191, D-5482, D-6378	IP-69, IP-394, ISO 3007
Índice de Manejabilidad (Driveability Index)	-	630	D-4814	
<b>CORROSIVIDAD</b>				
Corrosión lámina de cobre, 3h, 50°C, N°	-	1	D-130	IP-154, ISO 2160
Azufre total, mg/Kg	-	50	D-2622, D-3120, D-5453, D-6920, D-7039, D-7220	IP-107, IP-336, ISO 8754
<b>ANTIDETONANCIA</b>				
Número de octano Research	97.0	-	D-2699	
<b>ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN</b>				
Periodo de inducción, minutos	240	-	D-525	IP-40, ISO 7536
<b>CONTAMINANTES</b>				
Plomo, g/L	-	0.013	D-3237, D-5059	IP-428
Goma existente, mg/100mL	-	5.0	D-381	IP-131, ISO 6246
<b>COMPOSICIÓN</b>				
Aromáticos, %Vol.	-	45 (d)	D-1319, D-5580, D-6839	IP-428
Olefinas, %Vol.	-	25 (d)	D-1319, D-5134, D-6839	IP-131, ISO 6246
Benceno, %Vol.	-	2 (d)	D-3606, D-4053, D-5580, D-6839	IP-425, IP-429
Manganeso, ppm	-	0.25	D-3831	
<b>OBSERVACIONES:</b>				
(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana vigente y con los ensayos del estándar ASTM D-4814.				
(b) No contiene colorante, corresponde al color natural de la gasolina.				
(c) Si no se dispone del equipo, calcular mediante el Apéndice X2 del ASTM D-4814.				
(d) Estarán vigentes a partir del 31.12.2017.				
<b>NOTA:</b> A la Gasolina 97 Octanos se le añadirá 7.8% en volumen de Alcohol Carburante, en las Plantas de Ventas de destino, de conformidad al cronograma establecido en el D.S. 021-2007-EM y modificatorias, dando como resultado el Gasohol 97 Plus.				

## Anexo N° 19

### Hojas de datos de seguridad de las gasolinas de 84, 90, 95 y 97 octanos

PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A. 

**Hoja de Datos de Seguridad de Materiales**

Pág. 1 de 5  
Edición: Diciembre 2013

---

**1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA**

Nombre : GASOLINA DE 84 OCTANOS

Empresa : Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.  
Dirección : Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú  
Teléfonos : (01) 614-5000; (01) 630-4000  
Portal Empresarial : <http://www.petroperu.com.pe>  
Atención al cliente : (01) 630-4079 / 0800 77 155 (línea gratuita)  
 : [servcliente@petroperu.com.pe](mailto:servcliente@petroperu.com.pe)

---

**2. COMPOSICIÓN**

La Gasolina de 84 octanos está constituida por una mezcla de hidrocarburos saturados, olefinas, naftenos y aromáticos, en el rango aprox. de C<sub>5</sub> a C<sub>12</sub>.

---

**3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS**

El producto es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud : 1
- Inflamabilidad : 3
- Reactividad : 0



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

- CONTACTO  
OJOS: El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.
- PIEL: Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.
- INHALACIÓN  
Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.
- INGESTIÓN  
Causa irritación en la garganta y el estómago; diarrea y vómitos. Puede ingresar a los pulmones durante la ingestión o el vómito y causar neumonía química con fatales consecuencias.

**Hoja de Datos de Seguridad de Materiales**

Pág. 3 de 5  
Edición: Diciembre 2013

---

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

No comer, beber o fumar durante su manipulación y usar equipo de protección personal; posteriormente proceder a la higiene personal. No aspirar o absorber con la boca. Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto en camiones cisterna, realizar la conexión a tierra del vehículo.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión. Evitar las salpicaduras del producto. Almacenar a temperatura ambiente, en recipientes cerrados y en áreas ventiladas; alejado de materiales que no sean compatibles y en áreas protegidas del fuego abierto, calor u otra fuente de ignición. Evitar en lo posible la liberación de vapores con una adecuada manipulación del producto o la instalación de un sistema de recuperación. Eventualmente, se pueden utilizar recipientes metálicos o de HPDE (Polietileno de alta densidad) para tomar muestras o almacenar pequeñas cantidades del producto, las cuales no deben ser almacenadas en ambientes ocupados permanentemente por personas.

NOTA: Los trabajos de limpieza, inspección y mantenimiento de los tanques de almacenamiento deben ser realizados siguiendo estrictamente un procedimiento implementado y con las medidas de seguridad correspondientes.

N° CAS: NA (No aplicable).

---

**8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**

- CONTROL DE INGENIERÍA  
Usar campanas extractoras y sistemas de ventilación en locales cerrados, identificar las salidas de emergencia, y además contar con duchas y lavajos cerca del área de trabajo.
- PROTECCIÓN RESPIRATORIA  
No es necesaria cuando existan condiciones de ventilación adecuadas; a altas concentraciones de los vapores del combustible en el aire, se requiere de un respirador APR (Respirador purificador de aire) con cartucho para vapores orgánicos.
- OJOS  
Gafas de seguridad contra salpicaduras de productos químicos.
- PIEL  
Guantes de neopreno, nitrilo o PVC; zapatos de seguridad y ropa de protección.

---

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

APARIENCIA, COLOR, OLOR : Transparente, color amarillo y olor característico.

GRAVEDAD ESPECÍFICA a 15.6/15.6°C : 0.73 – 0.76 aprox.

PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C : < 0

LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire : De 1.4 a 7.6 aprox.

PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C : 280 aprox.

SOLUBILIDAD EN AGUA : Insoluble.

FAMILIA QUÍMICA : Hidrocarburos (Derivado de petróleo).

Fuente: Gasolina de 84 octanos, hoja de datos de seguridad de materiales, 2013.

PETROLÉOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A. 

**Hoja de Datos de Seguridad de Materiales**

Pág. 1 de 5  
Edición: Diciembre 2013

---

**1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA**

Nombre : GASOLINA DE 90 OCTANOS

Empresa : Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.  
Dirección : Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú  
Teléfonos : (01) 614-5000; (01) 630-4000  
Portal Empresarial : http://www.petroperu.com.pe  
Atención al cliente : (01) 630-4079 / 0800 77 155 (línea gratuita)  
: servcliente@petroperu.com.pe

---

**2. COMPOSICIÓN**

La Gasolina de 90 octanos está constituida por una mezcla de hidrocarburos saturados, olefinas, naftenos y aromáticos, en el rango aprox. de C<sub>5</sub> a C<sub>12</sub>.

---

**3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS**

El producto es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud	: 1
- Inflamabilidad	: 3
- Reactividad	: 0



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

- CONTACTO  
OJOS: El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.  
PIEL: Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.

- INHALACIÓN  
Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.

- INGESTIÓN  
Causa irritación en la garganta y el estómago; diarrea y vómitos. Puede ingresar a los pulmones durante la ingestión o el vómito y causar neumonía química con fatales consecuencias.

**Hoja de Datos de Seguridad de Materiales**

Pág. 3 de 5  
Edición: Diciembre 2013

---

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

No comer, beber o fumar durante su manipulación y usar equipo de protección personal; posteriormente proceder a la higiene personal. No aspirar o absorber con la boca. Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto en camiones cisterna, realizar la conexión a tierra del vehículo.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión. Evitar las salpicaduras del producto. Almacenar a temperatura ambiente, en recipientes cerrados y en áreas ventiladas; alejado de materiales que no sean compatibles y en áreas protegidas del fuego abierto, calor u otra fuente de ignición. Evitar en lo posible la liberación de vapores con una adecuada manipulación del producto o la instalación de un sistema de recuperación. Eventualmente, se pueden utilizar recipientes metálicos o de HPDE (Polietileno de alta densidad) para tomar muestras o almacenar pequeñas cantidades del producto, las cuales no deben ser almacenadas en ambientes ocupados permanentemente por personas.

NOTA: Los trabajos de limpieza, inspección y mantenimiento de los tanques de almacenamiento deben ser realizados siguiendo estrictamente un procedimiento implementado y con las medidas de seguridad correspondientes.

Nº CAS: NA (No aplicable).

---

**8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**

- CONTROL DE INGENIERÍA  
Usar campanas extractoras y sistemas de ventilación en locales cerrados, identificar las salidas de emergencia, y además contar con duchas y lavaojos cerca del área de trabajo.

PROTECCIÓN RESPIRATORIA  
No es necesaria cuando existan condiciones de ventilación adecuadas; a altas concentraciones de los vapores del combustible en el aire, se requiere de un respirador APR (Respirador purificador de aire) con cartucho para vapores orgánicos.

- OJOS  
Gafas de seguridad contra salpicaduras de productos químicos.

- PIEL  
Guantes de neopreno, nitrilo o PVC; zapatos de seguridad y ropa de protección.

---

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

APARIENCIA, COLOR, OLOR	: Transparente, color violeta y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA a 15.6/15.6°C	: 0.73 - 0.76 aprox.
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	: < 0
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire	: De 1.4 a 7.6 aprox.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: 280 aprox.
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insoluble.
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).

Fuente: Gasolina de 90 octanos, hoja de datos de seguridad de materiales, 2013.

PETROLÉOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A. 

**Hoja de Datos de Seguridad de Materiales**

Pág. 1 de 5  
Edición: Diciembre 2013

---

**1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA**

Nombre : GASOLINA DE 95 OCTANOS

Empresa : Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.  
 Dirección : Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú  
 Teléfonos : (01) 614-5000; (01) 630-4000  
 Portal Empresarial : http://www.petroperu.com.pe  
 Atención al cliente : (01) 630-4079 / 0800 77 155 (línea gratuita)  
 : servcliente@petroperu.com.pe

---

**2. COMPOSICIÓN**

La Gasolina de 95 octanos está constituida por una mezcla de hidrocarburos saturados, olefinas, naftenos y aromáticos, en el rango aprox. de C<sub>5</sub> a C<sub>12</sub>.

---

**3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS**

El producto es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud	: 1
- Inflamabilidad	: 3
- Reactividad	: 0



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

- CONTACTO  
 OJOS: El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.  
 PIEL: Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.

- INHALACIÓN  
 Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.

- INGESTIÓN  
 Causa irritación en la garganta y el estómago; diarrea y vómitos. Puede ingresar a los pulmones durante la ingestión o el vómito y causar neumonía química con fatales consecuencias.

PETROLÉOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A. 

**Hoja de Datos de Seguridad de Materiales**

Pág. 3 de 5  
Edición: Diciembre 2013

---

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

No comer, beber o fumar durante su manipulación y usar equipo de protección personal; posteriormente proceder a la higiene personal. No aspirar o absorber con la boca. Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto en camiones cisterna, realizar la conexión a tierra del vehículo.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión. Evitar las salpicaduras del producto. Almacenar a temperatura ambiente, en recipientes cerrados y en áreas ventiladas; alejado de materiales que no sean compatibles y en áreas protegidas del fuego abierto, calor u otra fuente de ignición. Evitar en lo posible la liberación de vapores con una adecuada manipulación del producto o la instalación de un sistema de recuperación.

Eventualmente, se pueden utilizar recipientes metálicos o de HPDE (Polietileno de alta densidad) para tomar muestras o almacenar pequeñas cantidades del producto, las cuales no deben ser almacenadas en ambientes ocupados permanentemente por personas.

NOTA: Los trabajos de limpieza, inspección y mantenimiento de los tanques de almacenamiento deben ser realizados siguiendo estrictamente un procedimiento implementado y con las medidas de seguridad correspondientes.

Nº CAS: NA (No aplicable).

---

**8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**

- CONTROL DE INGENIERÍA  
 Usar campanas extractoras y sistemas de ventilación en locales cerrados, identificar las salidas de emergencia, y además contar con duchas y lavajos cerca del área de trabajo.

PROTECCIÓN RESPIRATORIA  
 No es necesaria cuando existan condiciones de ventilación adecuadas; a altas concentraciones de los vapores del combustible en el aire, se requiere de un respirador APR (Respirador purificador de aire) con cartucho para vapores orgánicos.

- OJOS  
 Gafas de seguridad contra salpicaduras de productos químicos.

- PIEL  
 Guantes de neopreno, nitrilo o PVC; zapatos de seguridad y ropa de protección.

---

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

APARIENCIA, COLOR, OLOR	: Transparente, color azul y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA a 15.6/15.6°C	: 0.73 - 0.76 aprox.
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	: < 0
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire	: De 1.4 a 7.6 aprox.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: 280 aprox.
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insoluble.
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).

Fuente: Fuente: Gasolina de 95 octanos, hoja de datos de seguridad de materiales, 2013.

PETROLÉOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A. 

Pág. 1 de 5  
Edición: Diciembre 2013

### Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

---

**1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA**

Nombre : GASOLINA DE 97 OCTANOS

Empresa : Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.  
 Dirección : Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú  
 Teléfonos : (01) 614-5000; (01) 630-4000  
 Portal Empresarial : http://www.petroperu.com.pe  
 Atención al cliente : (01) 630-4079 / 0800 77 155 (línea gratuita)  
 : servcliente@petroperu.com.pe

---

**2. COMPOSICIÓN**

La Gasolina de 97 octanos está constituida por una mezcla de hidrocarburos saturados, olefinas, naftenos y aromáticos, en el rango aprox. de C<sub>5</sub> a C<sub>12</sub>.

---

**3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS**

El producto es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud : 1
- Inflamabilidad : 3
- Reactividad : 0



Los peligros también se pueden asociar a los efectos potenciales a la salud:

- CONTACTO  
OJOS: El contacto causa lagrimeo e irritación con sensación de ardor. Puede causar conjuntivitis si la exposición a los vapores es por un periodo prolongado.  
PIEL: Causa irritación y sequedad o desgrase de la piel. En algunos casos el contacto repetido ocasiona enrojecimiento e inflamación.
- INHALACIÓN  
Puede causar dolor de cabeza, irritación nasal y respiratoria, náuseas, somnolencia, dificultad para respirar, depresión del sistema nervioso central y pérdida de la conciencia. La exposición permanente puede causar cambios en el comportamiento.
- INGESTIÓN  
Causa irritación en la garganta y el estómago; diarrea y vómitos. Puede ingresar a los pulmones durante la ingestión o el vómito y causar neumonía química con fatales consecuencias.

PETROLÉOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A. 

Pág. 3 de 5  
Edición: Diciembre 2013

### Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

---

En caso de vertimientos en medios acuáticos, los productos que se requieran usar como dispersantes, absorbentes y/o aglutinantes deberán contar con la autorización vigente de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas.

---

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

No comer, beber o fumar durante su manipulación y usar equipo de protección personal; posteriormente proceder a la higiene personal. No aspirar o absorber con la boca. Antes de realizar el procedimiento de carga y/o descarga del producto en camiones cisterna, realizar la conexión a tierra del vehículo.

Usar sistemas a prueba de chispas y explosión. Evitar las salpicaduras del producto.

Almacenar a temperatura ambiente, en recipientes cerrados y en áreas ventiladas; alejado de materiales que no sean compatibles y en áreas protegidas del fuego abierto, calor u otra fuente de ignición. Evitar en lo posible la liberación de vapores con una adecuada manipulación del producto o la instalación de un sistema de recuperación. Eventualmente, se pueden utilizar recipientes metálicos o de HPDE (Polietileno de alta densidad) para tomar muestras o almacenar pequeñas cantidades del producto, las cuales no deben ser almacenadas en ambientes ocupados permanentemente por personas.

NOTA: Los trabajos de limpieza, inspección y mantenimiento de los tanques de almacenamiento deben ser realizados siguiendo estrictamente un procedimiento implementado y con las medidas de seguridad correspondientes.

Nº CAS: NA (No aplicable).

---

**8. CONTROL A LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**

- CONTROL DE INGENIERÍA  
Usar campanas extractoras y sistemas de ventilación en locales cerrados, identificar las salidas de emergencia, y además contar con duchas y lavaojos cerca del área de trabajo.
- PROTECCIÓN RESPIRATORIA  
No es necesaria cuando existan condiciones de ventilación adecuadas; a altas concentraciones de los vapores del combustible en el aire, se requiere de un respirador APR (Respirador purificador de aire) con cartucho para vapores orgánicos.
- OJOS  
Gafas de seguridad contra salpicaduras de productos químicos.
- PIEL  
Guantes de neopreno, nitrilo o PVC; zapatos de seguridad y ropa de protección.

---

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

APARIENCIA, COLOR, OLOR	: Transparente, color ligeramente amarillo y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA a 15.6/15.6°C	: 0.73 - 0.76 aprox.
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	: < 0
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire	: De 1.4 a 7.6 aprox.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: 280 aprox.
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insoluble.
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).

Fuente: Fuente: Gasolina de 97 octanos, hoja de datos de seguridad de materiales, 2013.

## Anexo N° 20

### Cálculo de la concentración real de plomo en ppm de los colaboradores

$$1D_0: C_{Pb} = \left[ \frac{(187,426 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 6,64 \text{ ppm}$$

$$1I_0: C_{Pb} = \left[ \frac{(197,627 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 7,04 \text{ ppm}$$

$$2D_0: C_{Pb} = \left[ \frac{(189,179 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 6,71 \text{ ppm}$$

$$2I_0: C_{Pb} = \left[ \frac{(291,646 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 10,81 \text{ ppm}$$

$$3D_0: C_{Pb} = \left[ \frac{(207,554 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 7,44 \text{ ppm}$$

$$3I_0: C_{Pb} = \left[ \frac{(276,654 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 10,21 \text{ ppm}$$

$$4D_0: C_{Pb} = \left[ \frac{(260,619 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 9,56 \text{ ppm}$$

$$4I_0: C_{Pb} = \left[ \frac{(270,006 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 9,94 \text{ ppm}$$

$$1D_1: C_{Pb} = \left[ \frac{(106,136 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 3,39 \text{ ppm}$$

$$1I_1: C_{Pb} = \left[ \frac{(174,415 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 6,12 \text{ ppm}$$

$$2D_1: C_{Pb} = \left[ \frac{(108,053 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 3,46 \text{ ppm}$$

$$2I_1: C_{Pb} = \left[ \frac{(192,78 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 6,85 \text{ ppm}$$

$$3D_1: C_{Pb} = \left[ \frac{(128,353 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 4,27 \text{ ppm}$$

$$3I_1: C_{Pb} = \left[ \frac{(251,596 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 9,20 \text{ ppm}$$

$$4D_1: C_{Pb} = \left[ \frac{(125,478 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 4,16 \text{ ppm}$$

$$4I_1: C_{Pb} = \left[ \frac{(133,669 - 21,51)ppb \times 10 \text{ mL}}{0,25 \text{ mL}} \right] \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}} = 4,49 \text{ ppm}$$

### Anexo N° 21

**Cálculo del flujo de penetración dérmica (colaboradores) en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{h}$**

$$R_{1D} = \frac{(6,64 - 3,39) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{187 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,009 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \times \text{h}$$

$$R_{1I} = \frac{(7,04 - 6,12) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{187 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,002 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \times \text{h}$$

$$R_{2D} = \frac{(6,71 - 3,46) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{170 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,010 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \times \text{h}$$

$$R_{2I} = \frac{(10,81 - 6,85) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{170 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,012 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \times \text{h}$$

$$R_{3D} = \frac{(7,44 - 4,27) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{112,50 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,014 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \times \text{h}$$

$$R_{3I} = \frac{(10,21 - 9,20) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{112,50 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,004 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \times \text{h}$$

$$R_{4D} = \frac{(9,56 - 4,16) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{120 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,023 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \times \text{h}$$

$$R_{4I} = \frac{(9,94 - 4,49) \text{ mg/L} \times 0,0005 \text{ L}}{120 \text{ cm}^2 \times 1 \text{ h}} \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}} = 0,023 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \times \text{h}$$

## Anexo N° 22

### Protocolo de Muestreo

# AAS

## APPLICATION NOTES

### ***Determination of Sb, Ba and Pb in gunpowder residue analysis***



#### **INTRODUCTION**

In forensics, gunpowder analysis is used to help police determine many details about a crime, such as whether a suspect actually used a firearm, the type of firearm used or which hand was used to pull the trigger. Fired smokeless powder can be collected from the hands of shooters, clothing, spent shell casings or explosive remains. The elements Antimony, Lead and Barium are found in the primers of nearly all centrefire cartridges but depending on the type of gun, the ratio that these will be found in will vary.

This application shows how Antimony, Barium and Lead can be determined using the GBC Avanta Ultra Z together with the PAL 4000 autosampler.

#### **SAMPLE COLLECTION AND PREPARATION**

Four drops of concentrated  $\text{HNO}_3$  was placed on a cotton bud. The swabbed cotton bud was then placed in a 100ml beaker containing 25ml of 5%  $\text{HNO}_3$ . The beaker containing the swab was then covered with Parafilm™ and heated to 65°C for 5 minutes. Care was taken not to exceed 70°C. The beaker was then left to stand overnight.

The swab was removed and the 25ml of solution was quantitatively transferred to a 100ml volumetric flask and made to volume using Distilled/Deionised water.

In forensics more than one swabbing is usually taken. A Control Swab must always be taken. This swab is the cotton bud, without swabbing, taken through the entire procedure described above to determine whether any antimony, barium or lead comes from the cotton bud, acid or water.

#### **STANDARD PREPARATION**

A bulk standard was prepared as per table 1. For each element the PAL 4000 was programmed to prepare a calibration curve from the one bulk standard.



## Anexo N° 23

Fotografías de los resultados de la lectura de plomo en ppb de las gasolinas y colaboradores.

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS</p>	
---	---	---

**SUPLEMENTO DE INFORME DE ENSAYO**  
N° 451-2017

Cliente : Srta. CHAROL ROXANA ALARCON CHAVARRIA  
Referencia USAQ : 300-01/29  
Muestras : LIQUIDAS ACIDIFICADAS  
Cotización : 452-453-454-2017/USAQ-FIQ  
Fecha de Recepción : 20/11/2017  
Fecha de Emisión : 11/12/2017  
Fecha de Suplemento : 13/12/2017

**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO TOTAL**

No. de Muestra USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADO
300-01	BLANCO	PLOMO TOTAL	21.508
300-02	A	PLOMO TOTAL	109.982
300-03	B	PLOMO TOTAL	251.759
300-04	C	PLOMO TOTAL	258.093
300-05	D	PLOMO TOTAL	224.759
300-06	1 D <sub>0</sub>	PLOMO TOTAL	187.426
300-07	1 D <sub>1</sub>	PLOMO TOTAL	106.136
300-08	1 D <sub>5</sub>	PLOMO TOTAL	221.222

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-451-2017 SRTA. CHAROL ROXANA ALARCON CHAVARRIA (Página 1 de 4)



Av. Venezuela cdra. 34 - Ciudad Universitaria - Pabellón B Química, Central Telefónica: 619-7000 anexos: 1203, 1218  
E-mail: usaq@unmsm.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO TOTAL**

No. de Muestra USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADO
300-09	2 D <sub>0</sub>	PLOMO TOTAL	189.179
300-10	2 D <sub>1</sub>	PLOMO TOTAL	108.053
300-11	2 D <sub>5</sub>	PLOMO TOTAL	229.426
300-12	3 D <sub>0</sub>	PLOMO TOTAL	207.554
300-13	3 D <sub>1</sub>	PLOMO TOTAL	128.353
300-14	3 D <sub>5</sub>	PLOMO TOTAL	308.654
300-15	4 D <sub>0</sub>	PLOMO TOTAL	260.619
300-16	4 D <sub>1</sub>	PLOMO TOTAL	125.478
300-17	4 D <sub>5</sub>	PLOMO TOTAL	239.103
300-18	1 I <sub>0</sub>	PLOMO TOTAL	197.627

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-451-2017 SRTA. CHAROL ROXANA ALARCON CHAVARRIA (Página 2 de 4)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO TOTAL**

No. de Muestra USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADO
300-19	1 I <sub>1</sub>	PLOMO TOTAL	174.415
300-20	1 I <sub>2</sub>	PLOMO TOTAL	193.570
300-21	2 I <sub>0</sub>	PLOMO TOTAL	291.646
300-22	2 I <sub>1</sub>	PLOMO TOTAL	192.780
300-23	2 I <sub>2</sub>	PLOMO TOTAL	190.310
300-24	3 I <sub>0</sub>	PLOMO TOTAL	276.654
300-25	3 I <sub>1</sub>	PLOMO TOTAL	251.596
300-26	3 I <sub>2</sub>	PLOMO TOTAL	109.982
300-27	4 I <sub>0</sub>	PLOMO TOTAL	270.006
300-28	4 I <sub>1</sub>	PLOMO TOTAL	133.669

Muestra proporcionada por el Cliente.

IE-451-2017 SRTA. CHAROL ROXANA ALARCON CHAVARRIA (Página 3 de 4)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO TOTAL**

No. de Muestra USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADO
300-29	4 I <sub>g</sub>	PLOMO TOTAL	219.759

Muestra proporcionada por el Cliente.

**Métodos:**

Determinación de Metales por Absorción Atómica-Horno de Grafito Metales GFAAS USAQ-ME-15

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original, cualquier corrección o emienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.  
Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de entregado el Informe de Ensayo, pasado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

  
PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
CQP. 876

IE-451-2017 SRTA. CHAROL ROXANA ALARCON CHAVARRIA(Página 4 de 4)