

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA LA REDUCCIÓN DE LOS
NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO
ELECTROLÍTICO EN BARRERA Y ASOCIADOS TALLER AERONÁUTICO
REPARADOR EN MADRID CUNDINAMARCA**

DENISE ANDREA CLAVIJO ORTIZ

FERNEY MUÑOZ CANO

MARCELA JOHANA BARRERA VALBUENA

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

BOGOTÁ D.C.

2018

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA LA REDUCCIÓN DE LOS
NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO
ELECTROLÍTICO EN BARRERA Y ASOCIADOS TALLER AERONÁUTICO
REPARADOR EN MADRID CUNDINAMARCA**

DENISE ANDREA CLAVIJO ORTIZ

FERNEY MUÑOZ CANO

MARCELA JOHANA BARRERA VALBUENA

MARTHA ROCIO GARCIA CASTAÑEDA

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

BOGOTÁ D.C.

2018

Tabla De Contenido

EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA LA REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO ELECTROLÍTICO EN BARRERA Y ASOCIADOS TALLER AERONÁUTICO REPARADOR EN MADRID CUNDINAMARCA	5
1. Problema De Investigación	5
1.1. Descripción Del Problema	5
1.2. Problema De Investigación	6
2. Objetivos	7
2.1. Objetivo General	7
2.2. Objetivos Específicos	7
3. Justificación Y Delimitación	8
3.1. Justificación	8
3.2. Delimitación	9
3.3. Limitaciones	9
4. Marcos De Referencia	9
4.1. Estado Del Arte	10
4.2. Teórico	12
4.3. Marco Legal	36
5. Tipo De Investigación	42
6. Marco Metodológico	43
7. Resultados	47
7.1. Alternativa Número 1: Mediciones Industriales	47
7.1.1. Metodología Para Medición De Gases Y Vapores	48
7.1.2. Sitios De Medición	49
7.2. Alternativa Número 2: Adquisición Equipo Extractores	49
7.3. Análisis Costo Beneficio	52
8. Conclusiones	54
9. Recomendaciones	55
10. Anexos	56
11. Bibliografía	57

Glosario

Taller Aeronáutico Reparador: Es una organización de mantenimiento de línea de aeronaves de categoría I es decir aquellas cuyo peso bruto es de 5700 kg.

Recubrimiento electrolítico: Proceso que consiste en depositar por vía electroquímica finas capas de metal sobre la superficie de una pieza sumergida en una solución de iones metálicos o electrolito. Se usan productos químicos puros, sales y metales, de forma que durante la operación se depositan completamente los metales empleados sobre las piezas

Pavonado: Proceso que consiste en la generación de una capa superficial de magnetita, óxido ferroso-diférrico (Fe_3O_4), alrededor de las piezas de acero para mejorar su aspecto y evitar a corrosión de las mismas.

Oxidación: Se define como la pérdida de electrones de una sustancia, se acompañe o no de la adición de oxígeno o exista o no pérdida de hidrógeno

Sustancias químicas: Toda materia compuesta por moleculares, unidades formulares y átomos, están pueden ser diferentes de otra por su estado a la misma temperatura y presión, es decir, pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas. También se pueden caracterizar por sus propiedades físicas, como la densidad, el punto de fusión, el punto de ebullición y solubilidad en diferentes disolventes

Soluciones químicas: Mezcla homogénea de dos o más sustancias, esta puede ser líquida, sólida o gaseoso.

**EVALUACIÓN TÉCNICA Y FINANCIERA PARA LA REDUCCIÓN DE LOS
NIVELES DE CONTAMINACIÓN DEL PROCESO DE RECUBRIMIENTO
ELECTROLÍTICO EN BARRERA Y ASOCIADOS TALLER AERONÁUTICO
REPARADOR EN MADRID CUNDINAMARCA**

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

La industria Barrera y Asociados taller aeronáutico reparador, lleva 15 años en el mercado de la industria aeronáutica en Colombia, y actualmente el taller no cuenta con sistemas de control adecuados y suficientes para la eliminación de gases y vapores generados del proceso de recubrimiento electrolítico, por esta razón el personal expuesto podría desarrollar una enfermedad laboral debido a que no se tiene conocimiento de los niveles de concentración en el aire de las sustancias y por el incumplimiento legal en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo y Ambiente.

Barrera y Asociados cuentan con 6 trabajadores con edades promedio entre los 45 y 60 años, habitan en las zonas aledañas de la compañía, estos tienen un horario laboral de 7:30 am a 5:00 pm, de lunes a viernes y trabajan un fin de semana cada 15 días. Se ha conocido antecedentes de personal con enfermedad laboral (cáncer); además los trabajadores han manifestado diferentes problemas en cuanto a que han sufrido irritaciones de vías respiratorias y mucosas (ojos, nariz), además de dermatitis por tener contacto con los diferentes productos químicos.

En el Taller Aeronáutico Reparador (TAR), se hace uso de diferentes sustancias químicas tales como solución de cadmio, cromo, ácido sulfúrico, dicromato de sodio, níquel, ácido oxálico, cianuro de plata y cianuro de potasio, para realizar el recubrimiento que deben tener cada una

de las piezas para generar la resistencia a la corrosión, dureza superficial y coeficiente de fricción que se requiere para el funcionamiento de las aeronaves.

EL proceso de pavonado inicia con la oxidación de todo el acero a utilizar, continuando con el sumergimiento de las diferentes piezas en una solución de ácido sulfúrico al 50 %, esto se realizan en tanques que no tienen tapa y por ello se genera la emanación de los vapores de dicha sustancia, después de esto pasan a otro proceso donde se aplica solución de cadmio. Paso a seguir se sumerge en dicromato de sodio el cual debe estar a una temperatura de 80°C durante 20 horas, por lo que se requiere que toda la noche y parte de la jornada laboral este emitiendo gases y vapores producto del calentamiento de esta y por último se genera el proceso de pulido de cromo, el cual genera otra forma de contaminación y de riesgo a los trabajadores que es el material particulado generado al momento del pulido de piezas.

1.2. Problema de investigación

Pregunta Principal

¿Basados en los presupuestos y en los controles de ingeniería, cuál debería ser la mejor alternativa para la mitigar la exposición a sustancias químicas del personal que labora en Barrera y Asociados, Taller Aeronáutico Reparador?

Preguntas Específicas

- ¿Cuál es la condición actual sobre las concentraciones de sustancias químicas en el ambiente del proceso de recubrimiento electrolítico?
- ¿Qué posibles controles se pueden implementar para la reducción de las concentraciones de sustancias químicas en el ambiente del Taller Aeronáutico Reparador?

- ¿En qué beneficiaría la implementación de controles de ingeniería al personal que labora en el Taller Aeronáutico Reparador?
- ¿Cuál es el presupuesto que se requiere para la evaluación inicial del Taller Aeronáutico Reparador y de los controles que se requieren para mejorar las condiciones del aire en el área de trabajo?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el nivel de concentración de gases y vapores químicos provenientes del proceso de recubrimiento electrolítico en Barrera y Asociados (TAR), para identificar la exposición de los trabajadores y la implementación de sistemas de control.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar mediciones de higiene para determinar el nivel de concentración de gases y vapores en el taller de recubrimiento electrolítico
- Proponer sistemas de control para disminuir la exposición de sustancias químicas que afecta a los trabajadores.
- Evidenciar cuál de las propuestas generadas es aplicable en Barrera y Asociados (TAR), buscando alternativas financieras que se ajusten a los rangos presupuestales de la empresa para la implementación de los controles.

3. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN

3.1. Justificación

El presente trabajo se desarrolla con el principal objetivo de reducir las enfermedades laborales y también controlar la ocurrencia de algún tipo de accidente laboral, en la actualidad existen antecedentes de un trabajador diagnosticado con cáncer ocupacional. Además, los trabajadores han manifestado diferentes problemas en cuanto a que han sufrido irritaciones de vías respiratorias y mucosas (ojos, nariz), además de dermatitis por tener contacto con las sustancias químicas empleadas en el proceso.

Por otro lado, también se quiere dar la importancia de mantener a los trabajadores del taller en un espacio controlado el cual disminuya los peligros y riesgos a los cuales el personal se encuentra expuesto y de esta manera reducir las enfermedades laborales que se puedan originar a causa de la actividad económica del establecimiento.

Los beneficios que podrán tener Barrera y Asociados se verán reflejados en cuanto a que el índice de ausentismo por accidente o enfermedad laboral disminuirá en consideración dando como resultado una mejor productividad del negocio.

De acuerdo a lo anterior para disminuir la contaminación generada durante el proceso electrolítico en Barrera y Asociados (TAR), es necesario desarrollar nuevas alternativas o métodos de control que garanticen que dicha contaminación pueda ser monitoreada y controlada a diario para dar un tratamiento adecuado según los parámetros de ley y los límites permisibles de las diferentes sustancias que allí son manipuladas.

Este estudio buscará nuevos métodos de control para implementarlos en el taller y así mitigar la exposición a estas sustancias, mejorando así las condiciones del área de trabajo de los operarios, con el propósito de prevenir la aparición de enfermedades laborales futuras causadas por la inhalación de estos vapores generados por el proceso, el no implementar las nuevas

alternativas para disminuir la contaminación del proceso electrolítico, implica que el personal continúe estando expuesto y que se sigan generando emisiones al medio ambiente.

3.2. Delimitación

La Industria Barrera y Asociados taller aeronáutico reparador está ubicada en la carrera 32B #11-75 en Madrid Cundinamarca. A su alrededor se encuentra la población, además muchos otros establecimientos comerciales.

El horario laboral es de 7:30 am a 5:00 pm, de lunes a viernes y trabajan un fin de semana cada 15 días.

Este proyecto se compromete a realizar la evaluación técnica y financiera para el tratamiento de la reducción de los niveles de contaminación provenientes del proceso de recubrimiento electrolítico en Barrera y Asociados (TAR).

Se deja a disposición de la alta gerencia la implementación del método de control adecuado seleccionado como parte de la mejora al proceso de recubrimiento electrolítico realizado actualmente. Por tanto, la implementación de esta y la capacitación del personal respecto a esta temática no hacen parte de este proyecto.

3.3. Limitaciones

Las limitaciones del presente proyecto son la medición de la concentración de los niveles de contaminación procedentes del proceso electrolítico y la asignación de presupuesto para la adecuación del área de trabajo. Por tal motivo dicha medición está sujeta a la disponibilidad de la ARL para la realización de esta.

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1. Estado del arte

Durante el presente trabajo se tendrá en cuenta una gran cantidad de material investigativo a nivel nacional o internacional, donde diferentes autores buscan determinar técnicamente la importancia de la implementación de un Sistema de ventilación enfocado a optimizar los ambientes de trabajo.

- Mantilla Viancha. F. N, Martínez Flores. M. P. (2009). Propuesta para el manejo de los residuos generados en los procesos de zincado, pavonado y fosfatizado de la empresa Ingezinc Ltda. (Trabajo de grado Ingeniería Química). Fundación Universidad de América. Bogotá D.C. En este trabajo de grado se describe el manejo de los residuos sólidos y líquidos generados de los procesos de zincado, pavonado y fosfatizado, para lo cual los investigadores hacen un análisis desde el punto de vista técnico y financiero, generando alternativas de mejora que permitan un mejor manejo y disposición de dichos residuos mediante la formulación de un plan de manejo de residuos.
- Chinchilla Velazco. J. C. (1996). Análisis y diagnóstico de la calidad del aire ambiente en Barrancabermeja. (Trabajo de grado Ingeniería Química). Fundación Universidad de América. Bogotá D.C. En este trabajo de grado se dan a conocer algunos métodos específicos para la realización de monitoreo y posterior análisis del nivel de contaminación del aire de la Ciudad de Barrancabermeja Santander, con el fin de verificar si cumple los parámetros de la normatividad vigente, de igual forma se dan recomendaciones sobre los posibles tratamientos para la disminución de dichos niveles de contaminación.

- Álzate, A. (2018). Guía de producción más limpia para el sector de recubrimientos electrolíticos en Colombia. Bogotá: Pontificia Universidad Bolivariana. En este documento se describe el proceso de recubrimiento electrolítico, los productos utilizados durante el mismo y los residuos sólidos, líquidos y vapores que se generan durante el desarrollo del proceso, de igual forma hace una comparación con casos prácticos en Colombia sobre los efectos a nivel ambiental que acarrea el proceso electrolítico.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. NTP 265: Tratamientos electrolíticos: riesgos higiénicos. Tratamientos electrolíticos: riesgos higiénicos en el Sector De Recubrimientos Electrolíticos En Colombia. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España) [citado 15 noviembre de 2017] En este documento se exponen los conceptos básicos del proceso electrolítico al igual que los principales riesgos higiénicos del mismo, de igual forma se dan a conocer los principales contaminantes producto del proceso electrolítico, para finalizar con la explicación de los factores que influyen en los riesgos higiénicos.

En esta parte de la investigación es importante tener presente la literatura actual y el tipo de investigaciones que pueden aportar ideas para la implementación de algunas soluciones, además de proteger a los trabajadores, también se tiene presente que dicha condición podría estar afectando el medio ambiente y a la población que reside alrededor de la compañía en Madrid Cundinamarca.

Como lo menciona “Mantilla Viancha y Martínez Flores, la disposición adecuada de residuos también sería otra forma de mitigar la exposición de los trabajadores y no afectar el medio ambiente, ya que con la implementación de un Programa Integral de Residuos Peligrosos (RESPEL) se evita que los vapores generados por las sustancias químicas se sigan emitiendo

y por ende aumentar los niveles que se encuentran en el área de trabajo. Otro factor importante sería el cuidado de la tierra y afluentes de agua cercanas a la empresa, que sería otra forma de generar afectación en la población.

En la “Guía De Producción Mas Limpia Para El Sector De Recubrimientos Electrolíticos”, dan alternativas sobre cómo evitar la contaminación y la exposición de las personas que realizan dichas actividades, ya que si durante la ejecución de la tarea se consideran todos los procedimientos que recomienda la producción más limpia, no solo se impactaría a los trabajadores, sino que también se impactarían las finanzas de la compañía en cuanto a evitar el desperdicio de materias primas; por eso la implementación de diferentes medidas de control lograran la mitigación de riesgo existente en el proceso de recubrimientos electrolíticos en Barreras y asociados. Uno de los propósitos de la investigación es realizar mediciones del área de trabajo donde se definan que niveles de contaminación existen en dicho sitio para así proponer las mejoras al proceso.

Se ha venido pensando en la idea de proponer a la compañía la implementación de sistemas de extracción de gases y vapores para eliminar o disminuir al mínimo los niveles de contaminación en el ambiente.

4.2. Teórico

Según la (OMS), “Las sustancias químicas son parte de nuestra vida diaria. Toda la materia viva e inanimada está compuesta por sustancias químicas y prácticamente todos los productos manufacturados implican el uso de estas sustancias. Muchas sustancias químicas cuando se utilizan adecuadamente, pueden contribuir significativamente al mejoramiento de nuestra calidad de vida, salud y bienestar. Pero otras sustancias químicas son muy peligrosas y pueden incidir negativamente en nuestra salud y en el medio ambiente cuando

no se administran de forma adecuada.” Ni se controlan las emisiones generadas en diferentes procesos donde se utilicen.

Los límites de exposición laboral a sustancias químicas, hacen parte de muchos procesos en la industria colombiana en donde los trabajadores tienen algún tipo de contacto con gases y vapores derivados de los mismos, actualmente se conocen formas de controlar la exposición a sustancias en el área de trabajo pero son poco implementadas ya que requieren de un gran presupuesto; razón por la cual se debe tener especial cuidado al momento de su manipulación, para esto se debe conocer que es una sustancia química y cuáles son los efectos sobre la salud humana.

Para efectos de esta investigación se utilizan algunas sustancias químicas como **Solución de Cadmio**, que es una sustancia corrosiva, genera irritación severa de ojos y piel, está dentro de la categoría de Muta génico y carcinógeno (MERCK). **El Cromo** Después de ser respirado puede causar irritación y sangrado de la nariz además de problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los riñones, hígado, alteración del material genético, cáncer de pulmón e incluso la Muerte (Lenntech). **Cianuro de Plata y Cianuro de Potasio** son sustancias que pueden causar la muerte cuando se tiene contacto por ingestión, inhalación y el contacto con la piel (ThermoFisher Scientific). Además de otras sustancias que pueden llegar a ser igual de nocivas para la salud de las personas, la mayoría de las sustancias que se utilizan en el proceso de recubrimiento el cual está siendo objeto de investigación son denominada cancerígenas de acuerdo con estudios realizados, por lo que la evaluación del carcinogénico potencial de las sustancias químicas suele basarse en estudios a largo plazo con animales. En ocasiones, se dispone de datos sobre carcinogénica en personas, generalmente de la exposición por motivos laborales. Basándose en las pruebas disponibles, el Centro

Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) clasifica las sustancias químicas en función de su riesgo cancerígeno potencial en los grupos siguientes:

Grupo 1: el agente es cancerígeno para los seres humanos.

Grupo 2A: el agente probablemente es cancerígeno para los seres humanos.

Grupo 2B: el agente posiblemente es cancerígeno para los seres humanos.

Grupo 3: el agente no puede clasificarse con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos.

Grupo 4: el agente probablemente no es cancerígeno para los seres humanos. (Aspectos Químicos de las Sustancias)

Por tal razón se deben conocer muy bien cuáles son las formas adecuadas y seguras al momento de manipular sustancias químicas, para esto se han diseñado las Hojas de seguridad de cada sustancia que se manipula en cualquier proceso donde exista el riesgo químico; en Colombia existe una norma para la adecuada elaboración de las Hojas de seguridad de sustancias químicas, para tal fin la NTC 4435 en su capítulo Alcance y Propósito, tiene como objeto: “La presente norma se aplica a la preparación de las hojas de seguridad de materiales (MSDS) sigla tomada del idioma inglés significa Safety Data Sheet, que para efectos de esta norma es equivalente a Hojas de Seguridad para Materiales; para sustancias químicas y materiales usados en condiciones industriales. Presenta información básica sobre cómo desarrollar y preparar una MSDS, también identifica la información que se debe incluir para que sea completa, clara y tenga un formato compatible. La información se presenta en cumplimiento con disposiciones internacionales sobre salud, ambiente y seguridad (ICONTEC, 1998).

Después de conocer la forma adecuada y segura de manipulación de sustancias químicas en los lugares de trabajo, es importante empezar a mencionar los métodos que se conocen para realizar las mediciones de concentraciones en el ambiente, para ello nos apoyamos de la legislación Española (NTP 587: Evaluación de la exposición a agentes químicos: condicionantes

analíticos) donde hace una explicación amplia sobre cómo realizar una medición ocupacional y poder identificar los niveles de concentración y posteriormente adoptar las medidas que se consideren necesarias, basadas en los resultados obtenidos de las mediciones.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición

Qué medir

Debe recabarse información sobre los aspectos que se relacionan a continuación, ya que, si no se sabe que se va a muestrear, es altamente improbable que se obtenga un resultado útil en la operación.

- Qué se compra, se vende, se forma.
- Conocimiento - experiencia en el proceso.
- Listado de productos empleados: etiquetado, FDS.
- Determinación previa de materias primas (cualitativas, cuantitativas).
- Determinación de mayoritarios o minoritarios (contaminantes).
- Función química que considerar.
- Gases, vapores. Posible de la coexistencia líquido - vapor.
- Aerosoles: polvo, humo, fibras, nieblas.
- Aerosoles: tamaño de partícula. Polvo total o fracción de polvo respirable.
- Mezclas.

Cómo medir

El procedimiento empleado para medir los contaminantes se describe en el correspondiente método analítico. Sin embargo, cabe recordar aquí sobre el papel que existen amplias posibilidades de elegir: captación activa directa, captación activa por concentración, captación por difusión y lectura directa (que se trata en el apartado siguiente). En las NTP N.º 19 a 24, 58 a 64, 110 a 118, 158, 170,171, 184 y 286 se describen algunos procedimientos específicos y generales de toma de muestras.

Captación activa

Se denomina captación activa aquella que requiere de la utilización de un sistema activo, normalmente una bomba, encargado de vehicular el aire a través del captador o de llenar un recipiente inerte.

- **Muestreador (bomba)**

Dado que el objetivo habitual en higiene industrial es la obtención de muestras personales (en la zona respiratoria del trabajador), el equipo utilizado es una bomba de diafragma o pistón de bajo caudal, poco peso (máximo 1,2 kg), autonomía de funcionamiento (mínimo 2h, recomendable, 8 h) y margen de caudal relativamente limitado, regulado por un mecanismo de control constante o por número de emboladas. De acuerdo con este margen, y según la norma UNE-EN 1232: 1997 Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo, se clasifican en dos tipos que se comentan a continuación. Por otro lado, como elementos comunes, las bombas deben disponer de: un sistema de sujeción para ser fijada a la persona, un indicador de funcionamiento defectuoso o un sistema de desconexión automático en caso de variación importante o interrupción de caudal, un fusible o imitador de corriente y un ajuste de caudal no manipulable sin herramientas o apoyo externo.

Bombas tipo G: Son para muestreo personal de gases y vapores, con un margen de caudales entre 0,005 y 0,3 l/min e intervalo de pérdida de carga entre 0,01 y 10 kPa. Deben disponer de un control automático que mantenga el caudal volumétrico constante en el caso de un cambio en la pérdida de carga o un medio para determinar el volumen muestreado, como un contador de emboladas de la bomba.

Bombas tipo P: Son para el muestreo personal de materia particulada, con un margen de caudales entre 1 y 5 l/min e intervalo de pérdida de carga entre 0,1 y 6,25 kPa. Deben disponer de un control automático que mantenga el caudal volumétrico constante en el caso de un cambio en la pérdida de carga.

Están disponibles en el mercado bombas que cubren sobradamente todo el margen de caudales necesarios propuestos por los distintos métodos analíticos. Desde el punto de vista práctico, se agrupan en bombas de bajo caudal ($< 0,5$ l/min), alto caudal ($> 0,5$ l/min) y polivalentes que, con mecanismos de regulación adecuados, son capaces de cubrir un margen más amplio de caudales.

Las bombas personales son instrumentos delicados que requieren un buen mantenimiento preventivo. Aunque disponen de mecanismos de autorregulación del caudal, el procedimiento habitualmente recomendado en los métodos analíticos exige una calibración del conjunto bomba, captador y conexiones previas al muestreo y otra posterior para constatar que la diferencia de caudal es inferior al 5%.

Para muestreos ambientales se utilizan muestreadores de caudal más elevado (m^3/h) y que no tienen, en principio, limitaciones de peso ni volumen. La norma UNE-EN 12919: 2000 *Atmósferas en lugar de trabajo. Bombas para el muestreo de los agentes químicos con un caudal volumétrico superior a 5 l/min. Requisitos y métodos de ensayo* establece cuáles deben ser sus características, así como las de las bombas personales capaces de suministrar caudales

superiores a 5 l/min. Se emplea este tipo de muestreo para la determinación de polvo de algodón, con el elutriador vertical tipo Lynch, y para las subtilisinas (enzimas proteolíticas).

- Captación activa directa

La captación activa directa consiste en recoger una muestra del aire de interés para, sin ningún tratamiento, remitirla al laboratorio para su análisis. Para ello, se emplean distintos instrumentos como jeringas, "cannisters", tubos de toma de muestras o bolsas. Su principal condición es que puedan almacenar suficiente cantidad de aire y que sean completamente inertes frente al gas o vapor que se muestrea.

Los más utilizados son las bolsas inertes, de plástico, flexibles, pero no elásticas. El modelo denominado de 5 capas, aluminizado, es el que presenta mayor fiabilidad. Disponen de válvula para llenado (normalmente empleando una bomba personal modificada para impulsión), vaciado y lavado, así como una pastilla (septum) para toma de muestras para inyección directa al cromatógrafo de gases. La principal ventaja es la facilidad de su utilización y los inconvenientes son: uso limitado a gases y vapores (no todos), la sensibilidad, reducida al no concentrarse el contaminante presente en el aire, y la contaminación residual. Es conveniente mantener un historial sobre su utilización que se limita a un escaso número de tomas de muestra.

- Captación con filtros

El contaminante presente en aire en forma de aerosol es retenido por un filtro, normalmente de 37 mm de diámetro y de un tamaño de poro entre 0,45 y 5 µm, y que puede estar compuesto de distintos materiales: ésteres de celulosa, fibra de vidrio, PVDF o PTFE, principalmente. El filtro se coloca sobre un soporte físico a base de celulosa y todo ello en una porta filtros de poliestireno, que se puede utilizar de distintas formas que se especifican en el correspondiente método analítico. En aquellos casos en que se especifique el valor límite como polvo inhalable

torácico o respirable (ver la norma UNE-EN-481: 1995. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosol y la NTP 583) debe acoplarse al sistema un accesorio (ciclón, prefiltro, separador en cascada, elutriador, etc.), destinado a discriminar el polvo retenido en el filtro en base al convenio de polvo inhalable, respirable o torácico.

La utilización de filtros es sencilla y está limitada a aerosoles que no presenten evaporación ni sublimación.

- Captación con soluciones absorbentes

El contaminante presente en el aire, aspirado por una bomba, es retenido en una solución absorbente, que también pueden ser reactiva, es decir, que contenga un reactivo para fijar mediante reacción química al contaminante presente en el aire, que se coloca en un borboteador (borboteo a través de un tubo terminado en placa fritada) o impinger (borboteo a través de un tubo estrechado en el extremo) de los que se disponen 3 en serie: los dos primeros para captación del contaminante (la ausencia o presencia muy pequeña de contaminante en el segundo es un indicador de que, en principio, la retención en el primero ha sido correcta), y un tercero como trampa para evitar, en caso de vuelco, la llegada de líquido captador a la bomba.

Su utilización, reducida a algunos gases, vapores y aerosoles líquidos, es engorrosa y va siendo sustituida por otros procedimientos, muchos de ellos basados en la fijación (física o química) del líquido captador en un soporte sólido, empleándose entonces de manera equivalente a los tubos adsorbentes que se comentan a continuación.

- Captación con sólidos adsorbentes

El aire pasa a través de un tubo de vidrio relleno de materiales adsorbentes (carbón activo, polímero orgánico poroso, sílice, alúmina, etc.), a veces impregnados con un líquido absorbente o reactivo, procedimiento empleado para la progresiva sustitución de los borboteadores. El

material destinado a retener al contaminante se halla dividido en dos secciones, denominadas frontal y posterior, por las que circula consecutivamente el aire aspirado por la bomba. La ausencia o muy pequeña presencia de contaminante en la parte posterior es indicativa, al igual que ocurría con los borboteadores, de que la captación ha sido correcta. Una de sus características fundamentales es el volumen de ruptura, que se define, para una determinada concentración de un contaminante en aire, como el volumen de aire que puede pasar por el tubo antes de que la concentración de vapor que sale del tubo alcance el 5% de la concentración ensayada. Ver la norma UNE-EN 1076: 1997 Atmósferas en el lugar de trabajo. Tubos adsorbentes para la determinación de gases y vapores captados mediante bombeo.

Requisitos y métodos de ensayo.

Existe un número muy amplio de posibilidades en cuanto a adsorbente, tamaño y especificaciones, así como numerosos captadores específicos para determinados compuestos. La principal dificultad reside en las interferencias entre contaminantes captados, tanto por lo que se refiere a reacciones entre ellos, como desplazamiento de unos por otros. El tubo relleno con carbón activo es el sistema de captación por adsorción más empleado para vapores orgánicos, mientras que la utilización de tubos con soporte impregnado con un adsorbente o reactivo es cada vez más amplia. También está muy extendida la utilización de tubos adsorbentes que permiten la recuperación del contaminante retenido por desorción térmica, ya que permiten trabajar con la totalidad del contaminante en lugar de una alícuota, como ocurre cuando la recuperación se lleva a cabo con una extracción líquido - sólido.

- **Combinaciones**

Cuando el contaminante se halla (o puede hallarse) presente en el aire en forma de vapor y aerosol, o bien interesa específicamente separar ambos muestreos, se emplean combinaciones de captadores, siendo las más corrientes filtro + borboteador y filtro + adsorbente impregnado.

Captación por difusión (pasiva)

Se denomina también "pasiva" por la ausencia de un caudal de aire vehiculado por una bomba. Se basan en el movimiento por difusión de un gas (contaminante) en el seno de otro (aire). Una explicación detallada los fundamentos, modo de utilización, limitaciones y ventajas e inconvenientes de este procedimiento de captación; se halla expuesta en la NTP 151. Ver también la norma UNE-EN 838: 1996 Atmósferas en el lugar de trabajo. Muestreadores pasivos por difusión para la determinación de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo.

El proceso de captación consiste en la fijación del contaminante por difusión en el captador. La concentración se calcula en base a la cantidad de contaminante determinada en el captador, el tiempo que ha durado el muestreo (nunca inferior a 30 min y recomendable a partir de 4 h) y un factor que representa la velocidad de captación por difusión (Sampling Rate, SR, en inglés), obtenido experimentalmente, y que depende del coeficiente de difusión del contaminante en aire y de la geometría del captador. Se usan para gases y vapores y cabe distinguir entre los de tipo general, como por ejemplo los de carbón activo (de los que existen distintos modelos), y los específicos, que se hallan disponibles para algunos contaminantes. Son recomendables para situaciones en las que no se producen variaciones importantes en la cantidad de contaminante presente en el aire y cuando la toma de muestras puede ocupar varias horas, incluso días.

Idoneidad del sistema elegido

En cada caso deberá considerarse la idoneidad del sistema escogido con el valor límite a comprobar y las características de la exposición. En las NTP 547 y NTP 548 se ha tratado ampliamente de los aspectos básicos, las características y los criterios a tener en cuenta en la elección de un método analítico. La elección del sistema y condiciones de muestreo, que vendrá fijada con pocas posibilidades de variación por el método analítico disponible, puede presentar

diferentes desajustes con la realidad de la exposición y del criterio a aplicar, como los que se citan a continuación.

Importancia del límite de detección

Una de las características más importantes del método analítico es su límite de detección (ver la NTP 547). De manera general se puede afirmar que los métodos analíticos se diseñan y validan de tal manera que dicho límite sea suficientemente bajo para que permita al higienista obtener conclusiones válidas en el caso que el laboratorio dé por respuesta "No detectado; límite de detección $\leq X$ ". Sin embargo, cuando se produzcan desajustes entre el método analítico disponible y las condiciones de exposición o el valor límite, como las que se comentan más adelante, el conocer el límite de detección del laboratorio es fundamental para tomar la decisión de llevar a cabo el muestreo. Cabe recordar que la respuesta señalada anteriormente por parte del laboratorio significa que, aplicando la correspondiente parte del método analítico, aquél no ha detectado el producto objeto del análisis y, en consecuencia, se halla en la situación de afirmar que en la muestra puede haber una cantidad del producto igual o inferior a la señalada, expresada normalmente en masa por muestra en el caso de un método de toma de muestra por concentración. El higienista, con base a esta información, deberá deducir a qué concentración en aire corresponde el resultado del laboratorio, dividiéndolo por el volumen muestreado. El valor obtenido debe ser razonablemente inferior a la concentración de referencia, dependiendo del objeto de la medición.

- Métodos con tiempos de muestreo más largos que la exposición a medir

En este caso deberá adaptarse o modificarse el método disponible a las condiciones de exposición.

Las posibilidades son básicamente dos.

- a. Tomar la muestra en las condiciones establecidas por el método, excepto en lo concerniente al tiempo de muestreo

En este caso puede ocurrir que el límite de detección sea insuficiente para poder sacar conclusiones desde el punto de vista higiénico, ya que el método estará preparado y validado para un volumen de aire superior. Las opciones son dos: solicitar al laboratorio la posibilidad de una modificación del método de cara a obtener un límite de detección por muestra menor o bien aumentar el caudal del muestreo para compensar la disminución del tiempo previsto. Esta última solución es factible solamente si la bomba es capaz de superar la mayor pérdida de carga generada y el captador admite un mayor caudal sin que se pierda muestra detectable en la sección posterior de los tubos adsorbentes o en el 2º borboteado. Ello implicará realizar los correspondientes ensayos para comprobar la adecuación de las nuevas condiciones de muestreo.

b. Tomar la muestra durante distintos periodos de exposición

Cuando la exposición se repita de forma continua, la solución es muestrear distintas operaciones o, si el trabajo es cíclico, ciclos de trabajo hasta el tiempo de muestreo fijado por el método, obteniéndose en este caso la concentración promedio de las distintas exposiciones medidas. Si la exposición es discontinua, también se puede muestrear continuamente, pero teniendo en cuenta que el resultado obtenido corresponderá a periodos de exposición y de no exposición, aspecto que habrá que considerar al hacer la valoración. Si el procedimiento lo permite, porque no hay riesgo de pérdida de muestra, también se puede detener el muestreo entre exposiciones y reanudarlo de nuevo al inicio de la nueva exposición y así sucesivamente hasta llegar también al tiempo de muestreo fijado por el método.

● Métodos con tiempos de muestreo más largos que el patrón de exposición temporal a valorar

Esta situación se produce frecuentemente cuando el objetivo de la medida son valores techo o valores para cortos períodos de exposición que requieren muestreos máximos de 15 minutos.

Las soluciones que aplicar son las mismas que las que se han expuesto en el punto a) del apartado anterior.

- Adecuación de la técnica analítica

El procedimiento empleado para la obtención de la muestra debe ser adecuado para la técnica analítica a aplicar.

Evidentemente, cuando se dispone de un método analítico normalizado no existe posibilidad de cometer errores en este sentido. Sí, en cambio, la hay cuando se deben emplear procedimientos indagatorios o estrictamente experimentales de los que no se conoce a priori cual va a ser el procedimiento de análisis instrumental a aplicar.

Las técnicas analíticas dependen, fundamentalmente, de la naturaleza del contaminante, pero también de las restantes circunstancias de la medida. La gran variedad de sustancias que pueden estar presentes en los ambientes laborales es causa de la utilización en higiene industrial de bastantes técnicas analíticas diferentes. El higienista debe conocer, aunque sea de manera somera, las características básicas de la técnica analítica que se va a aplicar. En la tabla 2 se listan las más utilizadas en higiene industrial.

Técnicas analíticas más utilizadas en Higiene Industrial

Técnicas Cromatográficas

- Cromatografía de gases (disolventes, compuestos orgánicos)
- Cromatografía líquida (compuestos orgánicos)
- Cromatografía iónica (aniones)

Técnicas Espectrofotométricas

- Absorción atómica (metales)

- UV-VIS (gases, pesticidas)
- Fluorimetría (aceites)

Rayos X (difracción y fluorescencia) (minerales, metales)

Microscopio Óptica (fibras de amianto)

Técnicas Electroquímicas

- Electroodos específicos (cianuros, fluoruros)
- Voltametría de Redisolución Anódica (metales)
- Polarografía (metales, compuestos iónicos)

Técnicas Gravimétricas (polvo, algodón)

- Tiempo de respuesta del laboratorio

El tiempo de respuesta del laboratorio es un aspecto que valorar. Evidentemente, dependerá del laboratorio, de su especialización y organización, pero el higienista debe conocerlo por la demora que le pueda representar en la evaluación de riesgos, aspecto que puede llegar a ser fundamental cuando se trate de productos u operaciones que puedan derivar en situaciones de riesgo elevado. Por otro lado, el método analítico fija el tiempo máximo que puede transcurrir desde la toma de muestras hasta su análisis.

- Evaluación de costes

El coste de cada determinación también debe ser conocido a priori por el higienista. Lo obtendrá a partir del tiempo empleado en recabar información (bibliográfica y en la empresa), en llevar a cabo las mediciones y en los desplazamientos; la amortización del material no fungible (bomba, calibrador), el consumo del material fungible (captador y accesorios) y el coste del análisis por el laboratorio. Téngase en cuenta que los actuales criterios aceptados para lograr

una adecuada representatividad de las mediciones implican tanto el disponer de una información suficientemente amplia para poder afirmar que se trata de exposiciones repetitivas como en disponer de un número mínimo de determinaciones.

Características de los sistemas de lectura directa

Los métodos de lectura directa son aquellos en los que la toma de muestras y la determinación de la concentración es simultánea; son, por tanto, rápidos y la determinación es instantánea, por lo que permiten obtener datos precisos y puntuales con un coste relativamente bajo.

Según la norma UNE 81-255: 1985 Instrumentos detectores o analizadores de contaminantes químicos presentes en la atmósfera.

- Clasificación, se clasifican según:
- Campo de aplicación: específicos o polivalentes.
- Tipo de respuesta: orientativos o detectores, o de precisión o analizadores
- Forma de utilización: fijos o portátiles
- Continuidad de la medición: continuos o discontinuos
- Situación del sensor: próximos o remotos

Fuente de alimentación de energía: autónomos o no autónomos

Otro aspecto importante que valorar es si trabajan de forma activa, haciendo pasar aire por el detector mediante una bomba o de forma pasiva, basándose en el principio de la difusión comentado anteriormente.

Por su interés específico en el campo de la higiene industrial se comentan a continuación los instrumentos colorimétricos y los monitores específicos.

Instrumentos colorimétricos

Los instrumentos colorimétricos son sencillos, fáciles de utilizar y cubren una amplia gama de contaminantes. Son dispositivos que se basan en el cambio de color que sufre un reactivo específico al reaccionar con un contaminante determinado. Existen tres tipos de dispositivos colorimétricos de lectura directa: papeles reactivos, líquidos reactivos, y tubos indicadores con reactivo sólido, aunque también se presentan combinaciones de todos ellos.

- Tubos indicadores con reactivo sólido (tubos colorimétricos)

Son los más utilizados y se emplean acoplados a bombas de aspiración manual de tipo émbolo o fuelle principalmente.

Consisten en tubos de vidrio conteniendo un soporte inerte granulado impregnado con un reactivo químico capaz de reaccionar con el contaminante a determinar, cambiando de color. El aire contaminado se hace penetrar en el tubo y se produce un cambio de color que se inicia en el extremo de entrada y progresa a lo largo del tubo en función de la concentración de contaminante presente. Sobre la pared del tubo está impresa una escala en la cual, para un volumen determinado de aire muestreado, el frente de la zona coloreada señala la medida de la concentración. Aunque la aplicación principal de estos tubos se centra en la obtención de valores de las concentraciones de aire correspondientes a periodos de corta duración, están disponibles tubos para su utilización en muestreos de larga duración acoplados a bombas automáticas de aspiración (muestreadores personales), que permiten obtener concentraciones medias durante la jornada laboral o ciclos de trabajo determinados.

Pueden determinarse más de cien contaminantes diferentes con tubos colorimétricos específicos existentes en el mercado. Sus limitaciones más importantes, que deben ser tenidas en cuenta a la hora de su utilización en la valoración del riesgo higiénico, son:

- La precisión de los tubos es muy variable, ya que está en función en gran medida de la técnica de fabricación. Según la norma UNE-EN 1231: 1997 Atmósferas en el lugar de

trabajo. Sistemas de medición por tubos detectores de corta duración. Requisitos y métodos de ensayo, su incertidumbre global relativa debe ser $\leq 50\%$ hasta el 20% del intervalo de medida específico y $\leq 30\%$ para el resto del intervalo.

- Frecuentemente carecen de especificidad suficiente y la presencia de otros contaminantes es susceptible de alterar la extensión y el color de la capa coloreada.
- Las bajas temperaturas provocan variaciones de color, mientras que las temperaturas altas pueden afectar el volumen muestreado proporcionando resultados erróneos.

Los errores sistemáticos en su utilización pueden tener su origen en:

- Error de calibración del fabricante.
- Variaciones en las condiciones de almacenamiento de los tubos. En la mayoría de los casos se recomienda una temperatura de almacenaje inferior a los 30 °C.
- Disminución de la hermeticidad en la bomba de aspiración.
- Obturación de los canales de aspiración.

Las recomendaciones básicas para su utilización son:

- Comprobar periódicamente el volumen de aspiración de la bomba.
- Limpiar los canales de aspiración.
- Tener siempre en cuenta las especificaciones del fabricante, atendiendo estrictamente las condiciones de uso incluidas en el folleto.

Monitores específicos

Son aparatos que proporcionan una lectura electrónica prácticamente instantánea de la concentración del contaminante.

- Monitores para gases y vapores

Los principios físicos para la detección cuantitativa en los que se basan las mediciones efectuadas con este tipo de aparatos pueden dividirse en cinco grupos:

- Eléctricos. Las propiedades físicas y/o químicas del gas en cuestión introducen cambios en los parámetros eléctricos de un sensor, por ejemplo, en la resistividad de un filamento, de forma que los valores de salida son proporcionales a la concentración de gas medida.
- Térmicos. Detectan las variaciones en las propiedades térmicas de los gases, conductividad de la mezcla o temperatura de combustión. Este es el principio de aplicación en la construcción de explosímetros, aparatos de alarma en atmósferas combustibles y medidores de niveles de oxígeno.
- Electromagnéticos. La energía electromagnética, en forma de radiación UV, VIS e IR, se absorbe por el medio contaminado a frecuencias características del contaminante y con intensidad dependiente de su concentración. El caso más empleado es la radiación IR para la determinación de dióxido de carbono.
- Quimielectromagnéticos. Se basan en el análisis de un gas en el que se produce una reacción química acompañada de una radiación electromagnética, que es la que se mide. Por su especificidad son los más utilizados actualmente, tratándose normalmente de una célula electroquímica específica para cada gas o vapor.
- Espectroscopios foto acústicos. Se basan en la medición de la onda acústica generada por un gas cuando absorbe luz modulada. La longitud de onda de la luz determina de qué gas se trata, mientras que la magnitud de la absorción, medida como aumento de presión periódica (onda acústica), consecuencia de un aumento presión por aumento de temperatura, medida por un micrófono, es proporcional a la concentración del gas.

La precisión de este instrumental viene determinada por el fabricante, y su utilización exige, por otra parte, calibraciones periódicas por medio de atmósferas o mezclas de gases de composición controlada. Estas calibraciones pueden ser llevadas a cabo por el propio usuario, o por el fabricante o un organismo competente, en cuyo caso es importante que se disponga del correspondiente certificado a efectos de aseguramiento de la calidad en la determinación.

El mercado ofrece gran diversificación en este tipo de instrumental, cuyo uso ha aumentado con la extensión de las células electroquímicas específicas y, sobre todo, por la posibilidad de almacenamiento informático de los datos, lo que permite su posterior tratamiento hasta límites insospechados. Disponer de un monitor específico permite, sin ningún es fuerza obtener una descripción, la variación de la concentración a lo largo del tiempo de manera casi puntual, con todas las ventajas que ello representa de cara a una descripción completa de la exposición para su posterior comparación con el criterio de valoración a aplicar.

- Monitores para aerosoles

Con respecto a la medición directa de aerosoles pueden distinguirse dos grupos instrumentales principales:

- Instrumentos ópticos. Fundamentados en propiedades ópticas de una partícula o de un conjunto de partículas. Las más simples, aplicables a grandes concentraciones ambientales, miden la extinción de la luz al aerosol. Si la concentración no es suficiente elevada, se utiliza el método de la dispersión de la luz. Dentro de este tipo se encuentran los instrumentos para la medición de conjuntos de partículas o de partículas con fuente de luz visible, fotómetros con fuente de rayos láser, reflectómetros y equipos de emisión espectral.
- Instrumentos eléctricos. Se basan en la interacción partícula - carga eléctrica. Existen dos tipos de instrumentos. En el primero de ellos, las partículas adquieren una carga

eléctrica proporcional a su tamaño al pasar a través de una nube de iones, siendo esta carga la que se mide. En el segundo tipo, se mide la interceptación de un haz de iones o emisión radioactiva debido a la presencia del aerosol.

- Proceso de elección y adquisición de un monitor

Debe tenerse especial cuidado en su adquisición valorando aspectos como los recogidos en el cuadro que se muestra. La experiencia demuestra que la adquisición y utilización rentable de un monitor de lectura "continua" es especialmente complicada. El repaso a los aspectos citados en la tabla 3 es fundamental de cara a poder disponer de un aparato fiable y rentable en la medida de lo posible.

Sistemas de lectura directa. Características a contemplar

- Para qué sirve.
- Posibilidades.
- Fundamento físico/químico/electrónico de la medida.
- Tipo de captación del contaminante: activa o pasiva.
- Posibilidad de utilización como lector personal.
- Intervalo (frecuencia) de lectura.
- Requisitos ambientales.
- Facilidad de lectura.
- Posibilidad de tratamiento estadístico de las lecturas.
- Alimentación energética.
- Especificidad.

- Interferencias.
- Sensibilidad. Límite de detección.
- Sensibilidad. Resolución.
- Intervalo de trabajo.
- Precio.
- Garantía.
- Mantenimiento: coste y facilidad.
- Asistencia técnica.
- Disponibilidad de recambios.
- Dirección (útil) del fabricante y del distribuidor.
- Fiabilidad comercial.
- Cálculo del coste de cada determinación.

Dónde medir

En higiene industrial, cuando se trata de medir la exposición de un trabajador por vía respiratoria, se suele exigir que la muestra sea personal, es decir, tomada en el área respiratoria del trabajador. Otras alternativas son: el puesto de trabajo, el punto de emisión y ambiental (puntual, general, automatizada). Ver la NTP 553.

Cuando medir

Sobre el papel, la determinación de la exposición a un contaminante requiere una medida continua durante toda la jornada laboral o durante todo el tiempo que dure la exposición. Dado que ello es irrealizable en la mayor parte de los casos, el cuándo efectuar la medida vendrá dado por la

estrategia de muestreo escogida, aspecto que no se trata aquí (ver la norma UNE 689 y las NTP 406, 407, 553, 554 y 555). Las posibilidades son: ciclo de trabajo, grupos de exposición homogénea, discontinua (periódica, aperiódica y aleatoria), según el patrón temporal del Criterio de Valoración, y en las condiciones más desfavorables (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España).

Después de haber analizado los métodos de medición, se requiere saber cuál serían las clasificaciones de los niveles de concentración, información que es determinada por la TLV de la ACGIH.

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

Los TLV (Valores Límite Umbral) para agentes químicos expresan concentraciones en aire de diversas sustancias por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden exponerse sin sufrir efectos adversos. Se admite que, dada la variabilidad de respuestas individuales, un porcentaje de trabajadores pueda experimentar ligeras molestias ante ciertas sustancias a estas concentraciones, o por debajo de ellas e, incluso en casos raros, puedan verse afectados por agravamiento de dolencias previas o por la aparición de enfermedades profesionales. Debido a los variados efectos que las sustancias químicas pueden provocar en las personas expuestas, se definen diferentes tipos de valores TLV.

Tipos de valores TLV TLV-TWA. Media ponderada en el tiempo

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

TLV-C. Valor techo

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

TLV-STEL. Límites de exposición para cortos periodos de tiempo

Concentración a la que pueden estar expuestos los trabajadores durante un corto espacio de tiempo sin sufrir irritación, daño crónico o irreversible en los tejidos o narcosis importante. No es un límite de exposición separado e independiente, sino un complemento de la media ponderada en el tiempo (TWA). Se define como la exposición media ponderada en el tiempo durante 15 minutos que no debe sobrepasarse en ningún momento de la jornada, aunque la media ponderada en el tiempo durante las ocho horas sea inferior al TLVTWA. Las exposiciones por encima del TLV-TWA hasta el valor STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango. Puede recomendarse un período de exposición distinto de los 15 minutos cuando ello está avalado por efectos biológicos observados. El número de sustancias con valor STEL asignado ha ido disminuyendo en las últimas ediciones, con lo que el campo de aplicación de este tipo de TLV es cada vez más reducido.

Limitación de las desviaciones por encima del TLV-TWA

Para la mayoría de las sustancias que tienen un valor TLV-TWA no existen suficientes datos toxicológicos para garantizar un valor STEL, por lo que se procede a establecer unos límites

para las desviaciones o excursiones por encima del valor promedio. Estos límites, basados en estimaciones estadísticas, se fijan mediante la recomendación siguiente: en exposiciones cortas se puede superar tres veces el valor TLV-TWA durante no más de 30 minutos en la jornada y en ningún caso se debe superar cinco veces, suponiendo que no se supere el valor TLV-TWA de la jornada.

Otras indicaciones y comentarios de los TLV

Vía dérmica

Los valores TLV para sustancias químicas son concentraciones en aire establecidas en el supuesto de la entrada de contaminantes en el organismo por vía respiratoria. Cuando para una sustancia se incluye la notación "Vía dérmica" (skin) hace referencia a la contribución potencial, con respecto a la exposición total a ella, que tiene la vía de entrada dérmica que incluye la piel y también mucosas y ojos. Esta observación sobre la posible entrada por vía dérmica es para llamar la atención y sugerir medidas para prevenir la absorción cutánea con objeto de no enmascarar e invalidar los correspondientes TLV.

Mezclas de sustancias

Cuando se hallen presentes dos o más sustancias debe tenerse en cuenta el efecto combinado de ellas. Si no existe información en sentido contrario, los efectos deben considerarse aditivos. En este caso, si la suma de las fracciones $C1 / TLV1 + C2 / TLV2 + \dots + Cn / TLVn$ supera la unidad, se está rebasando el TLV de la mezcla. Si se conocen los efectos de las sustancias y éstos son exclusivamente independientes o locales, se considera que la mezcla supera el TLV cuando por lo menos uno de los componentes rebasa su TLV. Lo expuesto es un argumento más a favor de que deban conocerse correctamente los aspectos toxicológicos de los compuestos estudiados, así como la información en que se ha basado la asignación del valor TLV a cada uno de ellos.

Sustancias cancerígenas

Las sustancias cancerígenas se clasifican en dos grupos: A1 y A2. El grupo A1 incluye aquellas sustancias cuyo carácter cancerígeno para el hombre está confirmado, mientras que en el grupo A2 se incluyen aquellas consideradas como sospechosas de ser cancerígenas para el hombre.

Propuestas de modificación

En cada edición de los TLV se incluye, bajo la denominación de "propuestas de modificación", un listado de sustancias para las cuales se propone el TLV por primera vez o para las que se sugiere una modificación de su valor o características asignadas. En la lista de valores adoptados ya se señalan las que tienen propuesta de modificación. Los límites o indicaciones para las sustancias incluidas en este apartado se consideran provisionales y deben permanecer como tales en la lista durante al menos dos años, al cabo de los cuales, y si no surge ninguna evidencia que ponga en duda la validez de estas propuestas, se incluyen en la lista de adoptados (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España)

4.3. Marco legal

- República de Colombia Ministerio del Medio Ambiente (1995). Decreto 948: mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire, generada por fuentes contaminantes fijas y móviles. Dentro de los contaminantes que enmarca la norma tenemos sustancias o elementos en estado líquido, sólido o gaseoso los cuales causan efectos nocivos para la salud y el medio ambiente. Las fuentes de emisión son los procesos u operaciones realizadas por el ser humano a diario y que emiten cualquier tipo de contaminante.

De acuerdo con el capítulo II los tipos de contaminantes del aire y los tipos de contaminación son:

Tipos de contaminantes

- Contaminantes de primer grado aquéllos que afectan la calidad del aire o el nivel de inmisión, tales como el ozono troposférico o "smog" fotoquímico y sus precursores, el monóxido de carbono, el material particulado, el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre y el plomo. Son contaminantes tóxicos de primer grado aquéllos que, emitidos bien sea en forma rutinaria o de manera accidental, pueden causar cáncer, enfermedades agudas o defectos de nacimiento y mutaciones genéticas.
- Contaminantes de segundo grado, los que, sin afectar el nivel de inmisión, generan daño a la atmósfera, tales como los compuestos químicos capaces de contribuir a la disminución o destrucción de la capa estratosférica de ozono que rodea la Tierra, o las emisiones de contaminantes que, aun afectando el nivel de inmisión, contribuyen especialmente al agravamiento del "efecto invernadero" o cambio climático global

Tipos de contaminación:

- Contaminación primaria, la generada por contaminantes de primer grado.
- Contaminación secundaria, la producida por contaminantes del segundo grado.

Resolución 1208 de 2003: Por la cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire

Decreto 4741 de 2005: tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente. De acuerdo con el **Capítulo VI los generadores de residuos peligrosos de dividen en:**

- Gran Generador. Persona que genera residuos o desechos peligrosos en una cantidad igual o mayor a 1,000.0 kg/mes calendario considerando los períodos de tiempo de

generación del residuo y llevando promedios ponderados y media móvil de los últimos seis (6) meses de las cantidades pesadas;

- Mediano Generador. Persona que genera residuos o desechos peligrosos en una cantidad igual o mayor a 100.0 kg/mes y menor a 1,000.0 kg/mes calendario considerando los períodos de tiempo de generación del residuo y llevando promedios ponderados y media móvil de los últimos seis (6) meses de las cantidades pesadas;
- Pequeño Generador. Persona que genera residuos o desechos peligrosos en una cantidad igual o mayor a 10.0 kg/mes y menor a 100.0 kg/mes calendario considerando los períodos de tiempo de generación del residuo y llevando promedios ponderados y media móvil de los últimos seis (6) meses de las cantidades pesadas.

En el Anexo I se puede apreciar la lista de residuos o desechos peligrosos por procesos o actividades como a continuación se relaciona

Y1 Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.

Y2 Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.

Y3 Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.

Y4 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos.

Y5 Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.

Y6 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.

Y7 Desechos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple.

Y8 Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.

Y9 Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).

Y11 Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.

Y12 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.

Y13 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.

Y14 Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.

Y15 Desechos de carácter explosivo que no esté sometidos a una legislación diferente.

Y16 Desechos resultantes de la producción; preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.

Y17 Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos.

Y18 Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.

Desechos que tengan como constituyentes:

Y19 Metales carbonilos.

- Y20 Berilio, compuestos de berilio
- Y21 Compuestos de cromo hexavalente.
- Y22 Compuestos de cobre.
- Y23 Compuestos de zinc.
- Y24 Arsénico, compuestos de arsénico.
- Y25 Selenio, compuestos de selenio.
- Y26 Cadmio, compuestos de cadmio.
- Y27 Antimonio, compuestos de antimonio.
- Y28 Telurio, compuestos de telurio.
- Y29 Mercurio, compuestos de mercurio.
- Y30 Talio, compuestos de talio.
- Y31 Plomo, compuestos de plomo.
- Y32 Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
- Y33 Cianuros inorgánicos.
- Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.
- Y35 Soluciones básicas o bases en forma sólida.
- Y36 Asbesto (polvo y fibras).
- Y37 Compuestos orgánicos de fósforo.
- Y38 Cianuros orgánicos.
- Y39 Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.

Y40 Eteres.

Y41 Solventes orgánicos halogenados.

Y42 Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.

Y43 Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados.

Y44 Cualquier sustancia del grupo de las dibenzo para dioxinas policloradas.

Y45 Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).

Ley 55 de 1993 (Julio 2)

Diario Oficial No. 40.936., de 6 de julio de 1993.

Por medio de la cual se aprueba el "Convenio No. 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el trabajo", adoptados por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra, 1990

Conferencia Internacional Del Trabajo - Convenio 170

Convenio Sobre La Seguridad En La Utilización De Los Productos Químicos En El Trabajo

Decreto 1609 de 2002 (julio 31) por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

Norma Técnica Colombiana NTC 4435

Transporte de mercancías, Hojas de Datos de Seguridad para Materiales. Preparación

Norma Técnica Colombiana NTC 1692

Transporte. Transporte de mercancías peligrosas, Definiciones, Clasificación, Marcado, Etiquetado y Rotulado

A continuación, encuentra las Leyes, Decretos y Resoluciones más importantes en materia de Sustancias Químicas en Colombia.

Ley 1252 del 27 de noviembre de 2008: Ley sobre RESPEL, por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 019 de 2008 del 30 de octubre de 2008: Por medio de la cual se derogan unas disposiciones y se unifica la reglamentación para compra, venta, consumo, distribución, almacenamiento y transporte de las sustancias sometidas a control especial.

Resolución 180052 de 2008: Por el cual se adopta el sistema de categorización de las fuentes radioactivas.

Decreto 1299 de 2008: reglamenta departamento de gestión ambiental de empresas a nivel industrial estado: vigente

Resolución 01652 de 2007 prohíbe fabricación e importación de productos que requieran sustancias que agotan la capa de ozono

Decreto 4741 de 2005 reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

Ley 994 de 2005 aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

Decreto 1443 de 2004 reglamenta la prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos.

5. Tipo De Investigación

El desarrollo de la siguiente investigación es de tipo Experimental

El presente proyecto se realizara bajo el tipo de investigación experimental ya que el investigador deberá como primera medida recolectar los datos de los niveles de concentración de gases y

vapores provenientes del proceso de recubrimiento para así de esta forma lograr determinar las variables que están afectando el proceso, a partir del análisis de las variables se proponen las alternativas de mejora, las cuales se experimentarían durante el desarrollo del proceso de recubrimiento electrolítico y de acuerdo a los resultados obtenidos, se seleccionaría la más adecuada desde el punto de vista técnico y financiero.

6. Marco Metodológico

Para la realización del presente proyecto se debe hacer una revisión bibliográfica constante sobre las emisiones de gases y vapores químicos emitidos durante el proceso de recubrimiento electrolítico, al igual que diferentes bibliografías (libros, ponencias, normas, etc.) existentes sobre el tema; posteriormente se deben procesar los datos históricos de la contaminación de dichos vapores en el proceso de recubrimiento electrolítico en Barrera y Asociados (TAR), para planificar el sistema de medición y cuantificar las variables involucradas en el mismo.

La evaluación de los niveles de concentración de gases y vapores químicos provenientes del proceso de recubrimiento electrolítico se van a hacer con ayuda de la ARL, quienes enviarán a las instalaciones de Barrera y Asociados el personal idóneo para realizar las mediciones, logrando así de esta manera mediante el análisis de los resultados obtenidos y plantear diferentes alternativas que conlleven a un sistema de control que disminuya los niveles de contaminación que se generan durante el proceso de recubrimiento electrolítico, mitigando la exposición de los trabajadores a la mismas.

Las alternativas ya seleccionadas e identificadas se prueban durante el desarrollo del proceso electrolítico, monitoreando la concentración de los vapores presentes antes y después de aplicar las medidas de control.

Finalmente, mediante un análisis de los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas a las alternativas seleccionadas, se determina la eficiencia de cada una de ellas y con la ayuda de un análisis técnico-financiero se determina la mejor alternativa para la implementación de controles de concentración de gases y vapores químicos provenientes del proceso de recubrimiento electrolítico en Barrera y Asociados. Para terminar, estableciendo los costos de los materiales, reactivos y/o equipos necesarios para la alternativa seleccionada al igual que la mano de obra calificada y no calificada que se requerida.

De acuerdo con lo anterior se debe realizar una lista de actividades y cronograma de las mismas para el desarrollo de los objetivos plantados para el presente proyecto como a continuación se relaciona:

Tabla 1. Lista de Actividades

OBJETIVO	ACTIVIDAD
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar mediciones ocupacionales ambientales para determinar el nivel de concentración de gases y vapores en el taller de recubrimiento electrolítico 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión Bibliográfica • Procesar los datos históricos de los niveles de concentración de gases y vapores • Identificar las variables más incidentes de los niveles de concentración de gases y vapores • Planificar el sistema de muestreo y medición • Cuantificar las variables involucradas en el proceso. • Realizar el análisis de las muestras.
<ul style="list-style-type: none"> • Proponer sistemas de control para disminuir la exposición de sustancias químicas que afecta a los trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de las posibles alternativas. • Aplicar cada una de las alternativas al proceso de recubrimiento electrolítico. • Tomar muestras de gases y vapores después de aplicar cada una de las alternativas • Determinar nivel de contaminación • Determinar la concentración de gases y vapores
<ul style="list-style-type: none"> • Evidenciar cuál de las propuestas generadas es aplicable en Barrera y Asociados (TAR). 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis de los resultados obtenidos en el objetivo número 2. • Determinar la eficiencia de cada una de las alternativas. • Realizar un análisis técnico-financiero de cada una de las alternativas. • Selección de la mejor alternativa desde el punto de vista técnico-financiero.
<ul style="list-style-type: none"> • Formular alternativas financieras que se ajusten a los rangos presupuestales de la empresa para la implementación de los controles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer los costos de los reactivos y equipos que requiere la alternativa seleccionada. • Determinar el costo de transporte de materiales y equipos. • Determinar el costo de mano de obra calificada y no calificada.

Tabla 2. Cronograma

ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Revisión Bibliográfica							
Procesar los datos históricos de los niveles de concentración de gases y vapores							
Identificar las variables más incidentes de los niveles de concentración de gases y vapores							
Planificar el sistema de muestreo y medición							
Cuantificar las variables involucradas en el proceso.							
Realizar el análisis de las muestras							
Selección de las posibles alternativas							
Aplicar cada una de las alternativas al proceso de recubrimiento electrolítico.							
Tomar muestras de gases y vapores después de aplicar cada una de las alternativas							
Determinar nivel de contaminación							
Determinar la concentración de gases y vapores.							
Realizar un análisis de los resultados obtenidos en el objetivo número 2.							
Determinar la eficiencia de cada una de las alternativas.							
Realizar un análisis técnico-financiero de cada una de las alternativas.							
Selección de la mejor alternativa desde el punto de vista técnico-financiero.							
Establecer los costos de los reactivos y equipos que requiere la alternativa seleccionada.							
Determinar el costo de transporte de materiales y equipos							
Determinar el costo de mano de obra calificada y no calificada							

Una vez seleccionada la alternativa de mejoramiento, se determinará el análisis del costo de implementación y la proyección anual de la misma, determinando así la viabilidad que tiene el proyecto para la Industria Barrera y Asociados (TAR). Lo anterior mediante la utilización del método costo-beneficio para evaluar la alternativa seleccionada involucrando el precio total de la misma, contra el total de los beneficios previstos ante posibles multas ambientales, beneficiando así a la industria.

De acuerdo a lo anterior el costo total anual equivalente se calculará de acuerdo con la siguiente modelación matemática:

$$CAE(i) = \text{anualidad}_{\text{inversión}} + \text{costos totales}$$

De acuerdo con la resolución 2086 del 25 de octubre de 2010 del **MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL**, se estimará el costo diario y mensual que acarrearía para Industria Barrera y Asociados (TAR) una posible multa por incumplimiento de los parámetros exigidos por el DECRETO 948 DE 1995 para la protección y control de la calidad del aire.

Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. En la Resolución 2086 (25, octubre, 2010). Artículo 4º; describe que, para la tasación de las multas, las autoridades ambientales deberán tomar como referencia los criterios contenidos en dicho artículo y la aplicación de la siguiente modelación matemática.

$$MULTA = B + [(\alpha + i) \times (1 + A) + Ca] \times Cs$$

Dónde:

B: Beneficio ilícito

A: Circunstancias agravantes y atenuantes

α : Factor de temporalidad

Ca: Costos asociados

i: Grado de afectación ambiental

Cs: Capacidad socioeconómica del infractor.

7. Resultados

Para dar solución a la problemática que presenta actualmente la Industria Barrera y Asociados, se plantaron dos alternativas de mejoramiento las cuales se describen a continuación:

7.1. Alternativa número 1: Mediciones de Higiene industrial

De acuerdo al cronograma de actividades que se planteó en la fase inicial del proyecto, se ha venido gestionando los recursos para mejorar los niveles de contaminación dentro de la industria Barrera y Asociados (TAR), mediante la implementación de un sistema de extracción eficiente y que garantice la evacuación adecuada y no contamine a su vez el medio ambiente; se ha venido gestionando con el área financiera de la organización y se han buscado diferentes recurso por parte de la Administradora de Riesgos Laborales (ARL) en cuanto iniciar con las mediciones industriales para determinar las diferentes concentraciones de gases y vapores debido a que es el principal insumo para determinar el tipo y la calidad del sistema de extracción requerido.

Hasta la fecha se había programado la medición de los niveles de concentración de gases a los que estaban expuestos los trabajadores, lo cual se realizaría por dosimetrías. En el momento no se han realizado, pero para fines de solicitar el presupuesto para las mejoras se planteó la forma como se realizarán las mediciones. De acuerdo a la entidad que realizará las mediciones se tendrá en cuenta los siguientes puntos para una medición adecuada.

Se plantearon los objetivos para el desarrollo de la medición.

- Cuantificar las concentraciones de gases y vapores en los puestos de trabajo en Barrera y Asociados (TAR), con el fin de compararlos con los límites recomendados por la A.C.G.I.H. TLV's 2012.
- Presentar algunas acciones de mejoramiento de tipo general tendientes al control de los factores de riesgo evaluados.

Después del planteamiento de los objetivos se tendrán las evaluaciones de los niveles de concentración de gases y vapores para lo cual se realizará con la siguiente metodología.

7.1.1. Metodología para medición de gases y vapores

Las evaluaciones de las concentraciones de gases y vapores en la empresa se realizarán de la siguiente manera:

El método utilizado para la realización de las evaluaciones de gases y vapores es basado en los métodos de la NIOSH, para niveles de concentración medibles. Estos métodos nos indica entre otros aspectos: el tipo de filtro a utilizar, el volumen de aire a muestrear, el caudal de muestreo y la forma analítica a utilizar.

Para la realización de las evaluaciones se utilizarán los siguientes equipos:

- Bombas de muestreo personal, marca GILLIAN, las cuales se encuentran aprobadas por la NIOSH para este tipo de evaluaciones.
- Calibrador digital marca GILLIAN.
- Filtros de PVC

Las bombas de muestreo se calibrarán antes de cada evaluación con el objetivo de obtener resultados más confiables.

7.1.2. Sitios De Medición

Los sitios evaluados serán seleccionados al momento de realizar la medición de acuerdo a las necesidades, ya que serán por puestos de trabajo, en común acuerdo con el asesor(a) que realizara las evaluaciones.

De acuerdo con la ARL, se definió que la medición industrial para determinar los niveles de concentración de gases y vapores en la industria Barrera y Asociados (TAR) se podrán realizar el 30 de agosto de 2018

Para ello se realizaron algunas cotizaciones que se presentan a continuación:

7.2. Alternativa número 2: Adquisición sistemas de extracción

De acuerdo al cronograma de actividades que se planteó en la fase inicial del proyecto, se ha venido gestionando los recursos para mejorar los niveles de contaminación dentro de la industria Barrera y Asociados (TAR), mediante la implementación de un sistema de extracción eficiente que garantice la evacuación adecuada y no contamine a su vez el medio ambiente.

Para ello se realizó la siguiente cotización con la empresa GRAN FERRETERÍA INDUSTRIAL SAS, como a continuación se expone:

Fuente 1: GRAN FERRETERÍA INDUSTRIAL SAS

DESCRIPCIÓN	COSTOS		
	Valor unitario	Cantidad	Valor total
Extractor de aire tipo turbina	\$ 2.800.000	1	\$ 2.800.000
Extractor de aire de campana	\$ 2.500.000	1	\$ 2.500.000
Extractor eólico	\$ 1.180.000	2	\$ 2.360.000
Extractor de humo portátil para trabajo en banco	\$ 890.000	8	\$ 7.120.000
Extractor de 28"	\$ 1.036.000	8	\$8.288.000
VALOR TOTAL			\$ 23.068.000

A continuación, se expone la ficha técnica ofertada de los equipos relacionados en la anterior cotización:

Tabla 3. Cotización

DESCRIPCIÓN	FICHA TÉCNICA	CANTIDAD	IMAGEN
<p>Extractor de aire tipo turbina</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo campana • templado, ancho mínimo de 90 cm, capacidad de succión superior o igual a 1000 m3 /h • Motor tipo turbina preferiblemente de aspas metálica • Filtros atrapa grasa marco y malla de aluminio de fácil limpieza , lavables y sustituible • Filtro de carbón activado de fácil colocación • Fuente eléctrica de 120 VAC • Velocidades; Diferentes velocidades de extracción mínimo de 3 velocidades • Potencia: Máxima 400W • Protege al usuario de la exposición a componentes químicos tóxicos y peligrosos. • Máxima contención y uniformidad del flujo de aire. • Interruptores e indicadores del funcionamiento del ventilador. • Toma de corriente para conexión de equipos de 110 v y 220v • Filtro retenedor de gases (Scrubber) • Ducto de extracción vertical (5 metros aproximadamente) • Garantía mínima de 1 año 	<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">EXTRACTOR DE TURBINA</p> 
<p>Extractor de aire de campana</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo campana extractora tipo península • material en acero inoxidable y/o vidrio templado, ancho mínimo de 90 cm, capacidad de succión superior o igual a 1000 m3 /h • Motor tipo turbina preferiblemente de aspas metálica • Filtros atrapa grasa marco y malla de aluminio de fácil limpieza , lavables y sustituible • Filtro de carbón activado de fácil colocación 	<p style="text-align: center;">1</p>	

	<ul style="list-style-type: none"> • Fuente eléctrica de 120 VAC • Velocidades; Diferentes velocidades de extracción mínimo de 3 velocidades • Iluminación: Tipo LED mínimo 2 bombillas • Potencia: Máxima 400W • Garantía: 1 año 		
Extractor eólico	<ul style="list-style-type: none"> • Altura 1200 milímetros • Diámetro 800 milímetros • Aspas en aluminio • Cuello DE 22 Pulgadas • Campana de 700 milímetros • Garantía: 1 año 	2	
Extractor de humo portátil para trabajo en banco	<ul style="list-style-type: none"> • P/N FA400-4 • 05 Conjunto de filtros P/N A1001 • Soporte de Brazo P/N C1568 • 02 Perilla P/N B1166 • Consumo de potencia 13-19 (60hz) • Dimensión 169(w) x 213 (h) x 113(d) mm • Peso 930 G • Capacidad de aire 1.07 (60HZ) m^3/min • Dimensiones del filtro 130x 130 x 10 mm • Contenido, filtro manual de instrucción • Diseñado para seguridad esd • Capacidad para absorción de 80% de humo • Garantía: 1 año 	8	
Extractor de 28"	<ul style="list-style-type: none"> • Material aspas aluminio fundido De 708 MILIMETROS diámetro de entrada 788, ancho 380, diámetro de salida 705, POTENCIA 4.0 EJE DE milímetros 28, revoluciones por minuto 1.730, AMPERAJE 220 V / 10,8 A, 440 V / 5,4 A, CAUDAL 17,588, m3/ S8,3, decibeles 87, peso en kg 46 • Garantía: 1 año 	8	

Teniendo en cuenta que a la fecha no se han podido realizar las mediciones para determinar los niveles de concentración de gases y vapores que se generan en Barrera y Asociados (TAR), en común acuerdo con el asesor de la ARL, se determina que la medida de control inmediata

para la industria es la instalación de ventiladores industriales, siendo esta la medida inicial que ayude a evacuar la acumulación de los niveles de concentración de vapores y gases producto del proceso de recubrimiento electrolítico

Como se mencionaba anteriormente se estudia la posibilidad de implementar un control parcial, mientras se ejecutan las mediciones industriales en Barrera y Asociados (TAR), para así definir vasados en los resultados un sistema adecuado y que ofrezca la calidad del aire adecuado tanto para el interior de la industria, como para el medio ambiente y la comunidad cercana.

7.3. Análisis Costo Beneficio

A continuación, se determina el análisis del costo de implementación del sistema de extracción, en Industria Barrera y Asociados (TAR), mediante el método costo-beneficio de acuerdo con la siguiente modelación matemática:

$$CAE(i) = \text{anualidad}_{\text{inversión}} + \text{costos totales}$$

Para lo anterior se tiene en cuenta que el tiempo de vida útil de los extractores es 10 años, se calcula el CAE para el primer año de mencionado proyecto, asumiendo una tasa de interés del proyecto del 0%, ya que este se hará mediante contratación directa con recursos propios de la empresa, como se expone a continuación:

$$\text{anualidad}_{\text{inversión}} = P X \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$P = \$ 23.068.000 \quad n = 12 \quad i = 0\%$$

$$\text{anualidad}_{\text{inversión}} = \$ 23.068.000 X \frac{0(1+0)^{12}}{(1+0)^{12} - 1}$$

$$\text{anualidad}_{\text{inversión}} = \$0$$

$$CAE(i) = \$0 + \$ 23.068.000$$

$$CAE(i) = \$23.068.000$$

Como se puede observar el presente proyecto es viable debido a que la adquisición de los extractores se va hacer mediante compra directa a cuál no genera costos de anualidad de inversión, por tanto, solo se deberán invertir \$23.068.000 millones de pesos que en el momento se encuentra disponibles.

De acuerdo a lo anterior a continuación se exponen los costos totales del proyecto (incluido IVA) teniendo en cuenta un valor estimado para las mediciones higiénicas de \$4.200.000 cada una, de igual forma se tiene en cuenta el recurso humano y los imprevistos que puedan surgir durante el desarrollo, implementación y puesta en funcionamiento de la alternativa adecuada para el cumplir el objeto del proyecto.

Fase: Proposición de Alternativas

DESCRIPCIÓN	COSTOS			
	Valor Unitario	Cantidades	Valor total	Fecha de entrega
Extractor de aire tipo turbina	\$ 2.800.000	1	\$ 2.800.000	Agosto de 2018
Extractor de aire de campana	\$ 2.500.000	1	\$ 2.500.000	Agosto de 2018
Extractor eólico	\$ 1.180.000	2	\$ 2.360.000	Agosto de 2018
Extractor de humo portátil para trabajo en banco	\$ 890.000	8	\$ 7.120.000	Agosto de 2018
Extractor de 28"	\$ 1.036.000	8	\$8.288.000	Agosto de 2018
Mediciones de higiene industrial	\$4.200.000	2	\$8.400.000	Agosto y octubre de 2018
Recurso humano	\$ 1.900.000	1	\$ 1.900.000	Se requiere el personal durante la ejecución del proyecto
Imprevisto	\$ 900.000	1	\$900.000	Se tendrán en cuenta durante la ejecución del proyecto
VALOR TOTAL ESTIMADO PROYECTO IVA INCLUIDO			\$ 34.268.000	

8. Conclusiones

Con respecto a los objetivos propuestos en el proyecto se realizó la fase inicial del mismo, se realizó el análisis financiero para identificar cual es la forma adecuada de impactar el riesgo identificado en Barrera y Asociados (TAR), adoptando un control parcial, dado que se programó para el mes de septiembre del 2018, la medición de higiene industrial para determinar el sistema de extracción más adecuado.

Dentro de las alternativas propuestas, se seleccionó un sistema de extracción parcial, como una solución primaria para disminuir la exposición de los trabajadores a las sustancias químicas. Este sistema de extracción permite disminuir la acumulación de los vapores que se generan en el ambiente producto de los procesos que se desarrollan en Barrera y Asociados (TAR), mejorando así el bienestar laboral de los trabajadores ya que la percepción de los vapores acumulados en el área de trabajo disminuye considerablemente.

Para Barrera y Asociados (TAR) fue de gran importancia la evaluación técnica realizada para la reducción de los niveles de contaminación en el proceso de recubrimiento electrolítico, ya que han podido encontrar las fallas que se presentan en el taller y las razones por las cuales se genera la contaminación en el área de trabajo, la implementación de los resultados de la evaluación llevará a Barrera y Asociados (TAR) al cumplimiento de lo establecido en la RESOLUCIÓN 1208 de 2003, la cual dicta las normas de prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire.

Se logra aplicar a este proyecto los conocimientos adquiridos a lo largo de la especialización en la evaluación, administración y seguimiento del SG SST, ya que basado en estos conceptos se pudo recomendar a la industria Barrera y Asociados (TAR) la forma adecuada de eliminar o controlar el riesgo existente para los empleados y comunidad de los alrededores de la industria.

9. Recomendaciones

De acuerdo al análisis realizado en Barrera y Asociados (TAR), se determinaron las siguientes recomendaciones.

- Es importante que la Administradora de Riesgos Laborales (ARL) realice las mediciones industriales para determinar con exactitud el nivel de concentración de los gases y vapores emitidos y así establecer un sistema de control definitivo que disminuya notablemente la contaminación en el proceso de recubrimiento electrolítico.
- En cuanto a los EPP, se debe realizar un cambio debido que los que actualmente son usados no cumplen con las características adecuadas para el uso de sustancias químicas, por lo que se debe adquirir nuevos EPP tales como Full Face con cartuchos para vapores ácidos, guantes de nitrilo manga larga y botas de seguridad de caucho caña alta resistente a químicos, ya que son los adecuados para el tipo de sustancias que se están manipulando actualmente.
- Debido al espacio físico con que cuenta actualmente la industria Barrera y Asociados (TAR), se tiene el cafetín o área donde los empleados toman los alimentos al interior del mismo, debido a que existe el riesgo de contaminación cruzada, se recomienda aislar adecuadamente la zona de alimentación o evaluar la posibilidad de reubicarla por fuera del área del taller reparador.
- Adecuar el área de almacenamiento de sustancias químicas y realizar el almacenamiento de acuerdo al Sistema Globalmente Armonizado (SGA), y realizar la matriz de compatibilidades para garantizar que las sustancias químicas generen algún tipo de reacción peligrosa por combinarse, ya sea de forma directa o indirecta (por medio de los vapores)

- La industria Barrera y Asociados (TAR), debe garantizar que su plan de emergencia cuente con toda la información de los peligros que conllevan la manipulación de sustancias química y por ende formar y capacitar a la brigada de emergencias para la atención de emergencias químicas al interior y exterior de la misma.
- Sensibilizar a todo el personal de La industria Barrera y Asociados (TAR) sobre lo importante del SG SST para garantizar que tengan un ambiente de trabajo seguro y saludable y participando en la implementación y mejora continua del mismo.

10. Anexos

Teniendo en cuenta la extensión de la normatividad que se referencio en el presente proyecto, a continuación, se relacionan cada una de las normas consultadas, en el orden el que se adjuntan en una carpeta para consulta del lector.

- Anexo 1: Matriz de Riesgos Taller Electroquímica, Industria Barrera & Asociados (TAR)
- Anexo 2: Decreto 948 de 1995
- Anexo 3: Decreto 1477 de 2014
- Anexo 4: Guía de producción más limpia para el sector recubrimientos electrolíticos en Colombia
- Anexo 5: NTP 265
- Anexo 6: Resolución 1111 de 2017
- Anexo 7: Resolución 1208 de 2007

11. Bibliografía

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (31 de Julio de 2002). *Decreto 1609 de 2002 Nivel Nacional*. Obtenido de Alcaldía Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6101>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (05 de Junio de 1995). *Decreto 948 de 1995*. Obtenido de Alcaldía Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1479>
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (05 de Septiembre de 2003). *Resolución 1208 de 2003. Departamento Administrativo de Medio Ambiente*. Obtenido de Alcaldía Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9845>
- Aspectos Químicos de las Sustancias*. (s.f.). Obtenido de Who: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_8.pdf?ua=1
- CHINCHILLA VELAZCO, J. (1996.). *Análisis y diagnóstico de la calidad del aire ambiente en Barrancabermeja*. Bogotá D.C: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías.
- Fiasco Forero, L., & Tupaz Enríquez, M. M. (2015). *Propuesta para el Manejo de Residuos Químicos en los Laboratorios de Química de la Universidad de Nariño*. Manizales: Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas.
- Grupo de estudios ambientales. (s.f.). *Siame*. Obtenido de http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/INDUSTRIAL%20Y%20MANUFACTURERO/Guias%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20ambientales%20para%20recubrimientos%20electrol%C3%ADti
- ICONTEC. (22 de julio de 1998). *NTC 4435 Transporte de Mercancías. Hojas De Seguridad Para Materiales*. Obtenido de MinTransporte: <http://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Reglamento/Anexos/NTC4435.pdf>
- ICONTEC. (30 de noviembre de 2005). *NTC 1692. Transporte. Transporte de mercancías peligrosas, Definiciones, Clasificación, Marcado, Etiquetado y Rotulado*. Obtenido de MinTransporte: <http://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Reglamento/Anexos/NTC1692.pdf>
- Lenntech. (s.f.). *Propiedades químicas del cromo, efectos del cromo sobre la salud, efectos ambientales del cromo*. Obtenido de Lenntech: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cr.htm>
- Mantilla Viancha, F. N., & Martínez Florez, M. d. (2009). *Propuesta para el manejo de los residuos generados en los procesos de zincado, pavonado y fosfatizado de la empresa Ingezinc Ltda*. Bogotá : Fundación Universitaria de América. Facultad de Ingeniería.

MERCK. (s.f.). *Ficha de datos de seguridad de Cadmio*. Obtenido de Merck MiliPore: http://www.emdmillipore.com/Web-US-Site/en_CA/-/USD/ProcessMSDS-Start?PlainSKU=MDA_CHEM-119777&Origin=PDP

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. (s.f.). *NTP 244: Criterios de Valoración en Higiene Industrial*. Obtenido de InshtWeb: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_244.pdf

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. (s.f.). *NTP 265: Tratamientos electrolíticos: riesgos higiénicos*. Obtenido de InshtWeb: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_265.pdf.

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. (s.f.). *NTP 587: Evaluación de la exposición a agentes químicos: Condicionantes Analíticos*. Obtenido de InshtWeb: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_587.pdf

ThermoFisher Scientific. (s.f.). *Ficha de datos de seguridad Cianuro de plata*. Obtenido de Alfa: <https://www.alfa.com/es/content/msds/SouthAmerican/11424.PDF>