

GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE LA EXPOSICIÓN A METALES  
PESADOS EN TRABAJADORES DE MATERIAL ELECTRÓNICO Y ELECTRÓNICO  
(RAEE) EN COLOMBIA

Dra. Marínela Ruiz Villalta

Dra. Maryen Quintero Báez

Dra. Mayi Lilian Sánchez Garzón

Universidad el Bosque

Facultad de Medicina

Especialización en Salud ocupacional

Bogotá, Colombia

Junio 2019

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

GUÍA PARA EL MONITOREO BIOLÓGICO DE LA EXPOSICIÓN A METALES  
PESADOS EN TRABAJADORES DE MATERIAL ELECTRÓNICO Y ELECTRÓNICO  
(RAEE) EN COLOMBIA

Línea de investigación:

Determinación del efecto de la exposición

Trabajo de grado como requisito para Optar al Título de:  
**Especialista en Salud Ocupacional**

Dra. Marínela Ruiz Villalta

Dra. Maryen Quintero Báez

Dra. Mayi Sánchez Garzón

ASESORES:

Ing. Lidy Yadira Cetina Castillo

Dr. Carlos Efraín Cortés Sánchez

Especialización en Salud Ocupacional

Bogotá, Colombia

2019

Categoría de Aprobación: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Director de Investigaciones

\_\_\_\_\_  
Director de la División de Postgrados

\_\_\_\_\_  
Director del Programa

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
JURADO

Bogotá D.C., Junio de 2.019

*«La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia».*

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales, antes que nada; a Dios, por la vida y las oportunidades brindadas para la culminación de este proyecto.

Agradecimientos a la Ingeniera Lidy Yadira Cetina Castillo, profesora de la especialización en salud ocupacional e higiene industrial y directora principal del proyecto de grado. Pues de no haber sido gracias a sus amplios conocimientos y experiencia en la industria, no habría sido posible el desarrollo de esta investigación.

Por supuesto al Doctor Carlos Cortés por su importante apoyo en el campo de vigilancia en la salud.

A la Universidad el Bosque, por su aporte a la formación y crecimiento profesional continuo de sus estudiantes.

A todo el cuerpo docente de la especialización por la contribución en términos de conocimiento y experiencia en el campo.

A la empresa gestora de RAEE por permitir la intervención a los procesos que desarrollan las empresas dedicadas al reciclaje de materiales eléctricos y electrónicos.

*Dedicamos este trabajo a nuestros padres, quienes han sido un apoyo incondicional en esta importante etapa de nuestras vidas, ya que, sin su paciencia y comprensión, esto no podría haber sido posible.*

*Gracias.*

## LISTADO DE SIGLAS UTILIZADO

- RAEE:** Residuos de Aparatos Eléctricos y electrónicos
- AEE:** Aparatos eléctricos y electrónicos
- PNUMA:** Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas
- ILO:** Organización Internacional del Trabajo
- MERCOSUR:** Mercado común del sur
- OEA:** Organización de estados americanos
- SICA:** Sistema de la Integración Centroamericana
- NIOSH:** Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional
- ACGIH:** Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
- OSHA:** Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
- AIHA:** Asociación Americana de Higiene Industrial
- GTC:** Guía Técnica Colombiana
- MAK:** *Maximale Arbeitsplatz- Konzentration* (máxima concentración admisible)
- IARC:** Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer
- NCELS:** Nueva Exposición a Sustancias Químicas Límite
- EPA:** Agencia de Protección Ambiental para los Estados Unidos
- INRS:** Institut National de Recherche et de Sécurité

## CONTENIDO

1.	<i>Planteamiento del problema de investigación</i>	15
1.1	Antecedentes	15
1.2.	Justificación	19
2.	<i>Marco conceptual</i>	26
3.	<i>Estado del arte</i>	32
4.	<i>Objetivos</i>	49
4.1	General	49
4.2	Específicos:	49
5.	<i>Metodología.</i>	50
5.1	Diseño metodológico	50
6.	<i>Consideraciones éticas</i>	52
7.	<i>Caracterización del trabajador en el proceso de trabajo</i>	53
7.1	Matriz de identificación de peligros y valoración del riesgo para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	53
7.2	Lista de chequeo	63
7.3	Diagrama de procesos para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	67
7.4	Gestor de RAEE	67

8.	<i>Criterios técnicos y metodológicos para el monitoreo biológico de la exposición.</i>	70
8.1	Marco legal	70
8.2	Indicadores biológicos de la exposición	74
8.3	Estrategia de muestreo para el monitoreo biológico de la exposición .	83
8.3.1	<i>Evaluación cualitativa de la exposición</i>	83
8.4	Historia clínica de exposición a metales pesados para la industria de RAEE	87
8.5	Flujograma para el seguimiento de la exposición a metales pesados	98
8.6	Criterios de elegibilidad del laboratorio clínico toxicológico	102
9.	<i>Guía para el empleador</i>	106
10.	<i>Discusión</i>	108
11.	<i>Conclusiones</i>	115
12.	<i>Recomendaciones</i>	119
13.	<i>Bibliografía</i>	125
14.	<i>Anexos</i>	152
13.1	Recursos	152
13.2	Cronograma de actividades	153
13.3	Matriz de identificación de peligros y valoración del riesgo, para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.	155
13.4	Lista de chequeo para los centros Gestores de RAEE	155

13.5 Diagrama de procesos para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos _____	155
13.6 Matriz de Requisitos legales para la industria de los RAEE _____	155
13.7 Matriz de indicadores biológicos de exposición a metales pesados derivados de la industria de RAEE _____	155
13.8 Formato de recolección de datos para la evaluación cualitativa de la exposición	156
13.9 Historia clínica de exposición a metales pesados para la industria de RAEE ____	157
13.10 Base de datos para el procesamiento de la información y análisis de la Historia Clínica de RAEE _____	164
13.11 Flujograma para el seguimiento de la exposición a metales pesados _____	164

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Número de resultados encontrados en base de datos.	33
<i>Tabla 2</i> Resultados de búsqueda sistemática en bases de datos.	34
<i>Tabla 3</i> Estrategia para el desarrollo de los objetivos propuestos.	50
<i>Tabla 4</i> Nivel de Aceptabilidad del Riesgo	56
<i>Tabla 5</i> Proporción de Riesgo	57
<i>Tabla 6</i> Clasificación de riesgo según el nivel de aceptabilidad	58
<i>Tabla 7</i> Ítems de lista de chequeo.	64
<i>Tabla 8</i> Indicadores biológicos de la exposición a metales pesados en gestores de RAEE en Colombia:	76
<i>Tabla 9</i> Recursos requeridos para el trabajo	152
<i>Tabla 10</i> Cronograma de actividades.	154

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1</i>	<i>Layout gestor de RAEE primer piso</i>	69
<i>Ilustración 2</i>	<i>Layout gestor de RAEE segundo piso</i>	69
<i>Ilustración 3</i>	<i>Esquema de evaluación simplificada de riesgo por inhalación</i>	83
<i>Ilustración 4</i>	<i>Página web de INSST número 1</i>	86
<i>Ilustración 5</i>	<i>Página web de INSST número 2</i>	87
<i>Ilustración 6</i>	<i>Signo de Burton o ribete de Gilbert</i>	93

Esta investigación parte del creciente auge de la industria del RAEE en Colombia y tiene como objetivo la creación de una guía para el monitoreo biológico de la exposición a metales pesados en trabajadores de material electrónico y electrónico (RAEE) en Colombia. Está realizada con base en la revisión exhaustiva de la literatura científica nacional, internacional, normatividad legal vigente e investigación relacionada con el tema.

Instituciones como OSHA, NIOSH, FIOH, AGCIH, EPA, OMS y la Comunidad de investigación alemana, son los referentes para la vigilancia de los expuestos a metales pesados en la industria de los RAEE, pues aportan información y valores guía para la vigilancia y control de los trabajadores. asimismo, se lograron establecer los signos y síntomas derivados de la exposición a metales pesados identificados en los aparatos eléctricos y electrónicos.

El primer paso, es la caracterización del trabajador en su proceso y sus relaciones con el mismo, seguidos de la definición de criterios técnicos como el ¿Qué y cuando hacer? y el ¿Cómo hacer? en el caso de los metodológicos para el monitoreo biológico de la exposición. Que a través de la recopilación de los biomarcadores encontrados en las fuentes descritas, dan como resultado el planteamiento de una estrategia.

Palabras clave: Exposición Ocupacional, Metales Pesados, RAEE, Monitoreo Biológico, Cancerígeno.

This research is part of the growing WEEE industry in Colombia and aims to create a guide for the biological monitoring of exposure to heavy metals in workers of electronic and electronic material (WEEE) in Colombia. The exhaustive investigation of national, international scientific literature, current legal regulations and research related to the subject.

Institutions such as OSHA, NIOSH, FIOH, AGCIH, EPA, WHO and the German research community, are the references for the surveillance of heavy metals in the WEEE industry, since they provide information and guide values for surveillance and control of workers. In addition, the signs and symptoms of exposure to heavy metals and electrical and electronic equipment were established.

The first step, the characterization of the worker in his process and his relations with it, followed by the definition of technical criteria such as What and when to do? and the How to do? in the case of methods for the biological monitoring of exposure. That through the collection of biomarkers are found in the sources described, as a result the approach of a strategy.

Keywords: Occupational Exposure, Heavy Metals, WEEE, Biological Monitoring, Carcinogenic.

## 1. Planteamiento del problema de investigación

### *1.1 Antecedentes*

Desde la creación de la primera computadora y hasta nuestros días, se ha venido evidenciando un crecimiento exponencial en términos de aparatos eléctricos y electrónicos, lo cual ha provocado un incremento acelerado de tecnología obsoleta, y a su vez, una creciente ola de basura electrónica, generando un alto impacto en el ambiente y en la salud a nivel global.

A esto se le conoce como RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos), Y hace referencia a *«Todos aquellos aparatos que para funcionar necesiten de corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos generadores, transmisores y de medición de tales corrientes»* (1). Según un reporte de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) *«La generación de desechos electrónicos se ha incrementado a 44,7 millones de toneladas métricas anuales, lo que equivale a casi 4.500 torres Eiffel»* esto es equivalente a 6,1 kilogramos de desechos electrónicos al año por habitante en 2016 y se proyecta un crecimiento de 52.2 millones de toneladas métricas equivalentes a 6.8 kg / habitante (2) para el año 2021. Esto quiere decir, que en promedio la tasa de crecimiento anual está entre el 4% y 5%, de esta cantidad. Y se estima que en reportes formales (1) de residuos en aparatos eléctricos y electrónicos sólo se efectuaron 6,5 millones de toneladas, (16 % del total generado), es decir que el 84% restante de desechos, no tuvieron una adecuada disposición final y están siendo gestionados por la industria informal o no han tenido un reporte adecuado frente a los entes de control, lo que deja un vacío de

información importante en la estadística mundial haciendo más difícil lograr dimensionar la gravedad del problema.

En Colombia según las estadísticas entregadas a la Política Nacional de gestión de RAEE, elaboradas por el Ministerio de Ambiente para el año 2.014, se evidenciaron 252.000 toneladas de RAE domésticos, equivalentes a 5,3 kilogramos por habitante sobre una base de 47,71 millones de habitantes (1). En Bogotá, un estudio de la Secretaría Distrital de Ambiente en 2.011 reveló que para el año anterior *«la capital del país generó 21.959 toneladas de estos aparatos, de las cuales tan solo 1.400 fueron tratadas por empresas autorizadas para su manejo. De este total, el 39,8 % (8.748) fueron neveras y lavadoras; el 38,7 % (8.511) equipos de sonido, televisores, hornos, reproductores de DVD y licuadoras y el 18,5 % (4.068) computadores y celulares»* (3).

El aprovechamiento de los RAEE toma gran prioridad hoy día, pues propende atenuar el impacto en el ambiente y la salud, rescatando el valor remanente de estos a través de la recuperación de materias primas reutilizables y con valor agregado en la industria.

Es pertinente recordar, que muchos de los componentes derivados de estos elementos tienen un alto valor monetario en el mercado y por lo mismo constituyen un medio económico importante que no puede ni debe perderse. estos residuos son recursos naturales no renovables y su aprovechamiento cobra gran importancia. Sin embargo, algunos materiales, aunque son indispensables para mantener una economía adecuada, representan un riesgo potencial en la salud de los trabajadores que están en contacto con ellos, lo que

hace indispensable la búsqueda de estrategias para mitigar el impacto que de este se pueda derivar.

Así pues, la gestión de residuos en países en vías de desarrollo son manejados de diversas maneras, como lo es: el almacenamiento y/o descarga en vertederos municipales(4), desensamble, desmantelamiento, trituración, quema e incluso exportación (5), como lo practican algunas naciones desarrolladas a países en vías de desarrollo, como lo expresa PNUMA<sup>1</sup>(2005) *«...Los países ricos, dejan sus dispositivos antiguos en países en desarrollo, a veces legalmente "caridad", a veces ilegalmente como desperdicio liberándose por lo tanto del problema de la eliminación de desechos...»(5).*

Según la Agencia para la Protección del medio ambiente (EPA), el uso de vertederos para realizar disposición final de residuos electrónicos es una de las grandes problemáticas ambientales. Un alto riesgo de contaminación de aguas y del ecosistema en general es un riesgo elevado a causa de las fugas en estos colectores. En el año 2.000 más de 4,6 millones de toneladas de desechos electrónicos acabaron en vertederos nacionales (5). Y a menudo, muchos de los trabajadores que manipulan dichos elementos en la industria informal del reciclaje no cuentan con los elementos mínimos de protección personal, siendo víctimas frecuentes de exposición a la liberación de gases, soluciones ácidas, el humo tóxico y las cenizas contaminadas (5), siendo estas, solo algunas de las mas peligrosas amenazas.

---

<sup>1</sup>PNUMA: Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas

Según algunos datos recolectados el pasado lunes 13 de Agosto de 2018, en el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se contempla que en la actualidad existen en Colombia aproximadamente 54 empresas destinadas al procesamiento de desechos electrónicos de las cuales, 47 están legalmente constituidas y cuentan con licencias ambientales vigentes, aportando significativamente a los índices de empleo en el país. Sin embargo, con el crecimiento de esta industria, se aumenta drásticamente la exposición en los operarios a metales pesados, así como a materiales ignífugos, bromados y halogenados derivados de la manipulación y disposición final de los AEE<sup>2</sup>.

Se pueden encontrar al menos 60 elementos químicos en diversos componentes electrónicos complejos, incluidos plomo, cadmio, cromo, mercurio, cobre, manganeso, níquel, arsénico, zinc, hierro, aluminio y otros; muchos de los cuales son potencialmente peligrosos. Estos metales son utilizados en productos tales como computadores (placas de circuitos), chips de semiconductores, tubos de rayos catódicos, revestimientos y baterías (6); los cuales pueden ocasionar problemas tiroideos, complicaciones pulmonares y cáncer entre otros, (7).

Según una revisión sistemática realizada por Grant et al. (2013), se lograron detectar asociaciones entre la exposición a materiales electrónicos productos del reciclaje y afectaciones en la salud dadas por alteraciones en la función tiroidea, salud reproductiva, salud mental, alteración de la función pulmonar y cambios importantes de la función

---

<sup>2</sup>AEE: Aparatos eléctricos y electrónicos

celular, además de una mayor incidencia en población vulnerable (menores de edad, adulto mayor, mujeres en estado de embarazo y población de bajos recursos) (8).

Cuando se lleva a cabo el proceso de reciclaje; los metales pesados pueden entrar en el cuerpo de los trabajadores a través del aire vía nasal, bucal por ingestión o dermatológica en el caso de exposición cutánea, causando daños a varios órganos tales como: el hígado, los riñones, los ojos, los pulmones, etc.(4) pues toda esta exposición derivada del trabajo, puede llegar a empeorar cuando los trabajadores no son conscientes de los peligros que esto conlleva gracias a las prácticas inadecuadas de aseo o la falta de uso de equipos de protección personal.

Otros estudios realizados en plantas de procesamiento de los RAEE a cargo de Ceballos D. (2.016), evidenciaron niveles elevados de metales pesados y concentraciones importante de sustancias químicas tales como Plomo, Cobre, Cadmio, Mercurio, Indio y otros, tanto en trabajadores de la industria como en vecindarios aledaños a empresas formales e informales dedicadas al tema, sin embargo, lo que llama la atención de estos estudios es que incluso las familias de los trabajadores (niños), presentaron niveles elevados de Plomo(9), empeorando aún más el panorama.

### *1.2. Justificación*

Como puede verse en el planteamiento del problema, el creciente auge tecnológico y la industrialización global que se ha venido suscitando en las últimas décadas junto con la creación de nuevos aparatos eléctricos y electrónicos con una vida útil cada vez más corta, han generado un aumento exponencial en términos de residuos. De ahí, el origen de la

necesidad de generar modelos de industrias dedicadas al aprovechamiento y disposición final de los RAEE y consigo el riesgo para los trabajadores en la exposición a metales pesados y sustancias químicas potencialmente cancerígenas; muchas de las cuales son liberadas durante procesos de desmantelamiento de equipos, incineración y/o fundición de estos.

La exposición a sustancias químicas derivadas de los desechos electrónicos está ligada a la clase de industria en el cual se desarrolla la actividad, ya sea formal o informal, esta «formalidad» está dictaminada por el grado de tecnificación de la planta, así, se puede evidenciar que en la primera se encuentra un mayor grado de exposición a sustancias derivadas del reciclaje, (8) esto debido a que gran parte de ellas no cuentan con las licencias ni permisos exigidos por los entes de control, lo que implica un elevado costo, generando así, un alto impacto ambiental debido al precario almacenamiento de los aparatos, disposición final inapropiada de los mismos y riesgo para el trabajador de esta industria.

En Colombia existen 36 empresas con licencias ambientales vigentes para almacenar, aprovechar, tratar y/o disponer finalmente los RAEE (1), 13 de estas, son exportadoras de materiales y componentes derivados del reciclaje a países como «China (50,2 %), Estados Unidos (8,5 %), Hong Kong (8,2 %), España (6,8 %), Corea del Sur (4,9 %), Holanda (4,1%), Taiwán (3,6 %), Bélgica (2,1 %) y otros 27 países (11,7 %)»(1). Siendo la mayoría de los contaminantes orgánicos de estructura lipofílica y bioacumulativa, implicando más resistencia a la descomposición debido a la larga vida media que poseen (4).

Como se ha determinado, los RAEE son un problema de carácter global que por su naturaleza han llevado a generar una serie de legislaciones y convenios internacionales para su regulación. un ejemplo claro de esto es el Convenio de Basilea<sup>3</sup>. sobre el control de movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación (1989), Convenio de Rotterdam<sup>4</sup> (1.998), Convenio de Estocolmo<sup>5</sup> (2.001) (10).

En Latinoamérica, la ILO<sup>6</sup> informa que se ha tenido una lenta evolución hacia la constitución de un marco legal. Costa Rica es pionero en gestionar legislaciones que regulen esta problemática. Acuerdos regionales como Mercosur<sup>7</sup>, OEA<sup>8</sup> y SICA<sup>9</sup> han ordenado a sus estados miembros promulgar políticas que regulen y gestionen los RAEE (10).

En Colombia ya se ha avanzado en la generación del marco legal, leyes como la 1672 del 19 de julio de 2013 *«por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*

---

<sup>3</sup>Convenio de Basilea sobre control de movimientos transfronterizos de peligrosos residuos y su eliminación

<sup>4</sup>Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento informado previo para ciertos productos químicos y plaguicidas peligrosos en Comercio internacional

<sup>5</sup>Convenio de Estocolmo en Contaminantes Orgánicos Persistentes

<sup>6</sup>ILO: Organización Internacional del Trabajo

<sup>7</sup> MERCOSUR: Mercado común del sur; Acuerdo de 2006 ordena a sus estados miembros, Argentina, Paraguay, Uruguay y Brasil, para tomar acciones nacionales para garantizar la responsabilidad post-consumo por productores e importadores (12)

<sup>8</sup> OEA: Organización de estados americanos; en su conferencia en Santo Domingo en 2006, declaró su disposición a prevenir y mitigar los efectos negativos asociados con el uso de las TIC a lo largo de todo el ciclo de vida del producto (12)

<sup>9</sup>SICA: Sistema de la Integración Centroamericana; está desarrollando un modelo de ley sobre residuos

*(RAEE) y se dictan otras disposiciones<sup>10</sup>, tiene por objeto, según el artículo 1º, establecer los lineamientos para la política pública de gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) generados en el territorio nacional» (1).*

La resolución 1511 de 2.010<sup>11</sup> (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2.010) «*por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas y se adoptan otras disposiciones*» (11). Asimismo el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible reglamentó a través del Decreto 2041 de 2014<sup>12</sup> las pautas de las licencias ambientales para la construcción y operación de instalaciones cuyo principal objetivo sea el almacenamiento, tratamiento, recuperación, reciclado y/o disposición final de los RAEE (12) y el Decreto 1072 del 2015 «*Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo*» (13).

Dado el contexto anterior se refuerza la importancia de crear estrategias metodológicas que permitan monitorear tanto el ambiente laboral como la operación de los empleados que trabajan en esta industria. Por tal efecto, El NIOSH<sup>13</sup> a través del Programa de Evaluación de Peligros para la Salud (HHE), ha llevado a cabo múltiples inspecciones a empresas dedicadas a la gestión del RAEE, dónde realizan la vigilancia de la exposición ocupacional a través del monitoreo biológico evidenciado exposiciones a metales pesados tales como Plomo y Cadmio(14)(15), uno de los puntos más críticos de estos estudios y que vale la

---

<sup>10</sup>Ley 1672 2013 del congreso de la república

<sup>11</sup>Resolución 1511 del 2010 del Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial

<sup>12</sup>Ley 99 1933 de la constitución política de Colombia decreto 2041 del 2014

<sup>13</sup>NIOSH: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional

pena resaltar, es el hallazgo de metales pesados no solo en el trabajador sino en su entorno familiar y en especial en los niños, es por esto que NIOSH hace recomendaciones importantes tales como; «... (1) Reducir la exposición en el lugar de trabajo, (2) cambiarse de ropa antes de irse a casa y dejar ropa sucia en el trabajo para lavar, (3) guardar la ropa de calle en áreas separadas de la ropa de trabajo, (4) ducharse antes de dejar el trabajo, y (5) prohibir la eliminación de sustancias tóxicas o artículos contaminados del lugar de trabajo...» (14).

La mayoría de estas investigaciones fueron realizadas en empresas formales de reciclaje en países desarrollados con alto grado de tecnificación en su industria (14) (15) no obstante, se hallaron falencias importantes que aumentan el riesgo de exposición para los trabajadores. La normatividad colombiana cuenta con la estructuración de la tabla de enfermedades laborales estipulada en el Decreto 1477 del 2014<sup>14</sup> segmentada según su etiología en la sección I específicamente por agentes químicos (Arsénico, Berilio, Bromo, Cadmio, Cromo, Plomo). En la sección II parte B “Enfermedades clasificadas por grupos y categorías” encontrando más de 40 de estas, entre las cuales se hayan alteraciones en la función tiroidea, cambios celulares, abortos, partos prematuros, óbito fetal, RCIU (Restricción del Crecimiento Intrauterino) trastornos mentales, de comportamiento y disminución de la función pulmonar.

En niños de entre 8 y 9 años, se han documentado alteraciones de la función pulmonar, además de correlaciones negativas significativas entre las concentraciones de Cromo en sangre y por otra parte capacidad vital forzada alterada en niños entre los 11 y 13

---

<sup>14</sup>Decreto 1477 del 2014 “Por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales”

años, (16); ubicando este oficio como riesgo laboral tipo V, debido a que muchos de estos metales pesados son sustancias con efectos cancerígenos comprobados convirtiéndose en una actividad de alto riesgo<sup>15</sup>.

En la II Encuesta Nacional de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el Sistema de Riesgos Laborales realizada en el año 2013 por el Ministerio de Trabajo en Colombia, se determinó que el sector del reciclaje no fue tenido en cuenta para este estudio, creando aún más incertidumbre sobre la condición en la que se encuentra actualmente la población trabajadora de este sector (17).

Es por esto por lo que se hace necesaria la realización de una guía para el monitoreo biológico de la exposición a metales pesados en trabajadores de centros de reciclaje de RAEE en un País como Colombia; en donde el grado de formalidad y tecnificación de la industria es bajo (1) (18) y las regulaciones de los entes gubernamentales están presentes a través de resoluciones previamente mencionadas<sup>16</sup>.

Se hace pertinente crear estrategias para mantener un ambiente controlado logrando establecer tácticas que disminuyan el riesgo para el trabajador. Esto se logrará a través de la identificación de rutas de exposición (inhalatoria, dérmica y/o entérica); caracterizando al trabajador y su ambiente laboral, ofreciendo herramientas que ayuden a realizar un

---

<sup>15</sup> Decreto 2090 del 2003 “*Por el cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades*”

<sup>16</sup>Resolución 2400 de 1979 “*por lo cual se establecen algunas disposiciones sobre la vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo*”

adecuado monitoreo biológico y así lograr un control en la fuente de exposición para disminuir los posibles efectos en salud derivados de este.

## 2. Marco conceptual

La producción mundial de aparatos eléctricos, electrónicos y en particular tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) asociado a la globalización industrial, han suscitado una serie de avances tecnológicos y al mismo tiempo una cascada de problemas como ya se ha mostrado previamente para el ecosistema y la salud de las personas tras la exposición potencial a los mismos. En ese orden de ideas, se crea la necesidad de elaborar estrategias metodológicas que permitan monitorear y controlar el riesgo potencial de los trabajadores a través de la manipulación de estos componentes mediante una **guía** definida por Colciencias<sup>17</sup> y adaptada a la salud ocupacional, como un conjunto de recomendaciones desarrolladas de forma sistemática para ayudar a trabajadores y empleadores a tomar decisiones sobre la conducta más apropiada, ayudando a la selección de la opción diagnóstica de evaluación o de control más acorde según sea el tipo de exposición a determinar (19).

Esto se realiza a través de la «**vigilancia**» que se expresa como la «*recopilación continuada y sistemática de datos, su análisis e interpretación y la adecuada difusión de los mismos*»(20) y en especial, se lleva a cabo por medio de la **vigilancia de la salud en el trabajo** y comprende la recopilación, análisis e interpretación; a través de la difusión continuada y sistemática de datos en aras de la prevención, siendo indispensable para la ejecución y posterior evaluación de los programas de seguridad y salud en el trabajo,

---

<sup>17</sup>Colciencias: El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación es la entidad encargada de promover las políticas públicas para fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia

logrando así un control de los trastornos y lesiones relacionados con el trabajo, al igual que para la protección y promoción de la salud de los trabajadores(20).

Por lo anterior se hace indispensable entender que cuando se habla de **expuesto** según Leonardo Carbone Camps, se hace referencia a que *«cuando se establece contacto con algo que la puede dañar,... expresado de forma cualitativa (si/no)»* ahora bien, la **exposición** habla de *«cuando lo que se pone en contacto con la persona lo daña, cualquiera sea la magnitud del daño, esto es cualesquiera que sean las consecuencias del contacto,... se expresa de forma cuantitativa»* (21).

Es así como se considera pertinente estudiar el grado de **exposición ocupacional** definida como *«el acto o condición de estar por razones de trabajo, en contacto dérmico, por inhalación o ingestión, con un agente contaminante, durante un período de tiempo determinado»*, a través del **monitoreo biológico** definido en la ACGIH<sup>18</sup> como *«un medio para evaluar la exposición y el riesgo para la salud de los trabajadores»*, esto a su vez lleva a *«la medición de la concentración de un determinante químico en los medios biológicos de los expuestos y es un indicador de la absorción de una sustancia»*(22), OSHA<sup>19</sup> lo define como *«la evaluación de la exposición humana mediante la medición de marcadores químicos internos de exposición, como el agente químico en sí y/o uno de sus metabolitos o un cambio bioquímico relacionado con la exposición. no relacionado o*

---

<sup>18</sup>ACGIH: Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales

<sup>19</sup>OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional

*relacionado con la enfermedad, en muestras biológicas humanas como orina, sangre o aliento exhalado» (23).*

Para realizar un monitoreo biológico es necesario tomar como referencia los **Índices de Exposición Biológica (BEIs<sup>®</sup>)**, los cuales son valores guía de algún parámetro biológico que mide la exposición total a sustancias químicas presentes en el trabajo, además del **Valor Límite permisible (TLV<sup>®</sup>)** que se refiere a *«las concentraciones de sustancias químicas en el aire y representan condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, durante la vida laboral, sin efectos adversos para la salud» (24).*

Es así como el monitoreo biológico en la salud ocupacional, puede ayudar a detectar la absorción a través de vías de ingreso tales como: parenterales, enterales, dérmicas y/o de inhalación; evaluando la carga corporal y detectando exposiciones no ocupacionales entre trabajadores, útiles a la hora de probar los equipos de protección personal y en general para monitorear las prácticas laborales (22), tomados a través de **biomarcadores** preestablecidos definido por el NIOSH<sup>20</sup> como *«Un cambio biológico, bioquímico o estructural que sirve como indicador de un daño potencial a los componentes celulares, células enteras, tejidos u órganos» (25).*

Los biomarcadores, según el tipo, pueden clasificarse en **Indicadores de dosis**; encargados de suministrar información sobre dosis internas de un compuesto expresado en dosis real

---

<sup>20</sup>NIOSH: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional

(dosis de xenobiótico en el cuerpo) y dosis efectiva siendo esta el reflejo entre la interacción del tóxico y el órgano. **Indicador de efecto**, que puede ser bioquímico, fisiológico ó biológico precoz, estos generadores de manifestaciones iniciales de los efectos adversos. **Indicadores de Acumulación** (diaria o semanal), que muestran la concentración almacenada del compuesto acumulada en los compartimientos biológicos (23)(25).

En este caso particular, se hace énfasis en el monitoreo biológico de **metales pesados** presentes comúnmente en los RAEE, definidos como elementos químicos de elevado peso atómico por encima de 20, alta densidad (mayor a 4 g/cm<sup>3</sup>) potencialmente tóxicos ambientales, muy peligrosos y cuyas características comunes son: persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad, generadores de lesiones a órganos blancos y potencial carcinogénesis de larga latencia, efectos altamente letales y con degradación natural difícil. Algunos de estos elementos son: Aluminio (Al), Bario (Ba), Berilio (Be), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Estaño (Sn), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Arsénico (As), Cromo (Cr), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), Plata (Ag), Selenio (Se), Talio (Tl), Vanadio (Va), Oro (Au) y Zinc (Zn)(26).

Es por esto que los residuos eléctricos y electrónicos **RAEE** definidos como *«todos los aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes»* (1), por sus características, contienen elementos tóxicos potencialmente cancerígenos y deben tener una disposición final diferente a los desechos convencionales. Es aquí, donde surgen los

centros **gestores de RAEE**, definidos en la ley 1672 del 2013<sup>21</sup> como «*Persona natural o jurídica que presta en forma total o parcial los servicios de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)*”(27); en los que se desarrollan procesos de **desensamble**, parciales o completos, que consisten en “*separar los principales componentes o partes de componentes que conforman los residuos de aparatos eléctricos o electrónicos*», y donde se extraen los elementos potencialmente tóxicos, evitando así que los componentes contaminados terminen en fracciones aprovechables para reciclar y facilitando su manejo posterior, a este proceso se le llama **descontaminación**(28).

Es muy frecuente que en países desarrollados se dé el **desensamble mecánico (trituration)** que consiste en pasar los residuos a través de una trituradora de cadena donde son destruidos (28); mientras que en países en vías de desarrollo, el **desensamble manual** es el método por elección y consiste básicamente en separar los principales componentes que los conforman de forma manual (18), esta sigue siendo una alternativa viable y rentable generadora de la mayoría de empleos en la industria del reciclaje y especial por requerir de mano de obra sin experiencia.

Es común que los RAEE pasen por procesos alternos como lo son **la fundición y la refinación térmica y química**; donde se funden la mayoría de los metales ferrosos para su aprovechamiento y se hace una recuperación de los metales nobles, no ferrosos y por

---

<sup>21</sup> Ley 1672 del 2013 del Congreso de la república de Colombia, por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones

último los componentes que no son aprovechables, sin valor en el mercado o tóxicos son incinerados (28).

### 3. Estado del arte

Fue realizada la búsqueda sistemática de la literatura científica reciente (últimos 5 años) sobre la exposición a metales pesados en la industria de los RAEE, localizados en bases de datos de revistas indexadas como; Science direct, Pub Med, ProQuest, Springer Link, Fuentes Institucionales (OIT), Journal of Occupational and Environmental Medicine, Repositorios institucionales de Tesis y Trabajos de Grado, utilizando términos claves junto con ecuaciones de búsqueda tales como: *Occupational exposure and health the effects and e-waste, Occupational exposure and heavy metals not animals, health the effects and heavy metales.*

Y teniendo en cuenta criterios de inclusión como publicaciones no mayores a 5 años en ingles y/o español de artículos originales en revistas de temas de salud con exposición documentada a metales pesados en materiales derivados del reciclaje de RAEE ; se encontraron aproximadamente 1.950 artículos de los cuales se excluyeron estudios con enfoque en impacto ambiental, investigación en animales, exposición de origen no ocupacional y exposición no derivada de la manipulación de RAEE, logrando filtrar 150 artículos de los cuales se excluyeron los relacionados con la exposición a otros contaminantes (PBDE, PCB y PCDD / Fs) en aras de enfocar la investigación y se seleccionaron un total de 18 que cumplen con los criterios previamente mencionados obteniendo los siguientes resultados (Tabla 1).

**Tabla 1** Número de resultados encontrados en base de datos.

<b>Origen del artículo</b>	<b>Cantidad de artículos</b>
Sciencedirect	4
Springer Link	5
Pub Med	2
ProQuest	1
Journals	2
Fuentes Institucionales (OIT) (EHP)	2
Repositorios institucionales de Tesis y Trabajos de Grado	2

Fuente: Elaboración propia

De cada artículo se infiere la idea principal y se relacionan tanto los autores como el año de publicación y fuente de este obteniendo la siguiente información, (Tabla 2).

**Tabla 2** Resultados de búsqueda sistemática en bases de datos.

<b>AUTORES</b>	<b>FUENTE</b>	<b>AÑO DE PUBLICACIÓN</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>APORTE</b>
<b>Bouchra Bakhiyi</b> <b>Sabrina Gravel</b> <b>Diana Ceballos</b> <b>Michael A. Flynn</b> <b>Joseph Zayed</b>	Sciencedirect ELSEVIER	Enero 2018	Has the question of e-waste opened a Pandora's box? An overview of unpredictable issues and challenges.	Aquí se pone en evidencia toda la problemática emergente relacionada con la basura electrónica, mostrando grandes vacíos en la información y legislación derivada de esta. Además, deja al descubierto todos los problemas medio ambientales y de salud que generan este tipo de desechos y menciona la importancia de crear políticas que regulen el manejo de residuos sugiriendo soluciones como la creación de aparatos electrónicos con componentes menos tóxicos, el aumento del tiempo de uso de los aparatos electrónicos reduciendo los desechos sumado a la detención del comercio ilegal y la formalización de la industria entre otros (29).
<b>Manmohit Singh</b> <b>Parteek Singh Thind</b> <b>SibyJohn</b>	Sciencedirect ELSEVIER	Junio 2018	Health risk assessment of the workers exposed to the heavy metals in e-waste recycling sites of Chandigarh and Ludhiana, Punjab, India	Con este estudio de investigación se analizaron los efectos en salud de los metales pesados (As, Cu, Co, Cd, Cr, Ni, Fe, Zn , Pb, Ba); en adultos y niños operarios de un centro de residuos electrónicos informal de Chandigarh y Ludhiana, Punjab, India; a partir de muestras de suelo, polvo de las plataformas donde se realizaba dicha actividad y muestras dérmicas de los trabajadores, evidenciando una alta concentración de Ba, Cu, Pb y Zn en las muestras de suelo y polvo y Cr, Pb y Zn en las muestras dérmicas.

				<p>Como se sabe, estos metales tienen gran poder cancerígeno (factor de potencia del riesgo del cáncer) y no carcinogénico (índice de riesgo para la salud). Los peligros carcinogénicos no se reportaron en niños, sin embargo, el índice de riesgo para la contaminación del suelo y el polvo de algunos metales pesados se encontró significativo y se detectó un elevado riesgo carcinogénico en adultos para toda la vida a partir de la contaminación con Cr en muestras de suelo. Asimismo, se sugiere que es hora de crear políticas más fuertes donde los grandes productores de elementos electrónicos sean inducidos a crear aparatos con el mínimo uso de metales pesados (30).</p>
<b>Diana María Ceballos</b>	Sciencedirect	Octubre 2016	The formal electronic recycling industry: Challenges and opportunities in occupational and environmental health research	Realizó una revisión sistemática en 37 publicaciones de 4 bases de datos electrónicas específicas para exposiciones químicas en instalaciones formales de reciclaje electrónico, detectando una estrecha relación entre el tipo de industria del reciclaje (formal o informal) y la exposición ocupacional a elementos tóxicos, evidenciando que en la informal hay mayor exposición sin desconocer que en la formal también se presentan errores en la manipulación de estos elementos generando un riesgo potencial de exposición tanto para el trabajador como para sus familias (31).
<b>ZhaoDong</b>	ELSEVIER			

<b>Song, Qingbin</b>	Sciencedirect	Enero 2015	Review: A review on human health consequences of metals exposure to e-waste in China	Una revisión de estudios recientes sobre la carga corporal y los efectos en la salud humana de los metales pesados de los principales sitios de reciclaje de desechos electrónicos en China evidencia que la exposición individual a los metales pesados en los desechos electrónicos también ha causado resultados negativos en la salud, especialmente en recién nacidos y niños siendo estas las edades más afectadas (32).
<b>Li, Jinhui</b>	ELSEVIER			
<b>Peeranartkiddee</b>	Springer Link	Junio 2018	Risk assessment of lead and cadmium exposure from electronic waste recycling facilities in Southern Thailand	En esta investigación se pretendió determinar las concentraciones de plomo y cadmio en el suelo y sangre de los trabajadores de un centro de reciclaje evaluando así los riesgos en la salud. Hallazgos de elevadas concentraciones de Pb y Cd en el suelo superaron los estándares mínimos en Tailandia, Las concentraciones de plomo en sangre de los hombres fue dos veces mayor que en el de las mujeres entre tanto que las concentraciones de plomo y cadmio fue mucho mayor en las personas fumadoras acreditando de este modo una relación directa entre los altos índices de metales pesados en el suelo de estos centros de reciclaje y la exposición confirmada en los trabajadores de esta industria. (33)
<b>SomsiriDecharat</b>	Environmental Earth Sciences			
<b>Xijin Xu</b>	Springer Link	Junio 2017	Blood concentrations of lead,	Este es un estudio en una población de aldeas Guiyu en donde la principal actividad es el reciclaje de desechos electrónicos. Se tomó una
<b>Weitang Liao</b>	Environmental			

<p><b>Yucong Lin</b></p> <p><b>YifengDaiZhihua</b></p> <p><b>ShiXia Hu</b></p>	<p>Geochemistry and Health</p>	<p>cadmium, mercury and their association with biomarkers of DNA oxidative damage in preschool children living in an e-waste recycling area</p>	<p>muestra representativa de 118 niños entre 3 y 6 años, que pretendió estudiar la presencia de Hg, Cd, Pb en sangre y orina, reportando altos niveles de plomo en sangre y en menor proporción de cadmio y mercurio, estando estos por encima de los niveles permisibles. La mayoría de estos niños en los que se evidenciaron niveles peligrosamente elevados en biomarcadores, eran personas que vivían muy cerca a centros de reciclaje y con un nivel bajo de escolaridad. Se asocia la exposición con alteraciones en el ADN por daño oxidativo, aumentado así el riesgo de mutación y cáncer a futuro (34).</p>
<p><b>Jürgen Wittsiepe,</b></p> <p><b>TorstenFeldt,</b></p> <p><b>Holger Till,</b></p> <p><b>GerdBurchard,</b></p> <p><b>Michael Wilhelm,</b></p> <p><b>Julius N. Fobil</b></p>	<p>Springer Link    Noviembre 2016</p> <p>Environmental Science and Pollution Research (ESPR)</p>	<p>Pilot study on the internal exposure to heavy metals of informal-level electronic waste workers in Agbogbloshie, Accra, Ghana.</p>	<p>Hace referencia a un estudio de tipo transversal donde se analizaron muestras en sangre, orina y cabello de 75 trabajadores de un sitio de reciclaje que residían y/o trabajaban en Agbogbloshie, Accra, Ghana, buscando sustancias como cadmio, cromo y níquel. Y comparando los resultados contra 40 personas que viven en un suburbio de Accra sin exposición directa a actividades de reciclaje de desechos electrónicos, se hallaron cadmio en sangre, mercurio en orina, fibras de cabellos y se evidenció incluso mayor concentración de plomo en los controles. Se realizó una comparación de datos junto con estándares europeos y se demostró que la mayoría</p>

				sobrepasaba en mucho los niveles permisibles de estas sustancias, lo que genera gran preocupación entre los autores, debido a que la mayoría de los trabajadores son niños y adolescentes que aún están en etapas del desarrollo, concluyendo que aunque los trabajadores tienen la mayor exposición a metales pesados, se está viendo afectada la población general que tiene una relación indirecta con esta exposición y que es prioritario desde el gobierno empezar a generar estrategias para formalizar la industria del reciclado (35)
<b>AbhishekKumar</b>	Springer Link	Febrero 2016	Relationship between e-waste recycling and human health risk in India: a critical review.	Este artículo de revisión destacó la gran cantidad de desechos electrónicos tratados y concluyó que sólo una pequeña cantidad se maneja formalmente y el resto se procesa a través del sector informal. además, se abordaron vías de exposición, tanto directas como indirectas y la evaluación de los marcadores de carga del cuerpo humano determinaron asociaciones entre marcadores y la exposición a los desechos electrónicos. Concluyendo así, que los sistemas de incineración abierta y reciclaje informal debe contar con las mejores prácticas tecnológicas y ambientales disponibles, con un monitoreo adecuado y programas de concientización periódica para trabajadores y residentes. (36)
<b>Awasthi</b>	Environmental Science and			
<b>XianlaiZeng</b>	Pollution Research			
<b>Jinhui Li</b>	(ESPR)			

<b>Dong-Sheng Shen</b>	Springer Link	Marzo 2015	Bioaccessibility and health risk of heavy metals in ash from the incineration of different e-waste residues	<p>Este fue un estudio centrado en la concentración de metales pesados evidenciado en las cenizas producidas en un centro de RAEE. Este estudio sugiere que este tipo de exposición puede causar riesgos significativos para la salud de las personas a través de la ingestión, la inhalación y las vías de exposición de contacto dérmico. Se tomaron muestras de cenizas de cuatro tipos de desechos electrónicos clasificados y generados por una planta de incineración en Zhejiang, China, donde se midieron los contenidos totales y las bioaccesibilidades de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn para evaluar los riesgos para la salud de los trabajadores incineradores y los niños que viven cerca, probando que a diferencia de otro tipo de muestras derivadas del reciclaje; la ceniza se enriqueció con metal pesados y que la bioaccesibilidad de Ni, Pb y Zn fueron menores al 50%. sin embargo, se debe considerar en el cálculo del riesgo de cáncer según el origen del tipo de ceniza varía en los riesgos no cancerígenos, ya sea de filtro de bolsa ceniza (BFA)&gt;, ceniza separadora de ciclón (CFA)&gt; ó ceniza de fondo (BA) tanto para niños como para trabajadores. La exposición a las cenizas aumenta los riesgos de cáncer en los trabajadores y en los niños el riesgo es no cancerígeno; sin embargo la estimación del riesgo es compleja, incluida la toxicidad /</p>
<b>Jia-Li Shentu</b>	Environmental Science and			
<b>Yu-Yang Long</b>	Pollution Research			
<b>Yi-Jian Feng</b>				
<b>Chen-Chao Shen</b>				
<b>Xiao-Qing Tao</b>				

				bioaccesibilidad de los metales, las formas de exposición además de muchas incertidumbres y se requieren investigaciones adicionales para determinar posibles variantes en la exposición (37).
<b>Ceballos, Diana</b>	PubMed line	Junio 2017	Metal Exposures at three U.S. electronic scrap recycling facilities.	Luego de un estudio en tres centros de reciclaje se confirmó una importante exposición a metales pesados como el Plomo, Cadmio, Mercurio e Indio pero no hubo presencia de estos elementos en los marcadores bioquímicos luego de la realización del monitoreo biológico a través de la caracterización de los empleados, otorgando recomendaciones de ingeniería y administrativos junto con la importancia del uso de los EPPs a los la industria en estudio. (38)
<b>Beaucham, Catherine</b>	Journal of occupational and environmental hygiene			
<b>Page, Elena</b>				
<b>Wei Han</b>	PubMed line	Abril 2018	Ecological and health risks assessment and spatial distribution of residual heavy metals in the soil of an e-waste circular economy park in Tianjin, China	En un parque de reciclaje de desechos electrónicos al norte de China, Ziya Circular Economy Park, se realizó una investigación en el suelo superficial para determinar las concentraciones residuales de 14 elementos; 12 metales pesados y 2 no metales. estas evaluaciones ecológicas y de salud utilizaron GI (índice de geo-acumulación) y NPI (índice de contaminación Nemerow), y se evaluó el riesgo asociado a la salud mediante el modelo USEPA. Según este estudio, sustancias tales como Cu, Sb, Cd, Zn y Co se enriquecieron seriamente en el suelo del área estudiada. En cuanto a la
<b>Guanghai Gao</b>	ELSEVIER			
<b>JinyaoGeng</b>				
<b>Yao Li</b>				
<b>Yingying Wang</b>				

				<p>evaluación del riesgo para la salud propuesta por la USEPA indicó que no existen riesgos significativos para la salud de la población pues las concentraciones con bacterias muertas de arsénico en el suelo se correlacionaron positivamente. Así como la distribución de metales pesados reveló que este parque era la fuente de contaminación dominante en el área estudiada; hallazgos que sugieren atención suficiente a la contaminación por metales pesados en Ziya Circular Economy Park. (39)</p>
<b>JatindraKumar</b>	ProQuest	Julio 2014	Informal e-waste recycling:	<p>Un análisis en cuanto a la presencia de metales pesados en suelos superficiales, plantas y muestras de aguas subterráneas recolectadas en talleres informales de reciclaje en la zona industrial de Mandoli , Delhi, India; evaluó el riesgo de contaminación por metales pesados en el reciclaje informal, y es que la evidencia más alta en los suelos superficiales de las áreas de reciclaje de desechos electrónicos en comparación con otros sitios, excedió el nivel en los valores sugeridos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Observando altas acumulaciones de metales pesados en las muestras de plantas nativas y en el agua subterránea recolectadas en el área de reciclaje. todos por encima de los niveles permisibles, lo que indica que existe una necesidad inmediata en cuanto a medidas</p>
<b>Pradhan&amp;SudhirKumar</b>	Environmental Science and Pollution Research (ESPR)		environmental risk assessment of heavy metal contamination in Mandoli industrial area, Delhi, India	

				correctivas para reducir la contaminación por metales pesados en los sitios de reciclaje de desechos electrónicos. (40)
<b>Chen, Cheng; Xun, Pengcheng Nishijo, Muneko; He, Ka.</b>	Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology  ProQuest	Septiembre 2016	Cadmium exposure and risk of lung cancer: a meta- analysis of cohort and case- control studies among general and occupational populations	Una revisión sistemática de estudios observacionales que investigaron la asociación entre la exposición a cadmio y el riesgo de cáncer de pulmón en poblaciones generales y ocupacionales publicadas hasta abril de 2.015. mopstró tres estudios de cohortes en la población general de un total de 22.551 participantes en 354 eventos, con un seguimiento medio de 15 años, cinco estudios de cohortes ocupacionales que incluyeron 4.205 individuos (180 eventos) con un seguimiento promedio de 31 años. Y tres estudios ocupacionales de casos y controles que incluyeron 4.740 casos y 6.268 controles. Al comparar la categoría más alta con la más baja de exposición al cadmio, el riesgo relativo ponderado y el intervalo de confianza del 95% del cáncer de pulmón en la población general, no se encontró asociación lineal al comparar a los participantes expuestos con los no expuestos al cadmio, sin embargo, los hallazgos de este metanálisis concluyeron que la exposición a tal elemento podría aumentar el riesgo de cáncer de pulmón (41).
Annamalai, Jayapradha	Indian Journal of	Enero 2015	Occupational Health	Este documento muestra los efectos de salud generados por la exposición a metales pesados

	Occupational and Environmental Medicine		hazards related to informal recycling of E-waste in India	<p>en trabajadores de centros de reciclaje informal en india. Elementos como el plomo, es de los más utilizados comúnmente en la industria, y puede causar vómitos, diarrea, convulsiones, coma o incluso la muerte. Las principales áreas del cuerpo afectadas por el plomo son: el cerebro, los riñones y el sistema nervioso y los niños son particularmente susceptibles al mismo a niveles incluso más bajos de exposición, debido a una mayor absorción y estos daños pueden notarse en la audición, el comportamiento, el tamaño y el desarrollo intelectual. Durante el embarazo, el plomo también puede atravesar la placenta y afectar al feto causando abortos espontáneos y mortinatos. En el caso del berilio, este puede ser liberado y se sabe que causa enfermedades pulmonares graves y hasta cáncer. El cadmio puede provocar daño renal, óseo y pulmonar por vías de ingreso dérmica, pulmonar y gastrointestinal. El mercurio genera daños en el cerebro, médula espinal, riñones, hígado e incluso al feto en etapa de desarrollo. Además, describe métodos de eliminación segura como: Landfilling (rellenos sanitarios), Incineración (procesos de combustión) y Reciclaje y reutilización. (42)</p>
<b>International Labour Organization (ILO) ILO Office for China and</b>	International Labour Organization	2015	Labour, Human Health and Environmental	La ILO realizó una revisión de la literatura existente y encontró que los desechos electrónicos son altamente tóxicos pues

<b>Mongolia</b>	(ILO)	Dimensions of E-waste Management in China	<p>contienen sustancias peligrosas como plomo cadmio, mercurio, cromo y contaminantes orgánicos persistentes, muchos de los cuales pueden ser acumulados y retenidos en el cuerpo humano y el medio ambiente.</p> <p>Realiza también, una visión global sobre los efectos en salud, dando herramientas tanto a los trabajadores como a los empleadores para disminuir el riesgo de la exposición. y hace recomendaciones finales afirmando que es importante formalizar la industria del reciclaje, generando mejores políticas nacionales y reconociendo el trabajo de esta para que así sean autosustentables aumentando así la oferta de empleos verdes. (43)</p>
<b>Michelle Heacock , Carol Bain Kelly , KwadwoAnsongAsante , Linda S. Birnbaum , ÅkeLennart Bergman , Marie-Noel Bruné , IrenaBuka , David O. Carpenter , AiminChen , XiaHuo , MostafaKamel , Philip J. Landrigan , Federico Magalini , Fernando Diaz-Barriga , Maria Neira , Magdy Omar ,</b>	Environmental Health Perspectives Mayo 2016	E-Waste and Harm to Vulnerable Populations: A Growing Global Problem	<p>Este artículo ofrece una visión general de los riesgos para la salud. además, destaca los esfuerzos internacionales, nacionales y locales relacionados con los peligros ambientales, reafirmando la importancia de lograr operaciones seguras de reciclaje para disminuir los problemas de seguridad en salud para las personas que dependen del procesamiento de desechos electrónicos. Y por otro lado define la importancia de reducir la exposición de mujeres embarazadas y niños a los desechos electrónicos para mitigar los efectos perjudiciales para la salud. (44).</p>

<b>Antonio Pascale , MathurosRuchirawat , Leith Sly , Peter D. Sly , Martin Van den Berg , and William A. Suk</b>				
<b>Ingrid del Pilar Casas Merchán</b>	Tesis de Magister en medio ambiente y desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales	2018	Análisis de la vinculación de actores informales al Sistema de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Bogotá D.C	La vinculación de actores informales a la gestión de los RAEE desde la informalidad en Bogotá, señala un aporte estimado del 90 %, contextualizando y caracterizando el problema del progresivo aumento en la generación de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, abarcando todo el proceso productivo de fabricación, comercialización, red post consumo, recolección, acopio, tratamiento y control ambiental de la gestión integral de RAEE sin contemplar la política vigente desde el marco legal. Invita a hacerle una apuesta a la economía circular, sostenible y responsable, con el compromiso social de subsanar la deuda social con el gremio de recicladores tanto formal como informal en pro de disminuir la desigualdad y con la indicación clara de fomentar el reciclaje inclusivo y seguro, así como la responsabilidad de implementar políticas participativas y fomentar la educación. (45)
<b>Natali Johanna Lora Reyes</b>	Tesis de especialización en Higiene, seguridad y	2017	Análisis de la exposición a plomo en los trabajadores que	Con el objetivo de determinar la exposición laboral a sustancias químicas como el plomo durante la labor de reciclaje en la industria formal en Cali, y en asocio con una ARL

<p>Salud en el Trabajo Industrial en la Universidad distrital Francisco José de Caldas.</p>	<p>desensamblan residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en la empresa Orinoco e-scrap s.a.s</p>	<p>(Administradora de Riesgos Laborales) se realizó un estudio a siete trabajadores expuestos al plomo por desensamble de circuitos impresos, baterías de plomo y revestimiento de cables. Y a partir de la caracterización del riesgo en la labor, mediciones de niveles de plomo en sangre y la aplicación de encuestas de sintomatología y caracterización de puesto de trabajo con el uso respectivo de elementos de protección personal, se generó un estudio descriptivo con hallazgos en la totalidad de la población expuesta con niveles de plomo en sangre dentro de límites permitidos por los BEIs, pero, en niveles mayores o iguales a 5 microgramos /100 ml en el 86 % de la población estudiada, lo que implica vigilancia estricta por toxicidad potencial con informe higiénico de hallazgo y medidas de acción e intervención dentro de un programa de vigilancia epidemiológica del programa de SGSST.(41)</p>
---	---	--

Fuente: Elaboración propia

De los artículos seleccionados (tabla 2) se reveló que la mayoría de los estudios fueron llevados a cabo en países como India, Ghana, China y Tailandia, en ciudades específicas dedicadas a la actividad del reciclaje de material eléctrico y electrónico, lo cual hacía más plausible este tipo de investigaciones.

Además, se evidencia que, de los 18 artículos previamente consignados, 8 son revisiones sistemáticas de la literatura existente, 5 se centran en los efectos en salud derivados de la exposición a los RAEE y 3 expresan la relación directa con la informalidad de la industria del reciclaje y su mayor grado de exposición a metales pesados, sin desconocer que en la formal también hay fallas que pueden llevar a un grado de exposición, aunque sea menor.

Asimismo, se encuentran 10 artículos de investigación donde se realiza la recolección y análisis de muestras en el medio ambiente y el trabajador, de los cuales 8 demostraron relación directa entre la actividad del reciclaje y la exposición a metales pesados considerando un aumento de los biomarcadores llevado a cabo por medio del monitoreo realizado a los trabajadores y población circundante. tan solo 2 de estos no muestran afectación en la salud puesto que no hay asociaciones lineales entre la exposición y la enfermedad, sin embargo, no se desconoce la presencia de metales pesados en el individuo y reafirman la importancia de realizar controles tanto en la fuente como en el medio y el trabajador para disminuir cualquier riesgo potencial.

Se hace imperativo resaltar que no solo los trabajadores que tienen contacto directo con este tipo de residuos se encuentran en riesgo latente de exposición, sino que también la población circundante a estos sitios en donde son llevadas a cabo actividades de

almacenamiento y procesamiento de los RAEE; siendo los niños y mujeres en estado de embarazo los más afectados.

Cabe resaltar que en todos los artículos se hace imperativo buscar políticas que regulen la utilización de los metales pesados en los aparatos eléctricos y electrónicos, logrando de este modo mitigar la exposición al medio ambiente y en la salud de las personas a la vez de generar legislaciones más contundentes que consigan reglamentar y formalizar la industria.

## 4. Objetivos

### 4.1 General

- Diseñar una guía para el monitoreo biológico de la exposición a metales pesados en trabajadores de centros de reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos en Colombia.

### 4.2 Específicos:

1. Caracterizar el proceso de trabajo y los factores de riesgo asociados a la exposición ocupacional a metales pesados en los trabajadores en centros de reciclaje de RAEE.
2. Definir los criterios técnicos y metodológicos para realizar el monitoreo biológico de la exposición a metales pesados.
3. Diseñar una cartilla que condense los lineamientos para la ejecución del monitoreo biológico de la exposición.

## 5. Metodología.

Se propone un diseño metodológico en donde cada uno de los objetivos se aborde a través de los entregables que se plasman en la tabla número 3.

### 5.1 Diseño metodológico

**Tabla 3** Estrategia para el desarrollo de los objetivos propuestos.

OBJETIVOS	PROPÓSITO	ENTREGABLES	RECURSOS
<b>Objetivo 1</b>	Caracterizar al trabajador en su proceso y las relaciones del mismo con un centro de reciclaje.	<hr/> Matriz de identificación de peligros y valoración del riesgo <hr/> Lista de chequeo para inspección de sitios de trabajo en donde se realice reciclaje de RAEE <hr/> Diagramas de flujo del proceso de trabajo <hr/> <i>Layout</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal para asistir a la planta de procesamiento de RAEE</li> <li>• Computador con paquete de office.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cámara fotográfica</li> </ul> </li> <li>• Tiempo de asesoría del director y de la empresa gestora de los RAEE</li> </ul>
<b>Objetivo 2</b>	Definir los criterios técnicos (que y cuando hacer) y metodológicos (como hacer) para el monitoreo biológico de la exposición.	<hr/> Matriz de identificación de requisitos legales <hr/> Base de datos de indicadores biológicos de exposición a metales pesados. <hr/> Definir metodología para la evaluación cualitativa de la exposición. <hr/> Diseño de protocolo de evaluación médica de la exposición a metales pesados a través del diseño de la	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de datos legal actual en Colombia</li> <li>• Base de datos de revistas indexadas, Fuentes Institucionales (OIT), Journals, Repositorios institucionales de Tesis y Trabajos de Grado</li> <li>• Personal para el procesamiento de la información</li> <li>• Computador con paquete de office</li> </ul>

		<p>historia clínica.</p> <hr/> <p>Diseño de flujograma para el seguimiento de la exposición a metales pesados.</p> <hr/> <p>Diseño de una base de datos para el procesamiento y análisis de la información.</p> <hr/> <p>Criterios de aseguramiento de calidad en el muestreo y criterios de calidad del laboratorio que procesara las muestras.</p>	<p>Asesor temático: Médico con especialización en salud ocupacional</p>
<b>Objetivo 3</b>	<p>Presentar de una manera estructurada la información para el empleador</p>	<p>Diseño de cartilla</p>	<p>Diseñador grafico.</p>

Fuente: Elaboración propia

## 6. Consideraciones éticas

De acuerdo a los principios establecidos en el código internacional de ética para los profesionales en salud ocupacional y en la Resolución 8430 del 1.993<sup>22</sup> reglamentada por el Ministerio de Salud (47); se determina que para fines de este trabajo, se desarrolle un diseño de tipo teórico donde se pretenda recrear una guía para el monitoreo biológico de la exposición a metales pesados en trabajadores de centros de reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos en Colombia.

En ese orden y basados en los principios básicos del código internacional de ética, que son servir a la salud y el bienestar social de los trabajadores, respetando su dignidad humana a través de imparcialidad y confidencialidad de los datos (47) (48); surge la necesidad de buscar estrategias que propongan herramientas preventivas que permitan establecer control sobre el ambiente de trabajo a través del monitoreo biológico de la exposición a metales pesados.

En ese mismo sentido y de acuerdo con los lineamientos dados por la organización internacional del trabajo entregados en *Technical and ethical guidelines for workers' health surveillance*, se establece que para fines éticos de este trabajo no se requiera de la elaboración ni ejecución del consentimiento informado, ya que no se interviene directamente al trabajador y por lo tanto no se maneja información personal que amerite confidencialidad médica (49).

Por lo tanto, toda información que se requiera para la elaboración de este trabajo será tomada directamente de la empresa a evaluar previa aprobación y la cual será solicitada directamente. Posteriormente se recopilarán datos bajo los principios generales de salud y seguridad en el trabajo y confidencialidad médica (49).

Se hace pertinente aclarar que esto se realizara sin mencionar nombre de la empresa como principal acuerdo de confidencialidad y una vez finalizada la tarea se entregaran los resultados a esta para su beneficio.

---

<sup>22</sup> Resolución 8430 del 1993: “Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud”.

## **7. Caracterización del trabajador en el proceso de trabajo**

### *7.1 Matriz de identificación de peligros y valoración del riesgo para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*

Con base en lo observado en la visita realizada al centro gestor de reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos RAEE, ubicado en la ciudad de Bogotá , se obtuvo información básica, a través de una lista de chequeo (Ver anexo 13.4), soportada tanto en testimoniales a la planta operativa y administrativa, como en las inspecciones de tipo visual a los puestos de trabajo, lo cual permite el reconocimiento, clasificación, identificación, caracterización y evaluación de los peligros, así como también permite determinar los posibles riesgos en las diferentes actividades rutinarias del proceso de reciclaje de estos elementos y de esta forma realizar la matriz de identificación de peligros y valoración del riesgo, teniendo en cuenta la Guía Técnica Colombiana GTC 45(50), La Norma Técnica Colombiana ISO 45001(51), BS 8800 British Standard de Reino Unido(52), la Norma Técnica de Prevención aplicables tales como NTP 330 Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente del Instituto nacional de Seguridad e Higiene en El Trabajo INSHT de España(53).

Otras referencias que se tuvieron en cuenta para la elaboración fueron la Resolución 1111 de 2017 del Ministerio de Trabajo de estándares mínimos para el Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo SG- SST (54), al igual que el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo 1072 de 2015(13),

Igualmente se tienen tanto Normas como Notas Técnicas de Prevención aplicables del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo de España tales como La 935 para

«Agentes químico: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación» (55), La Nota Técnica de Prevención del Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo de España 936 para «Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación. Modelo COSHH Essentials» (para vía inhalatoria) (56), Y la Nota Técnica de Prevención 937 para «la evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación», para Agentes Químicos Método basado en el Instituto Nacional de Investigación de Seguridad INRS (vía inhalatoria) (57)

Adicionalmente, se tuvo en cuenta la determinación del Factor de riesgo tóxico atribuible a efectos en salud derivados de la exposición a agentes químicos de la AIHA<sup>23</sup> (American Industrial Hygiene Association) Asociación Americana de Higiene Industrial, así como las referencias nacionales e internacionales de toxicidad ocupacional, dentro de las directrices de los Protocolos, bases de datos vigentes para el diagnóstico de la enfermedad ocupacional que se tuvieron en cuenta para la elaboración de la matriz de peligros y valoración del riesgo para un gestor de RAEE recopilados en el anexo número 13.3.

Dicha matriz está conformada por 6 secciones: La primera es la identificación del peligro, donde se describen paso a paso las 84 actividades como el conjunto de acciones, operaciones o tareas propias de la labor, determinando si es de tipo rutinario; entendida esta como toda actividad que forma parte de la operación normal de la organización y que se ha planificado, estandarizado y que establece el número de trabajadores expuestos al desarrollar una tarea

---

<sup>23</sup> AIHA: Asociación Americana de Higiene Industrial

con sus respectivos responsables tanto internos como externos seguido de la clasificación del tipo de peligro ya sea locativo, biomecánico, físico, químico, biológico, psicosocial, o de seguridad vial entre otros.

La segunda sección es la descripción y/o caracterización del riesgo, que comprende desde la fuente y su descripción, hasta las causas inherentes a la labor por actos o condiciones inseguras, amenazas y peligros latentes de las condiciones del medio laboral y sus consecuencias. La tercera sección, describe los controles existentes tanto de ingeniería, como administrativo y de persona. En la cuarta sección se realiza el análisis del riesgo según los niveles de deficiencia, exposición, probabilidad y consecuencia con su respectiva calificación de acuerdo con las tablas plasmadas en la GTC<sup>24</sup> 45 (50).

La quinta sección evalúa el riesgo a partir del nivel de probabilidad por el nivel de consecuencia, lo cual arrojará un resultado con su respectivo concepto incluyendo el nivel de aceptabilidad contenidos en las tablas registradas por la GTC 45(50). Y por último se encuentran las medidas de tratamiento, donde se propone la posible eliminación o sustitución del riesgo según el nivel de aceptabilidad obtenido; además las sugerencias para los controles de ingeniería, administrativo y en la persona.

Al terminar la aplicación de la metodología descrita anteriormente se construye una matriz de Peligro y valoración del riesgo para la industria gestora de RAEE (ver Anexo 13.3) al citado centro y se concluye lo siguiente:

---

<sup>24</sup> GTC: Guía Técnica Colombiana

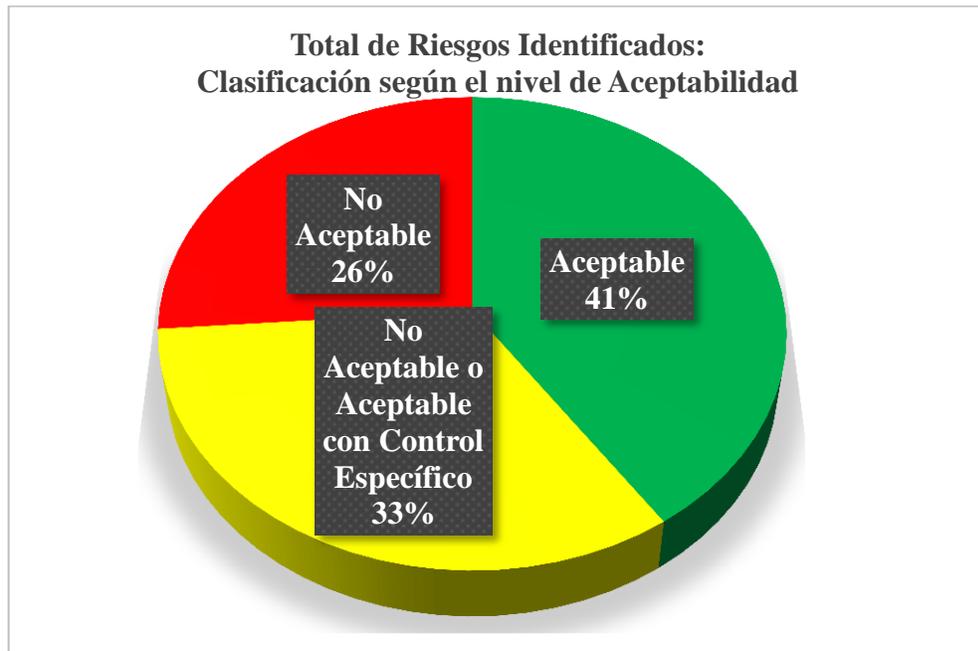
Como se aprecia en la tabla número 4 del semáforo de jerarquización en la matriz de identificación de peligros encontrados, según los criterios de evaluación de la GTC 45(50) de las 84 actividades priorizadas con sus respectivos peligros se obtiene la caracterización y evaluación de los riesgos inherentes de la siguiente manera (ver tabla 5): 26% en rango no aceptable que requiere intervención inmediata, 33 % en rango de aceptabilidad con controles específicos y 41 % en rango aceptable.

**Tabla 4** Nivel de Aceptabilidad del Riesgo

<b>Calificación del riesgo según el nivel de aceptabilidad</b>	<b>Total, de Riesgos</b>
Aceptable	34
No Aceptable o Aceptable con Control Específico	28
No Aceptable	22

Fuente propia

**Tabla 5** Proporción de Riesgo



Fuente propia

En la Tabla 5, se puede observar que de las 84 actividades descritas la mayoría de los riesgos evaluados son de intensidad aceptable, con un 41%. sin embargo, sumando la totalidad de riesgos aceptables con controles y no aceptables se supera el 59% del total; lo que significa que es necesario desarrollar acciones de intervención de acuerdo con la clasificación de los riesgos priorizados para el control de estos.

**Tabla 6** Clasificación de riesgo según el nivel de aceptabilidad

Calificación del riesgo según el nivel de Aceptabilidad	Total de Riesgos	% respecto del total general	% respecto de la categoría
<b>▣ Aceptable</b>	<b>34</b>	<b>40,48%</b>	<b>40,48%</b>
Locativo	13	15,48%	38,24%
Biomecánico	11	13,10%	32,35%
Físico	6	7,14%	17,65%
Mecánico	3	3,57%	8,82%
Psicosocial	1	1,19%	2,94%
<b>▣ No Aceptable o Aceptable con Control Específico</b>	<b>28</b>	<b>33,33%</b>	<b>33,33%</b>
Químico	13	15,48%	46,43%
Físico	4	4,76%	14,29%
Biomecánico	2	2,38%	7,14%
Mecánico	2	2,38%	7,14%
Seguridad	2	2,38%	7,14%
Biológico	2	2,38%	7,14%
Locativo	2	2,38%	7,14%
Emergencias	1	1,19%	3,57%
<b>▣ No Aceptable</b>	<b>22</b>	<b>26,19%</b>	<b>26,19%</b>
Químico	19	22,62%	86,36%
Seguridad	3	3,57%	13,64%
<b>Total general</b>	<b>84</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente propia

De acuerdo con la Tabla 6, se propone intervenir y controlar la exposición de cada uno de los peligros encontrados, en los diferentes procesos de la gestión integral de los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, dando prioridad a los riesgos con no aceptabilidad o aceptable con control específico.

Para el peligro químico y sus factores de riesgo se proponen los siguientes controles:

1. En la fuente:

- Auditar el transporte de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de acuerdo con la normatividad vigente.
- Gestionar áreas de aseo personal y alimentación, para que estén libres de contaminación, con disponibilidad de cambio de ropa y manejo de vestuario contaminado y *lockers* para el almacenamiento de objetos personales.

- Optimizar turnos rotativos y crear sistemas de ventilación con programas de vigilancia médica que incluyan el monitoreo biológico de la exposición.
- Trazar mediciones de niveles de la concentración ambiental de sustancias químicas durante la jornada laboral.

## 2. En el medio

- Programar visitas para la evaluación de transporte seguro tercerizado de cargue y descargue teniendo en cuenta la norma para el riesgo químico.
- Evaluar el uso de EPPs acordes al riesgo químico para cada actividad a realizar.
- Optimizar los programas de manejo de sustancias peligrosas teniendo en cuenta los umbrales de niveles de acción.
- Trazar mediciones de niveles de la concentración ambiental de sustancias químicas durante la jornada laboral.
- Gestionar áreas de aseo personal y alimentación libres de contaminación, con disponibilidad de cambio de ropa y manejo de vestuario contaminado en *lockers* para el almacenamiento de objetos personales.
- Gestionar un programa de procedimientos seguros para el peligro químico.

## 3. En el trabajador

- Entrenamiento para practicas seguras durante los procesos de la gestión integral de RAEE.

- Uso adecuado de EPPs para peligro químico, incluyendo la protección respiratoria, y manejo de trajes de seguridad.
- Realización de exámenes médicos ocupacionales de ingreso, periódicos y de egreso dentro de la vigilancia médica.
- Evaluación de otras fuentes de exposición a peligros químicos; (consumo de tabaco, alcohol y drogas).

Para el peligro de seguridad y sus factores de riesgos se plantean los siguientes controles:

1. En el medio

- Señalización y visualización de plan de emergencias.
- Gestión de reportes de incidentes y accidentes

2. En el trabajador

- Evaluación de uso adecuado de EPPs
- Entrenamiento para responder a un plan de emergencias según los protocolos.
- Evitar el consumo de alimentos y bebidas en el lugar de trabajo.
- No fumar ni manipular dispositivos electrónicos de uso personal.

Para el peligro físico y sus factores de riesgo se plantean los siguientes controles:

1. En el medio

- Gestión de programa de conservación auditiva.
- Rotación de turnos de trabajo.
- Mediciones para realizar mapa de ruido según los TLV.

## 2. En el trabajador

- Evaluación del uso de EPPs adecuado para los niveles de ruido (para esto deberá realizarse medición de ruido).
- Evaluación de uso de audífonos a nivel laboral tanto interno como externo (según las mediciones de ruido que se realicen).

Para el peligro biológico y sus factores de riesgo se plantean los siguientes controles:

### 1. En el medio

- Gestionar el certificado de descontaminación de RAEE al ingreso

### 2. En el trabajador

- Evaluación de inmunoprofilaxis

Para el peligro de radiaciones y sus factores de riesgo se plantean los siguientes controles:

### 1. En la fuente

- Política de no recepción de RAEE con material radioactivo

### 2. En el medio

- Gestión de medición de radioactividad a cada aparato eléctrico en el pos consumo de RAEE al ingreso

### 3. En el trabajador

- Evaluación de uso correcto de EPPs.

- Entrenamiento seguro y dosimetría

Para el peligro locativo y sus factores de riesgo se plantean los siguientes controles:

1. En el medio

- Diseño estratégico de embalaje seguro de piezas sueltas, protección de puntas y aristas vivas.

2. En el trabajador

- Evaluación del uso de EPPs adecuado.
- Entrenamiento para la labor según los diferentes procesos.

Para el peligro mecánico y sus factores de riesgo se plantean los siguientes controles:

1. En el medio

- Auditoria de programa de desensamble seguro.
- Evaluación de uso de EPPs.
- Auditorias de labor segura.

2. En el trabajador

- Entrenamiento continuo para practicas seguras en su labor.
- Uso de EPPs.

Tal vez, debido al desconocimiento de la exposición al peligro químico y principalmente a metales pesados, se subestiman las probables e irreversibles consecuencias de carácter tóxico bioacumulativo y de morbilidad importante que se pueden generar en el trabajador.

Así pues, se puede inferir que, con el diseño de un monitoreo biológico de exposición para peligro químico, se impactará el 86% de los riesgos no aceptables y el 22 % de los totales, mejorando en gran medida la ruta crítica en peligros no aceptables y aceptables con controles específicos. por tal motivo el centro gestor de RAEE requiere una gestión precoz en la fuente, el medio y el trabajador.

## *7.2 Lista de chequeo*

Enmarcados en el primer objetivo de tesis de grado, que busca caracterizar el proceso de trabajo y los factores de riesgo asociados a la exposición ocupacional a metales pesados en los trabajadores en RAEE; se realiza una lista de chequeo como instrumento para identificar los peligros y evaluar los posibles riesgos que se podrían presentar en estos centros gestores.

En primer lugar, este instrumento consta de tres secciones; iniciando con la identificación y datos básicos de la empresa junto con el área a evaluar. en la segunda, un instructivo conciso donde se muestra como deberá ser ejecutada la misma y finalmente en la tercera sección se encuentra la lista de preguntas encaminadas a identificar los peligros y evaluar los posibles riesgos derivados de esta actividad cerrando con un espacio para las observaciones.

Esta lista de chequeo consta de 180 preguntas, las cuales están divididas por secciones según el grupo de peligros a identificar resumidas en la Tabla 7.

**Tabla 7** Ítems de lista de chequeo.

<b>NUMERAL</b>	<b>GRUPO DE PELIGROS</b>	<b>NÚMERO DE PREGUNTAS</b>
<b>1</b>	Físicos ○ Temperatura ○ Vibración ○ Iluminación	34
<b>2</b>	Químicos	41
<b>3</b>	Ergonómicos y peligros biomecánicos	14
<b>4</b>	Factores de riesgo asociados a la organización del trabajo	22
<b>5</b>	Causales de accidente	24
<b>6</b>	Biológicos	16
<b>7</b>	Manejo y disposición de residuos	19
<b>8</b>	Preparación y respuesta a emergencias	10

Fuente propia

En la sección número 1 para el grupo de peligros físicos se toma como referencia la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido (58) de la cual, se obtiene la información para la formulación de preguntas de acuerdo con el planteamiento de seguridad del trabajador y evaluación de riesgo para la salud de este.

Igualmente, en la sección número dos II de agentes químicos, se realizan una serie de cuestionamientos con base a la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo (59), como base generadora de documentación para la elaboración de interrogantes.

En el numeral tres se tuvo en cuenta la lista de chequeo de evaluación ergonómica de puestos de trabajo (60) (61), asimismo, los factores de riesgo, evaluación, control y prevención en el levantamiento y transporte manual de cargas (62), el manual para la evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales en la Pyme del INSHT de España (60) y la Gatiso para desordenes musculo esqueléticos (61).

En los factores de riesgo asociados a la organización del trabajo (Numeral 4) se tomó como referencia la Batería de instrumentos para la evaluación de factores de riesgo psicosocial (63) del Ministerio de la Protección Social de 2010, quien ofrece pautas para evaluar el ambiente intralaboral y extralaboral, junto con causales de estrés inherentes a este.

En el quinto numeral, causales de accidentes, se realiza con base a lo establecido en la resolución 2400 de 1979 *«por lo cual se establecen algunas disposiciones de vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo»* (64), donde se mencionan los requerimientos mínimos en cuanto a infraestructura y baterías sanitarias que deben tener las empresas que manejan personal. En el caso de uso de escaleras se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana 4145 (65) y la resolución 1409 (66) en donde se dan las normas generales reglamentarias para implementar el adecuado acceso del personal a establecimientos, escaleras y pasillos en el lugar de trabajo.

Así mismo en los peligros biológicos (Numeral 6) se tomaron en cuenta las guías técnicas de exposición a agentes biológicos en términos de Bioseguridad (67) en ambientes de trabajo no hospitalarios con potencial contacto de gérmenes oportunistas nosocomiales

durante el reciclaje de AEE (68)(69). Como también se tuvo en cuenta la administración del sistema de gestión basada en el artículo marco conceptual y legal sobre la gestión del riesgo en Colombia (70).

En cuanto a manejo y disposición de residuos (Numeral 7), se toma en cuenta la guía del Ministerio de Ambiente para manejo de residuos peligrosos (71) donde define que son los RESPEL y como clasificarlos y el decreto 4741 *«Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral»*(72), que habla sobre el movimiento interno de las basuras, así como su clasificación y responsabilidad de las empresas en la generación y disposición final de los RAEE; además da pautas claras para el almacenamiento y transporte de los desechos.

Finalmente, en el numeral 8 de la lista de chequeo se muestran los cuestionamientos para la preparación y respuesta de emergencias, tomadas de la NTP 324, la cual permite identificar situaciones de riesgo en un ámbito laboral, agrupándolo en cuatro grandes bloques que son: agentes y materiales, entorno ambiental, organización y características personales (73).

El cuestionario está elaborado con el fin de detectar la exposición a peligros en la empresa, aportando un conocimiento individualizado de cada uno de los factores de riesgo propuestos, permitiendo así, conocer el nivel de riesgo existente y facilitando la implementación de medidas preventivas pertinentes. Cabe aclarar que esta lista de chequeo debe ser aplicada por personal con especialidad en salud ocupacional y/o higiene industrial expertas en prevención de riesgos laborales y que a su vez tengan un conocimiento

profundo de la maquinaria y equipos, instalaciones o proceso específico que se pretenda estudiar.

### *7.3 Diagrama de procesos para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*

En la visita al centro gestor de reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos, se identifica el proceso con sus diferentes tareas, haciendo un recorrido por las diferentes áreas de descargue, almacenamiento inicial, desensamble y almacenamiento de producto final. revisando toda la documentación legal interna y permisos de funcionamiento administrativo según las normas.

Para la caracterización del proceso, se realiza un diagrama de flujo en el que se determina la secuencia del proceso. (ver anexo 13.5), del cual se obtuvieron (4) operaciones, (2) inspecciones, (4) transportes, (1) retraso y (2) almacenamientos.

### *7.4 Gestor de RAEE*

Como parte del desarrollo de este trabajo de grado se realiza una visita a un gestor de RAEE dedicada a la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos con el objetivo de conocer el proceso de trabajo, entendiendo la naturaleza de la interacción del empleado con los elementos que lo rodean, conociendo además las condiciones de exposición y organización del trabajo.

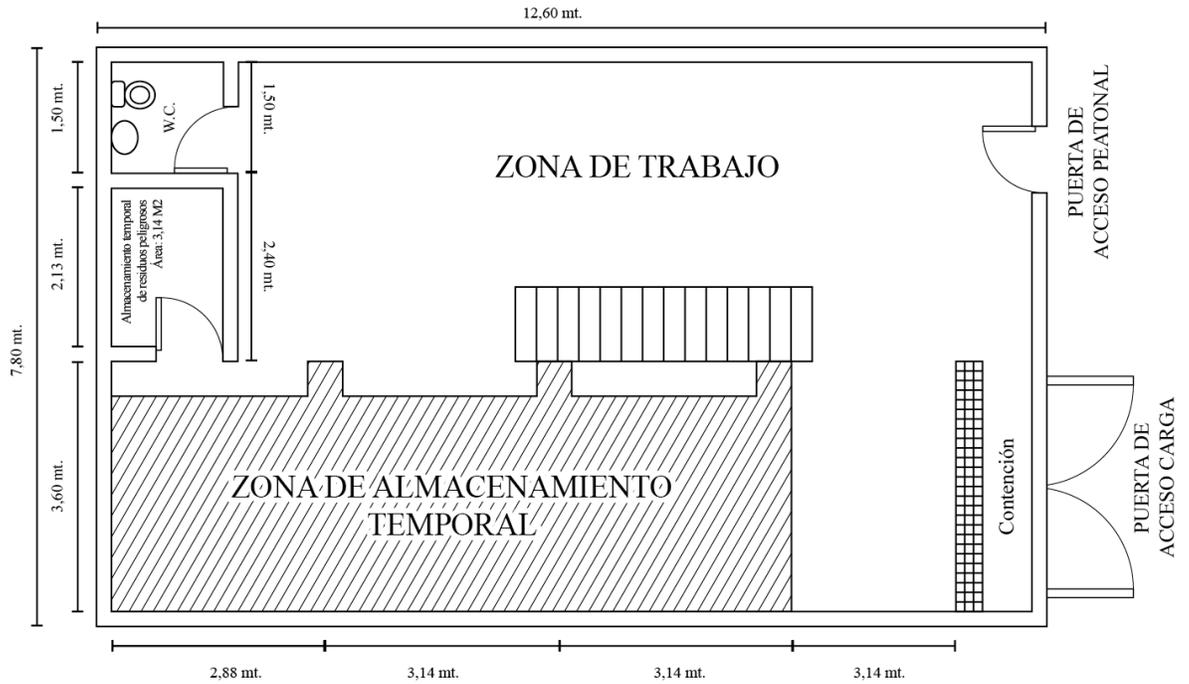
Durante la visita se pudo evidenciar el proceso de acopio, eliminación de contenidos digitales de sistemas, certificación posterior, desensamble y embalaje para disposición final

de aparatos que contienen tarjetas electrónicas (equipos tecnológicos y de computo, electrodomésticos y elementos médicos sin contacto biológico), luminarias, cableado entre otros.

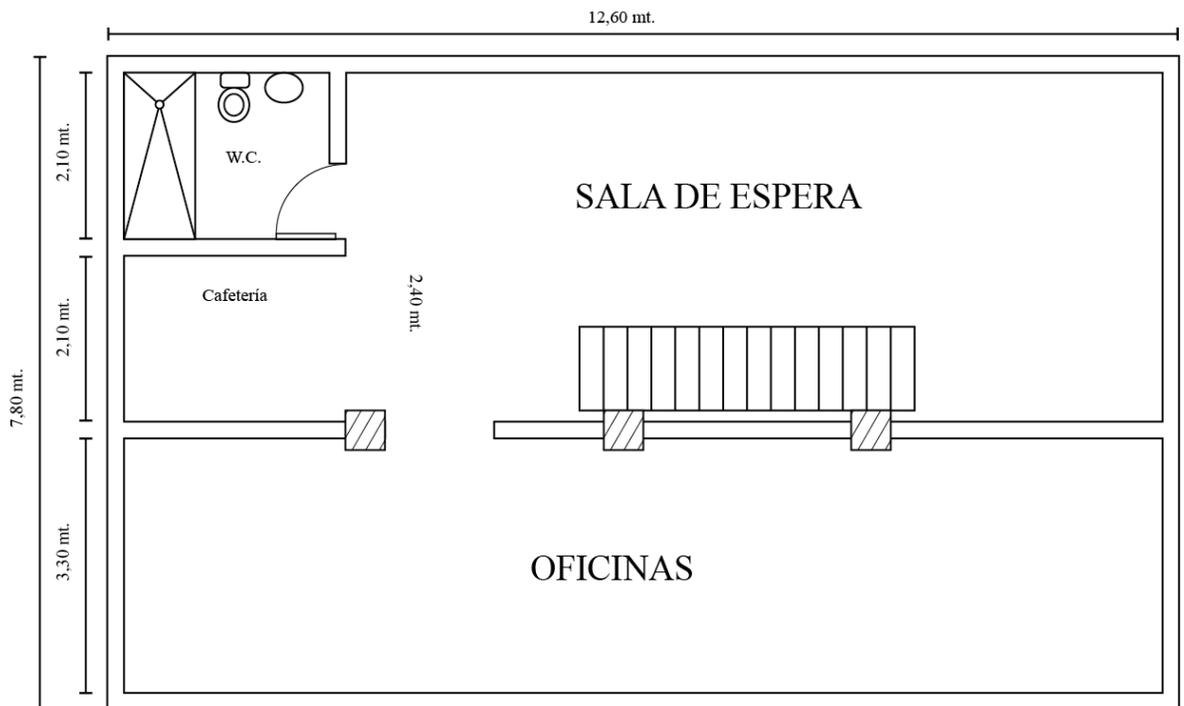
Actualmente este tipo de compañías cuentan con una división de trabajo entre área administrativa encargada del direccionamiento de la empresa y un área operativa encargada de clasificar, desensamblar y embalar los residuos para el posterior traslado a los sitios encargados de disposición final. Entre las herramientas que operan, se pueden encontrar destornilladores eléctricos y martillos entre otros, los cuales son usados para realizar los procesos de desensamble.

Un proceso típico de reciclaje de aparatos electrónicos debe contar con una definición de *layout* como el que se muestra a continuación: (ver ilustración 1 y 2).

**Ilustración 1** Layout gestor de RAEE primer piso



**Ilustración 2** Layout gestor de RAEE segundo piso



## **8. Criterios técnicos y metodológicos para el monitoreo biológico de la exposición.**

### *8.1 Marco legal*

Dando alcance al objetivo número 2 del trabajo de grado que define los criterios técnicos «Que y cuando hacer» y metodológicos «Como hacer» para el monitoreo biológico de la exposición, se hace imperativo conocer y evaluar la legislación colombiana actual. Es así, como se decide construir una matriz de requisitos legales en donde se agrupe toda la normatividad vigente que corresponda al tema de investigación propuesto.

En el anexo 13.6, se evidencia la matriz de requisitos legales que fue realizada y organizada con los principios básicos de la pirámide de Hans Kelsen; en la que se logran obtener 68 normas de las cuales; 6 artículos son derechos fundamentales, ambientales y sociales, regidos por la Constitución Política; posteriormente y según orden cronológico, se mencionan 13 leyes; 8 de las cuales corresponden a obligaciones ambientales y 5 laborales, donde podemos encontrar los diferentes convenios ratificados por Colombia como lo son:

- Convenio de Basilea «De los movimientos transfronterizos de los desechos».
- Convenio de Montreal «De la prohibición para importación y exportación de componentes que contengan sustancias agotadoras de la capa de ozono».
- Convenio de Estocolmo «De la limitación de producción y/o utilización de contaminantes orgánicos persistentes».

Adicionalmente, se incluye la política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), mencionada en la ley 1672 del 2013 (13), que dicta lineamientos para su reciclaje, impartiendo obligaciones extendidas a los fabricantes de esos productos en las diferentes etapas de su vida útil. Así mismo, tiene un especial deber de información con sus consumidores en relación con los parámetros requeridos para una correcta devolución y gestión de estos.

Se compone además de 25 decretos y 23 resoluciones, donde se encuentran diferentes lineamientos y obligaciones tanto para la gestión de aparatos eléctricos y electrónicos como todas las licencias que se deben adquirir para poner en funcionamiento los centros gestores, otorgando pautas a los establecimientos para control y regulación interno del talento humano y así salvaguardar su seguridad ante posibles eventos adversos derivados de la actividad.

Por otra parte, se han venido adelantando una serie de proyectos de ley como el 148 del 2015, que procura garantizar el derecho de los niños y niñas al desarrollo físico e intelectual en un ambiente libre de plomo, fijando de esta manera límites a los productos fabricados y comercializados en el país que contengan esta sustancia, determinando los rangos permisibles para mitigar el impacto ambiental y de salubridad.

Es importante destacar que, aunque se cuenta con un marco legal establecido por las leyes colombianas, aún hay vacíos importantes en cuanto a regulación en la fabricación de los AEE y los materiales utilizados en ellos. De igual manera, tanto los controles como las sanciones impartidas son escasas e ineficientes a la hora de velar por una disposición final

adecuada de dichos residuos. pues a pesar de contar con estudios internacionales sobre exposición a metales pesados y contaminantes derivados de esta labor, actualmente son pocos los estudios nacionales que logren evidenciar la problemática actual y que a su vez genere nuevas leyes contundentes para regular esta industria.

En cuanto a la normatividad colombiana vigente podemos destacar que el Decreto 1072 del 2015 en donde se reglamenta todo lo concerniente al sector de trabajo, realiza formulaciones para adoptar políticas, planes generales, programas y proyectos para el trabajo, generando así garantías y salvaguardando a los trabajadores de posibles afecciones derivadas de su actividad laboral. Dice en su parágrafo 3 *“El empleador debe desarrollar acciones de vigilancia de la salud de los trabajadores mediante las evaluaciones médicas de ingreso, periódicas, retiro y los programas de vigilancia epidemiológica, con el propósito de identificar precozmente efectos hacia la salud derivados de los ambientes de trabajo y evaluar la eficacia de las medidas de prevención y control”*(13) rigiendo al empleador a desarrollar acciones de vigilancia de la salud de los trabajadores mediante las evaluaciones médicas de ingreso, periódicas y de retiro junto con programas de vigilancia epidemiológica, con el propósito de identificar precozmente efectos hacia la salud derivados de los ambientes de trabajo y evaluar la eficacia de las medidas de prevención y control, sin embargo, aunque es clara la norma, aún deja vacíos importantes en cuanto a cómo hacerlos (13).

Así mismo la ley 55 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*” en su artículo 12, habla sobre las obligaciones de los empleadores frente al manejo de sustancias químicas para sus empleados, indicando que deben garantizar la no exposición a este tipo de sustancias por encima de los límites de exposición o de otros criterios de exposición para la evaluación y el control del medio ambiente de trabajo establecidos por la autoridad competente (74).

La normatividad para exámenes ocupacionales y monitoreo biológico es escasa y sin pautas detalladas para su realización, pues a pesar de contar con múltiples estudios a nivel global que mencionan las repercusiones que pueden traer la exposición a metales pesados tanto para el ambiente como para la salud de los expuestos, así mismo, no hay planteamientos claros para implementar estrategias de muestreo, para el estudio de esta población.

Después de lo anterior expuesto se hace necesario revisar el Decreto ley 2090 del 2003 *“Por el cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades”* (75), en su artículo 2, se menciona las actividades de alto riesgo para la salud de los trabajadores y en el numeral 4 incluye *“todos los trabajos con exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas”*. Analizando la lista de la IARC (La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) se pudo evidenciar que de los 18 metales pesados analizados presentes en los AEE, 12 son potencialmente cancerígenos (Bario, Vanadio, Berilio, Níquel, Zinc, Arsénico, Cobalto, Mercurio, Cadmio, Hierro, Plomo, Aluminio) y están incluidos en esa lista (76), se verificó en el CAREX 2012 si este sector económico (reciclaje) para Colombia se encontraba incluido dentro de sus consideraciones, evidenciando que no fue contemplado (77),

generando así un vacío normativo y de información necesarios para el establecimiento de controles y sanciones para este sector económico.

De acuerdo con lo anterior es inquietante analizar que para la normatividad colombiana los metales pesados son considerados residuos especiales según la Resolución 2309 de 1986 y no peligrosos, como lo han establecido diferentes países del mundo, a pesar de tener un número importante de metales pesados con potencial cancerígeno. Esto genera una brecha legal (78), debido a que la mayoría de los metales pesados se encuentran incluidos en los grupos 1 y 2 de la clasificación de la IARC (76). La clasificación pertinente de los RAEE estaría dentro de la categoría de residuos peligrosos.

### *8.2 Indicadores biológicos de la exposición*

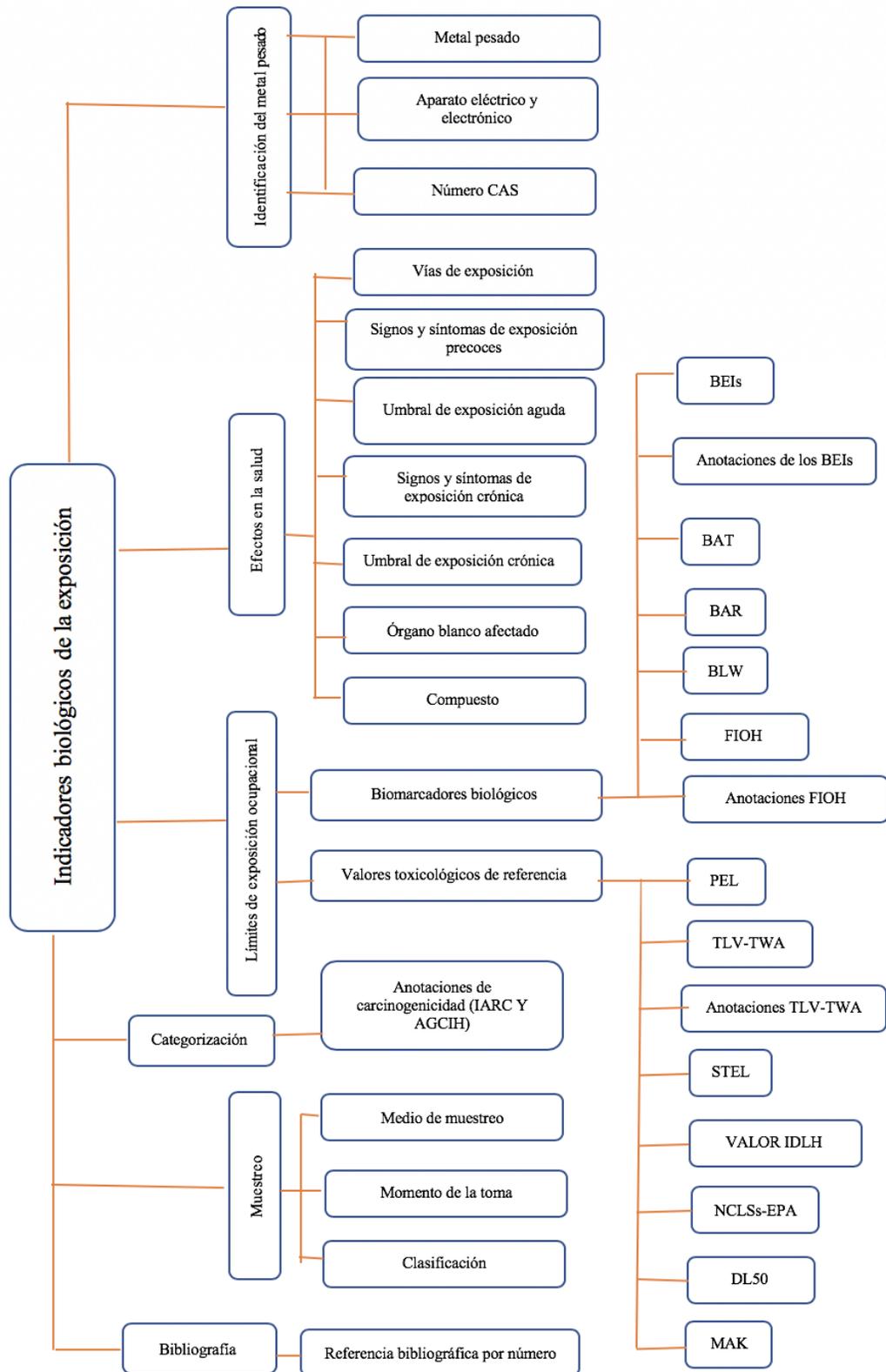
Enmarcados en el objetivo dos, donde se busca definir criterios técnicos y metodológicos para el monitoreo biológico de la exposición, se hace pertinente la construcción de una matriz donde se recopilen los indicadores biológicos de exposición para cada metal pesado existente en los AEE, junto con las posibles secuelas derivadas de la exposición a los mismos.

En el (anexo 13,7) se puede encontrar la matriz de indicadores biológicos de exposición, la cual consta de 6 grandes grupos y a su vez subdivididos en 29 columnas donde se localiza la información de cada metal pesado encontrado en los AEE (Tabla 8).

En la primera sección se encuentra la identificación del metal pesado, subdividida a su vez según el tipo de metal contenido, contemplando 18 elementos dentro de los cuales se están:

Aluminio, Cobre, Estaño, Plomo, Hierro, Selenio, Cadmio, Mercurio, Cobalto, Oro, Plata, Arsénico, Zinc, Níquel, Berilio, Magnesio, Vanadio y Bario. avanzando en las derivadas de este grupo, se evidencian los aparatos eléctricos y electrónicos que relacionan cada metal encontrado y finaliza con el número CAS, definido por el NIOSH como *“El número de registro (Chemical Abstracts Service o CAS) aparece en la porción superior derecha de cada tabla de sustancias químicas. El número CAS, en el formato xxx-xx-x, es único para cada sustancia química, lo que permite una búsqueda eficiente en las bases de datos computarizadas”* (79).

**Tabla 8** Indicadores biológicos de la exposición a metales pesados en gestores de RAEE en Colombia:



Elaboración propia

En el segundo grupo se encuentran las afecciones de salud, divididas en 7 subgrupos, dentro de los que se encuentran las vías de exposición principales (inhalación, dérmica e ingesta). En la segunda columna, se señalan los signos y síntomas precoces de exposición desencadenados después del primer contacto sobreexposición al metal pesado. Estos pueden variar desde una irritación dérmica simple hasta disminución de la función pulmonar.

En la siguiente columna, el umbral de exposición aguda hace referencia al nivel en el que se presentan dichos síntomas.

En la tercera y cuarta columna de la sección efectos en salud, se encuentran los signos y síntomas de exposición crónica y el umbral en el cual se desencadenan los mismos. Estos a su vez pueden variar desde una fotofobia hasta hepatotoxicidad y cáncer. El órgano blanco hace referencia a los tejidos del cuerpo humano que reaccionan a un estímulo externo o interno, independientemente de su origen y finaliza con el tipo de compuesto del metal pesado descrito. Y cerrando esta sección, se encuentra el tipo de compuesto al que hace referencia al tipo de metal pesado que se desea evaluar.

Continuando con la distribución de la matriz, en la tercera sección se encuentran los límites de exposición ocupacional que a su vez se subdivide en dos grandes grupos; biomarcadores biológicos y valores toxicológicos de referencia. En el primer grupo se encuentran los BEIs<sup>®</sup> (Índices de Exposición Biológica) que son *“valores de referencia para la evaluación de resultados del control biológico, representan en general los niveles de determinantes que son más propensos a ser observado en las muestras recogidas de los trabajadores sanos que han estado expuestos a productos químicos”* (24).

La siguiente columna de anotaciones son extracciones del libro de los TLVs and BEIs 2018, en donde **B** “*El determinante puede estar presente en muestras biológicas recolectadas de sujetos que no han sido expuestos ocupacionalmente, en una concentración que podría afectar la interpretación del resultado*”, **Nq** “*El control biológico no cuantitativo debe considerarse para este compuesto en base a la revisión; sin embargo, un BEI ® específico no se pudo determinar debido a datos insuficientes*”, **Ns** “*El determinante es inespecífico*”, **Sq** “*El determinante biológico es un indicador de exposición al químico, pero la interpretación cuantitativa de la medición es ambigua*”, **POP** “*cuando no hay datos suficientes para establecer un BEI ® numérico, pero cuando hay datos suficientes sobre los niveles de fondo en la población general*”(24).

En este mismo orden, se describen 3 indicadores de origen alemán; uno de estos es BAT, este se define como el “*Valor biológico tolerable para agentes químicos... Los valores BAT rigen generalmente para una exposición a agentes puros. No pueden emplearse sin más en caso de manejar preparados*”. Los valores BAR (Biologische Arbeitsstoff- Referenzwerte) corresponden “*al nivel basal de un agente existente en un momento determinado en una población de referencia compuesta por personas en edad laboral que no están expuestas profesionalmente a dicho agente*”, El valor BLW (Biologischer Leitwert) “*es la cantidad de un agente o de los metabolitos de un agente, o la desviación que este provoca en un indicador biológico respecto de su norma, y que ha de tomarse como referencia al adoptar medidas de protección*” (80).

En esta misma línea, El Instituto Finlandés de Salud Ocupacional por sus siglas en inglés FIOH ha generado una guía para el biomonitorio de la exposición a sustancias químicas en donde recopila una serie de valores límites de referencia de normalidad que indica la no exposición de la sustancia junto con sus anotaciones en donde se determina tipo de la muestra y momento de la toma (64).

En la tercera sección se encuentra un segundo subgrupo donde se contemplan los valores toxicológicos de referencia, iniciando con los valores PEL; establecidos por la OSHA y que hacen referencia al límite legal máximo de exposición superior a unas sustancias peligrosas a la que un empleado puede estar expuesto en un período de 8 horas (82). Dentro de los límites de exposición ocupacional, podemos encontrar la segunda sección que hace referencia a los valores toxicológicos donde se destaca el **Valor Límite permisible – Promedio ponderado en el tiempo (TLV-TWA<sup>®</sup>)** junto con sus anotaciones los cuales se refieren a *«las concentraciones de sustancias químicas en el aire y representan condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, durante la vida laboral, sin efectos adversos para la salud...para una jornada laboral normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas»* (24).

El TLV- STEL es el término utilizado para los valores límite de exposición para un corto periodo de tiempo, sin sufrir ningún daño, siendo un complemento de la media ponderada en el tiempo (TWA) durante un periodo de 15 min en una jornada laboral (24), los cuales no pueden exceder más de 5 veces en una jornada laboral y los intervalos entre picos debe ser de una (1) hora entre cada uno. El IDLH (Valor de concentración inmediatamente

peligroso para la vida y la salud), desarrollado y definidos por el NIOSH como una condición de peligro inmediato para la vida o la salud «*situación que representa una amenaza a contaminantes en el aire cuando esa exposición puede causar la muerte o efectos adversos permanentes inmediatos o retardados para la salud o evitar el escape de tal ambiente*» (79), son valores que representan la concentración de una sustancia química en el aire que pueden estar expuestos en los trabajadores adultos sanos «si sus respiradores fallan» sin sufrir efectos de salud.

La NCELS (Nueva Exposición a Sustancias Químicas Límite), es un valor dado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental para los Estados Unidos) para aquellas sustancias químicas nuevas con fines comerciales y que puedan poner en riesgo la salud humana a través de la exposición por inhalación. estos se basan en Límites de Exposición Permisibles (PEL), bajo la Ley de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA, por sus siglas en inglés). es decir que los empleados potencialmente expuestos de una empresa deben usar respiradores específicos a menos que las mediciones reales del aire estén por debajo de ese valor (83).

La DL50 es la concentración calculada de una sustancia química en el aire a la que se espera que la exposición durante un período específico de tiempo cause la muerte en el 50% de una población experimental. LCLO (concentración letal) es la concentración más baja de una sustancia química en el aire, que según se informa causa la muerte en humanos y/o animales. Dosis letal LDLo; hace referencia a la dosis más baja de un producto químico introducido por una ruta distinta a la inhalación y que causa la muerte en humanos o animales y la Dosis letal (DL50); es la dosis de un químico que se ha calculado para causar la muerte en el 50% de una población experimental (84).

Finalizando con este subgrupo, se encuentra el MAK, en siglas: (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration)

*“La máxima concentración admisible que puede alcanzar una sustancia en forma de gas, vapor o suspensión en el aire del lugar de trabajo sin que produzca en general alteraciones en la salud de los trabajadores ni genere molestias desproporcionadas, incluso en casos de exposición reiterada y continuada normalmente de 8 horas diarias, restringida a una semana de trabajo promedio de 40 horas”(80). (Comisión del senado de la DFG para la investigación y el efecto de componentes químicos en el área de trabajo sobre la salud,2018, Ref 80, Pág 9)*

En la cuarta sección se encuentra la categorización, realizada con base en las anotaciones de carcinogenicidad de la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer es un órgano intergubernamental que forma parte de la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas), Aplica cinco grupos para evaluar la solidez de la evidencia científica y determinar una posible asociación con el cáncer en los seres humanos.

Es así como la IARC define y clasifica si la evidencia es suficiente para llegar a una conclusión de causalidad. haciéndolo a través de 5 grupos definidos así: Grupo 1. Cancerígeno, donde la evidencia ha mostrado que es un agente que se asocia con el cáncer en seres humanos; Grupo 2A. Probablemente cancerígeno, donde existe una evidencia limitada, pero con pruebas suficientes para daño en animales. Grupo 2B. Posiblemente cancerígeno, donde la evidencia es limitada y las pruebas en animales son insuficientes. Grupo 3. No se clasifica, donde la evidencia indica que no es posible su clasificación y

finalmente, Grupo 4. Probablemente no cancerígeno pues hay pruebas de no lo asociativas (76).

En la quinta sección se describe el muestreo y se subdivide en: medio, momento de la toma y clasificación; Seleccionando el tipo de muestra biológica que se necesita obtener para el estudio, definiendo el tiempo adecuado para la extracción de la muestra que deberá ser según su momento de mayor bioacumulación y seguido de la clasificación; donde se determina si este tipo de muestra será un indicador de exposición o de efecto que determina según el resultado obtenido, finalizando con las referencias bibliográficas numeradas, las cuáles se podrán encontrar al finalizar este documento.

Para la utilización de esta matriz se hace pertinente que los resultados de la valoración cualitativa de la exposición determinen el metal pesado junto con el número CAS. posteriormente, se puede generar un mapeo de los límites de exposición y los valores biológicos de referencia y así mismo poder determinar el momento ideal para la toma y el tipo de muestra a obtener. es importante recordar que para el uso e interpretación de la matriz se requiere de personal idóneo preferiblemente personal médico especializado en el área de salud ocupacional.

Para Colombia específicamente, la resolución 2400 de 1.979 adopta y reglamenta los valores guía establecidos por la ACGIH (TLVs y BEIs) (64), sin embargo para efectos de este trabajo se han recopilado todos los valores límite de exposición a fin de complementar y apoyar la información recolectada. Es importante resaltar que existen pocos estudios en seres humanos, por lo que la mayoría de estos son realizados en animales y en otros casos

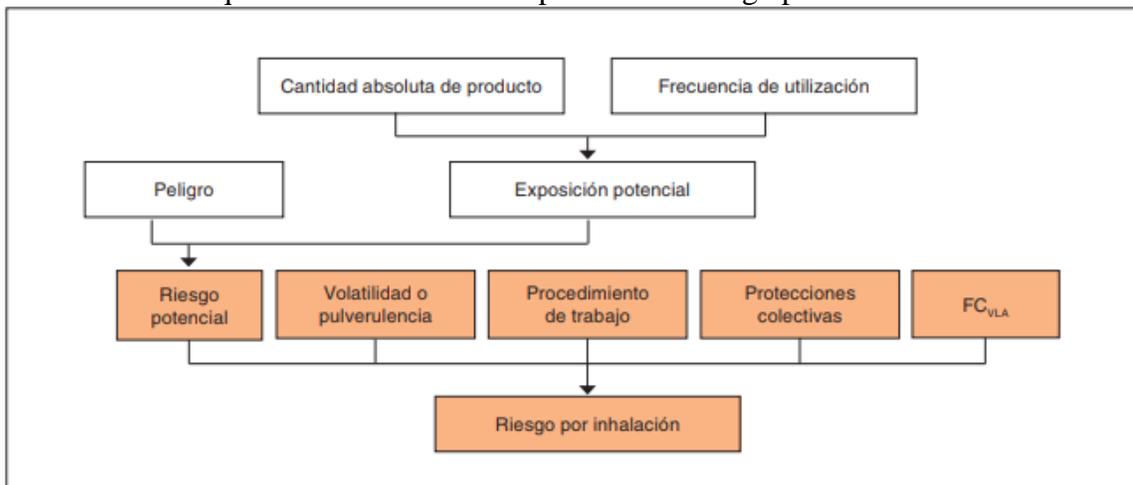
no se logran hallar datos exactos. Aclarando por último que debido a que no hay límites de exposición para mezclas, esta matriz no contempla valores aditivos o de sinergia para los efectos.

### 8.3 Estrategia de muestreo para el monitoreo biológico de la exposición .

#### 8.3.1 Evaluación cualitativa de la exposición

La evaluación cualitativa de exposición, se realiza teniendo en cuenta los aspectos contemplados en la Nota Técnica de Prevención (NTP) 937, que se enfoca en “Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III)”. Método basado en el INRS<sup>25</sup> (85), utilizando el esquema de evaluación simplificada de riesgo por inhalación que propone variables de la siguiente manera (ver ilustración 3):

**Ilustración 3** Esquema de evaluación simplificada de riesgo por inhalación



Fuente : NTP 937

<sup>25</sup> INRS: Institut National de Recherche et de Sécurité

Dichas variables se obtienen del desarrollo de diferentes parámetros y se inicia con la clasificación del peligro, describiendo con las frases R o H (indicaciones de peligro) de un agente químico; y continuando con la clase de exposición potencial determinada por la cantidad de sustancia y la frecuencia de utilización de la misma. la relación de las dos primeras variables da como resultado el riesgo potencial y puntuación; luego teniendo en cuenta la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización se establece la volatilidad o pulverulencia; seguido del procedimiento de trabajo. a continuación, se determina la protección colectiva; después se realizara la corrección en función de TLV, y por último se calcula la puntuación del riesgo por inhalación resolviendo la siguiente formula:

$$P_{inh} = P_{riesgopot} * P_{volatilidad} * P_{procedimiento} * P_{proteccióncolectiva} * F_{ctl} \diamond.$$

Para el desarrollo de este método, se hace necesario reconocer cada una de las sustancias químicas que se encuentran en el ambiente laboral con sus respectivas hojas de seguridad. Identificar las diferentes tareas que se realizan en el proceso de reciclaje de AEE para establecer la actividad con mayor exposición a agentes químicos y la frecuencia con la que esta se realiza, además de la cantidad de tiempo de su jornada laboral que se encuentra en contacto con agentes químicos ayudan a determinar la exposición potencial. Luego se clasifica el peligro con base en las indicaciones de peligro o frases R ó H.

Al evaluar la metodología aplicada en este proceso se entrevén algunas ventajas ya que es una herramienta que permite establecer los GES (grupos de exposición similar) más afectados, determinando qué y donde medir, de acuerdo a los diferentes procesos y sus

sistemas de ventilación; como un modelo simplificado , práctico , estandarizado , replicable, reproducible y con trazabilidad para estimar de manera cualitativa una aproximación de la afección probable en la salud del trabajador desde exposiciones similares, efectos biológicos y enfermedades ocupacionales. Con todo esto se promueve la vigilancia, a partir de bases de datos predeterminados y/o modelos de cálculos preestablecidos, desarrollados para realizar la exposición ocupacional inhalatoria o dérmica sin necesidad de mediciones exactas de biomarcadores.

También es importante enunciar las limitantes encontradas a lo largo del proceso, puesto que enmarca un alto grado de exigencia y experticia a la hora de aplicarlo e interpretarlo por lo que se sugiere un especialista en higiene industrial para tener controles rigurosos en las tareas. Al elegir este método evaluador es posible obtener un diagnóstico inicial de la exposición a peligro químico, determinando si se deben realizar medidas de control o análisis más detallados. si el resultado de exposicion es bajo indicará que ha finalizado la evaluación.

Es por esto que la interpretación de los resultados se encuentra determinado en tres grupos así: el riesgo por inhalacion  $>1000$ , en prioridad de acción se considera: 1 y en caracterizacion de riesgo: probablemente muy elevado (medidas correctoras inmediatas); el riesgo por inhalacion :  $>100$  y  $< 1000$ , en prioridad de accion: 2, y en caracterizacion del riesgo: moderado necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluacion mas detallada; el riesgo por inhalacion  $<100$  , prioridad accion 3 y caraterizacion riesgo: a priori bajo ( sin necesidad de modificcaciones) .

Con esto, se puede inferir que este modelo seria de gran utilidad para el desarrollo de un monitoreo biológico pues da una estimacion veraz y objetiva de la exposición a peligro

químico durante el proceso de gestión de residuos eléctricos y electrónicos y le dan peso a la necesidad de intervención según la calificación estimada en aras de intervenirlo.

Por lo anterior se propone el formato de recolección de los datos, para la evaluación cualitativa de la exposición en el anexo 13,8, el cual pretende recoger la información anteriormente mencionada. Para facilitar dicho proceso, El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en su página web; aporta un calculador en el que se pueden ingresar los resultados y establecer la puntuación. En el siguientes vinculo se encuentra el calculador y con las imágenes la ruta de navegación. <http://rqweb.inssbt.es/>

#### *Ilustración 4* Página web de INSST número 1

The screenshot displays the INSST website interface. At the top, there is a navigation bar with the Spanish flag, the text 'GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO, INMIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL', the 'insst' logo, and a menu with items: 'ayuda | Atención a consultas | Quejas y Sugerencias | accesibilidad | foros técnicos'. Below this is a secondary menu: 'Inicio | Normativa | Documentación | Formación | UE-Internacional'. A search bar is located on the right side of the header. The main content area features a banner with silhouettes of people and the word 'Buscador'. Below the banner, the breadcrumb trail reads '> Estás en: Inicio / Buscador general'. The main article is titled 'Calculador: "Exposición a agentes químicos. Evaluación cualitativa del riesgo por inhalación"'. It includes a date 'Fecha 24/07/2018' and a detailed description of the calculator's purpose and methodology. A chemical structure icon is visible. A 'versión para imprimir' link is present. On the right side, there is a sidebar with links to 'Observatorio', 'Observatorio Estatal de Condiciones de Trabajo', 'Comisión Nacional SST', 'COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO', 'Portales Temáticos', 'Red Española de Seguridad y Salud en el Trabajo', and 'Acceda a la Red Española de SST'.

Fuente: pagina del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

## Ilustración 5 Página web de INSST número 2

Calculadores INSST | Exposición a agentes químicos. Evaluación cualitativa del riesgo por inhalación de agentes químicos | Volver a calculadores

Exposición a agentes químicos. Evaluación cualitativa del riesgo por inhalación de agentes químicos.

Introducción

Entrada de datos: Operaciones

Recursos adicionales

Acceso con Mi identificador

Identificador

Clave

Acceder >

El procedimiento que se describe en esta aplicación está basado en la metodología de evaluación simplificada del riesgo químico propuesta por el Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Sobre dicha metodología se han realizado algunas modificaciones que permiten evaluar el riesgo en base a más variables.

Esta evaluación cualitativa se realiza estableciendo una clase y una puntuación para cada una de las variables implicadas (ver esquema) y, en último término, una puntuación para el riesgo por inhalación que permita caracterizar el riesgo clasificándolo como riesgo a priori bajo, riesgo moderado o riesgo probablemente muy elevado.

PELIGRO Clase: [ ]

CANTIDAD UTILIZADA Clase: [ ]

FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN Clase: [ ]

EXPOSICIÓN POTENCIAL Clase: [ ]

RIESGO POTENCIAL Clase: [ ] Puntuación: [ ]

VOLATILIDAD Clase: [ ] Puntuación: [ ]

PROCEDIMIENTO Clase: [ ] Puntuación: [ ]

PROTECCIÓN COLECTIVA Clase: [ ] Puntuación: [ ]

FC(VLA) Factor de corrección: [ ]

Puntuación del riesgo por inhalación = [ ]

Fuente: pagina del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

### 8.4 Historia clínica de exposición a metales pesados para la industria de RAEE

Dando alcance al segundo objetivo del trabajo de grado, «Definir criterios técnicos 'que y cuando hacer' y metodológicos 'como hacer' para el monitoreo biológico de la exposición», se puede evidenciar en el anexo 13,9, la construcción de la historia, enfocada en la búsqueda exhaustiva de signos y síntomas a través de la inferencia documentada.

Para la construcción de la historia clínica, se hace uso de la matriz de indicadores biológicos de exposición a metales pesados (ver anexo 13,7); donde se describen signos y síntomas derivados de la exposición, junto con la cronicidad y pruebas diagnósticas. Cabe aclarar que la elaboración de esta herramienta debe ser realizada por personal medico capacitado para tal fin (médico especialista en salud ocupacional).

La Historia Clínica consta de 10 apartados, que deben ser diligenciados de la siguiente manera:

1. **Identificación del paciente y de la empresa en la cual labora actualmente:** esta sección debe ser diligenciada en su totalidad con letra clara y sin omitir ninguna información.
2. **Motivo de la consulta:** se consignará la razón por la cual se realiza la consulta médica, junto con los signos y síntomas que tenga el paciente si es el caso.
3. **Historia Laboral:** en esta sección se encuentra una tabla que se debe alimentar con los siguientes datos:
  - Nombre de la empresa: Corresponde al lugar donde previamente realizaba sus labores antes de ingresar a la organización actual.
  - Antigüedad: Tiempo expresado en años que duró laborando en la empresa en cuestión.
  - Cargo y Funciones: Nombre del cargo y detalle de las funciones realizadas una a una; ejemplo: desensamble de aparatos, transporte, almacenamiento etc.
  - Agente químico expuesto: Relaciona todos los posibles agentes químicos a los cuales se estuvo expuesto previamente el empleado indagando principalmente por los metales pesados (Aluminio, Cobre,

Estaño, Plomo, Hierro, Selenio, Cadmio, Mercurio, Cobalto, Oro, Plata, Arsénico, Zinc, Níquel, Berilio, Magnesio, Vanadio y Bario), pero sin dejar de lado químicos como los solventes, los cuales podrían afectar el mismo órgano blanco llegando a constituir un factor de confusión a la hora de determinar el agente causal de la patología.

Posteriormente se encuentra todo lo relacionado con la antigüedad en la empresa y el cargo actual. esta deberá ser consignada en meses para la estadística anual, esto da una idea de los síntomas con respecto a la cronología de exposición. En la actividad en el cargo, se debe indagar por las tareas y especificar los procesos y actividades en los que podría existir exposición a metales pesados.

Continuando con la utilización de elementos de protección personal (Epps) es necesario indagar por su uso a través de una tabla con los siguientes criterios:

- Elementos: En las columnas de la parte superior se discriminan de forma gráfica y textual el tipo de EPPs que deben usarse regularmente en el trabajo que desempeña.
- Cambio de EPPs: En la fila derecha, debe señalarse la frecuencia con la que se reemplazan estos elementos, siendo específico según sea el caso como: Cambio Ocasional; (Esporádico «menos de una vez cada 6 meses»). Cambio Frecuente: (A diario o más de tres veces por semana).  
Uso Ocasional: (De vez en cuando en la jornada laboral). Uso Frecuente:

(Durante toda la jornada). Nunca: (En lo que lleva laborando nunca ha sido cambiado o no los usa).

- ¿Qué motiva el cambio?: Se indica el motivo por lo cual son cambiados los elementos: protocolo, desgaste del material, por estudios de exposición, etc.).

4. **Antecedentes médicos:** interroge y consigne en cada ítem así:

- **Patológicos:** Indague sobre todas aquellas enfermedades diagnosticadas que pudiese padecer el paciente con el fin de buscar posibles signos y/o síntomas que tengan el potencial de desencadenarse debido a la exposición a metales pesados, o alteraciones orgánicas las cuales pudiesen tener un efecto perjudicial en el metabolismo de éstos.
- **Quirúrgicos:** Interroge acerca de las cirugías que ha tenido la persona, en especial por aquellas en donde se hayan extraído órganos y que puedan impactar en el metabolismo de ciertas sustancias.
- **Farmacológicos:** Procure identificar medicamentos que pudieran explicar los síntomas actuales del paciente, alterar su metabolismo o tener un efecto aditivo y/o perjudicial con alguna sustancia química.
- **Tóxicos Alérgicos:** Identifique la sensibilidad especial a cierto tipo de medicamentos y/o sustancias que pudieran ocasionar alguna reacción alérgica (oro, plata, etc.) en el paciente.
- **Reproductivos:** Si es mujer, consulte acerca de su número de gestaciones, fecha de la última regla y método de planificación; esto con

el fin de confirmar o descartar una sospecha de embarazo. Conteste interrogantes sobre la capacidad de concepción (fertilidad) junto con la presencia de malformaciones anatómicas, alteraciones en el desarrollo de los hijos que tenga actualmente (autismo, TDHA, déficit cognitivo, entre otros).

Adicionalmente en esta sección deberá consultar por aquellos hábitos de consumo a los cuales pudieran estar expuestos los trabajadores. esto debe realizarse a través de una serie de preguntas; las cuales buscan indagar acerca de posibles exposiciones a metales pesados diferentes a los del origen ocupacional. Es así como el consumo de agua potable y de pescados según la frecuencia con la que se haga, podrían llegar a ser determinantes para el contagio de metales como Mercurio, Cadmio, Estaño, Arsénico, Plomo, Cobalto o Cobre. Sobre todo pescados de gran tamaño como el Salmón (salvo que provengan de aguas vírgenes como Alaska), Pez espada, Atún, Cazón, Majarro, Tironeta, Salmonete de roca, así como pescados o frutos de mar de pequeño tamaño como Mejillones, Berbechos, Almejas y en menor grado sardina, anchoa, boquerón, caballa o jurel, según la AECOSAN (Agencia española de consumo, seguridad alimentaria y nutrición) (86).

Se hace relevante indagar adicionalmente sobre el consumo de alimentos en el lugar de trabajo, ya que podría ocurrir una ingesta inconsciente de estos metales, así mismo, saber si el paciente consume bebidas alcohólicas o si es fumador, para descartar posibles enfermedades que estén relacionadas con estos hábitos y/o que confundan. También deben relacionarse las actividades extralaborales que pueda desempeñar el paciente/trabajador buscando posibles exposiciones no documentadas como la fabricación artesanal de vitrales,

pinturas al óleo o genéricas, mecánica, desensamble casero de aparatos electrónicos, entre otros.

Finalmente, identifique antecedentes en términos de accidentes laborales donde la principal causa haya sido una exposición a metales pesados, por ejemplo; intoxicaciones agudas por plomo o mercurio, entre otros.

5. **Revisión por sistemas:** A través de la construcción de una matriz realice una consulta cefalo caudal sobre los posibles síntomas que pudiera estar presentado el empleado con un si o no, hace cuanto (expreselo en años) y posteriormente relacione la actividad con los que se desarrolló dicho síntoma así:

- Actividad: Describa la tarea que realiza al momento de presentar el síntoma.
- Momento del turno: con una X señale el momento en el que se expone durante la actividad señalada (antes, durante y/o después)

6. **Examen físico:** Señale los signos vitales y el estado general y realice una exploración cefalo caudal por medio de tablas que guiarán el examen en este orden:

- Cabeza y Cuello:
  - Coloración de la piel indicando la existencia de palidez, rubicundez y/o cianosis.
  - Agudeza visual realizada a través de la tabla de Snell.

- Conjuntivas; evidencie pigmentación y/o lesiones, hiperemia.
- Escleras; evalúe la presencia de ictericia y observe la presencia de lagrimeo.
- Nariz; vigile la presencia de perforaciones o lesiones en tabique nasal.
- Región Oral; evalúe el paladar, vigile la presencia de úlceras tanto en encías como en paladar, gingivorragias, gingivitis, sensación de dientes móviles y largos e indague sobre sensación a sabor metálico. Evalúe la presencia de halitosis, busque el Signo de Burton o ribete de Gilbert (línea azul en la unión de los dientes con las encías en la intoxicación por plomo) (Ilustración 6).

**Ilustración 6** Signo de Burton o ribete de Gilbert



Ribete de Burton en una intoxicación por plomo de origen laboral.

- Cardiopulmonar: Inspeccione la presencia de polipnea o uso de musculatura accesoria, luego continúe con la palpación de masas y/o

anormalidades en la piel de la caja torácica, realice percusiones buscando posibles consolidaciones y por último ausculte ruidos respiratorios buscando sibilancias, roncus (signos de broncoconstricción) o estertores (para procesos inflamatorios pulmonares). En la sección de corazón, ausculte y vigile el ritmo (buscando posibles taquiarritmias o ruidos sobre agregados) y evalúe la existencia de soplos cardiacos.

- Abdomen: inspeccione su forma, palpe la presencia de masas o visceromegalias, percuta para indagar posibles procesos ocupantes de espacio en la cavidad abdominal, ausculte la motilidad gástrica y/o posibles soplos vasculares.
- Piel y Faneras: Inspeccione y palpe la presencia de hiperemia en piel junto con signos de descamación, prurito, placas, vesículas y/o pápulas valorando la coloración de la piel, quemaduras, pérdida del cabello, uñas quebradizas.
- Osteomuscular: Inspeccione la coloración de la piel, arcos de movilidad, palpe pulsos, masas, evalúe temperatura de la piel junto con reflejos osteotendinosos y tono muscular.
- Sistema nervioso central (SNC): Analice la expresión verbal y corporal junto con presencia de tics, fasciculaciones y/o temblores y prosiga con

el estado actual de consciencia (alerta, letargia, obnubilación, estupor, coma). En memoria valide la capacidad de retener información y memorizar secuencias a través del «*mini mental test*», evalúe la orientación en tiempo, espacio y persona; (recuerde que la desorientación espacial es común en exposición a estaño). Observe y analice el lenguaje verbal y escrito y realice pruebas de coordinación cognitiva y visomotora junto con capacidad de razonamiento verbal, explore pares craneanos (busque anosmias) y cuando evalúe los dermatomas finalice con la búsqueda de neuropatías periféricas.

7. **Pruebas Diagnósticas:** Consigne y especifique todos los exámenes aportados por el paciente en donde relacione la fecha y el resultado, recuerde correlacionar los valores y hallazgos con la matriz de indicadores biológicos de exposición a metales pesados. Tome de referente siempre la que tenga el menor valor de la lista (en el caso de laboratorios específicos para metales pesados) y los paraclínicos para evaluar la función de los órganos blanco, resaltando los resultados alterados para el posterior análisis.
8. **Impresión Diagnóstica:** Será el resultado de la deducción y análisis de todo lo aportado en la historia clínica ocupacional; apoyado en la matriz de indicadores biológicos de exposición a metales pesados.
9. **Análisis:** Consigne la inferencia realizada por el profesional médico especializado una vez se haya recopilado toda la información y sea correlacionada con la matriz

de indicadores biológicos junto con los signos y síntomas que presenta el paciente, el cual a su vez le aportará herramientas para determinar la conducta a seguir.

10. **Conducta Médica:** Describa paso a paso las acciones que se tomarán para determinar la exposición a metales pesados, esto se realiza con base en la matriz de indicadores biológicos de exposición a metales pesados fundamentada en la recopilación de signos y síntomas por cada uno de éstos junto con las pruebas diagnósticas y el momento en el cual se deberá realizar. Para usarla debe ubicar los signos y síntomas que presenta el paciente y compararlo en la matriz una vez ubique los posibles metales pesados a los que pudo estar expuesto y solicite los exámenes pertinentes para la confirmación de la exposición. tenga en cuenta el momento en el cual se debe realizar la toma.

No olvide determinar en esta sección la conducta laboral a seguir según el Manual Guía Sobre Procedimientos para la Rehabilitación y Reincorporación Ocupacional de los Trabajadores en el Sistema General de Riesgos Profesionales, de esta manera (87):

- Reubicación Laboral: *“Cambiar al trabajador de puesto de trabajo o de ocupación, ya sea temporal o definitivo, dependiendo de la lesión y del análisis del puesto de trabajo”*; considere esta acción una vez haya demostrado la asociación causal entre los síntomas y la exposición ocupacional al metal pesado.

- **Reincorporación Ocupacional:** *“Retorno del trabajador a sus roles ocupacionales, en iguales condiciones de desempeño”*. Considere esta acción cuando sí el paciente presentó signos y síntomas en el examen médico relacionado con la exposición a metales pesados, pero no se logró establecer asociación causal a través de las pruebas diagnósticas y por lo cual puede volver a su puesto de trabajo sin presentar cambios.
- **Reincorporación Laboral:** *“Retorno del trabajador a su puesto habitual, en iguales condiciones de desempeño con menores riesgos”*. Considere esta acción una vez se haya demostrado clínica o paraclínicamente que los niveles de metal pesado en el cuerpo se encuentran por debajo de los valores límite permisibles para el trabajador, junto con la disminución o desaparición de síntomas y signos presentados previamente. Recuerde que antes de ordenar esta acción, deben haber cambiado las condiciones de trabajo, disminuyendo así el riesgo de reincidencia.
- **Conducta Laboral Sin Cambios:** Cuando en el examen médico no se evidencien alteraciones que impidan el normal desempeño laboral del paciente.

**11. Examen Alterado:** Una vez concluida la historia clínica, el profesional de la salud estará en la capacidad de determinar si el examen en cuestión se encuentra alterado; (presencia de signos y/o síntomas propios derivados de la exposición a metales pesados); a fin de obtener la estadística al final del periodo de seguimiento.

Se hace pertinente resaltar que esta historia clínica debe adjuntarse con el examen de ingreso y de egreso de cada funcionario que tenga riesgo asociado a la exposición a metales pesados y deberá repetirse anualmente en los casos no alterados. en aquellos casos donde se determinen alteraciones en el examen médico, debe disminuir el lapso entre valoraciones para realizar una vigilancia clínica estrecha de la evolución del caso y así mismo poder implementar estrategias correctivas en el medio laboral. En cuanto al seguimiento paraclínico e imagenológico, se realiza en función de la toxicocinética del metal pesado al cual se ha expuesto.

#### *8.5 Flujograma para el seguimiento de la exposición a metales pesados*

Dando alcance al segundo objetivo «*Definir criterios técnicos 'qué y cuándo hacer' y metodológicos 'cómo hacer' para el monitoreo biológico de la exposición*», se hace necesario el diseño de un flujograma, en donde se logre determinar un orden cronológico del paso a paso a seguir para el seguimiento de la exposición a metales pesados.

En el anexo número 13,11; se encuentra un flujograma que tiene como inicio la inspección del proceso, por tanto, se sugiere remitirse al centro de acopio de RAEE en estudio y conocer los diferentes procedimientos que realiza la empresa.

Para una adecuada inspección se debe contar con una lista de chequeo (ver anexo 13,4) que permita identificar de manera ordenada y sistemática los diferentes procesos que se realizan en la planta, junto con la identificación de posibles peligros a los cuales pudieran estar expuestos los empleados y a su vez inspeccionar el proceso para conocer las diferentes tareas que lo acompañan.

Luego de tener claros los procesos, procedimientos y tareas, se procede a realizar la identificación de peligros y valoración del riesgo que tendrán que ser consignados en la matriz destinada para tal fin.

Una vez se haya construido la matriz de identificación de peligros y valoración del riesgo determine si hay o no exposición a peligro químico; de estar ausente realice controles periódicos, de encontrarse presente, debe caracterizar las sustancias químicas y una vez esté plenamente identificada determine si es o no un metal pesado, así, de serlo serán reconocidas las propiedades de cada uno de éstos y podrán seleccionarse posteriormente en el método de evaluación cualitativa de la exposición más acorde, inicie luego con la evaluación y tenga en cuenta para esta, la cantidad de la sustancia manejada, la frecuencia y forma de utilización de la sustancia química, junto con las hojas de datos de seguridad MSDS.

Una vez realizada la valoración anterior, determine según la clasificación, qué resultado arroja el estudio; puede ser leve, moderado o severo. De ser leve realice controles periódicos, pero si el resultado arroja una clasificación entre moderada o severa, consulte y aplique la matriz de monitoreo biológico de la exposición a metales pesados.

Posterior a esto, se debe realizar el examen médico ocupacional en el que se aplique la historia clínica enfocada a la exposición a metales pesados (ver Anexo 13,9), y es aquí donde se realiza una búsqueda exhaustiva cefalocaudal del estado de salud actual del empleado, junto con los posibles signos y síntomas que podría estar presentando.

Una vez el profesional de la salud realice el examen médico, debe analizar los hallazgos encontrados y determinar cuál es la prueba diagnóstica más acorde para cada empleado junto con el momento de la toma; esto lo hará teniendo en cuenta la matriz de monitoreo biológico de la exposición a metales pesados (ver anexo 13,7). De estar alterado el examen es decir, que supere los valores de referencia de los Indicadores biológicos de exposición o de encontrarse hallazgos imagenológicos compatibles con los expuestos en la matriz, debe implementar controles a la exposición en la fuente, en el medio y en el trabajador. para esto debe iniciar nuevamente con la inspección del proceso de trabajo y continuar según como lo indica el flujograma; detener la exposición al metal pesado identificado, reubicar a la persona afectada y remitirla a la EPS para su manejo integral y si no se encuentra alterado debe continuar con los controles periódicos (anuales). aclarando que una vez sea confirmada la exposición del empleado, debe tener un seguimiento estrecho para evaluar su evolución a través del examen médico ocupacional y las pruebas diagnósticas.

#### *8.6 Criterios para la elección de laboratorio y el aseguramiento de la calidad de la muestra*

Como se ha podido evidenciar a lo largo de este trabajo, la exposición a metales pesados derivados de la industria de RAEE se ha convertido en una nueva preocupación para la salud ocupacional a nivel global, es por esto que se hace imperativo crear estrategias para la protección y vigilancia del trabajador y es aquí donde surge la necesidad de realizar un monitoreo biológico de la exposición a todos los trabajadores que tengan contacto con estos materiales y para ello se requiere del apoyo técnico por parte de laboratorios clínicos

toxicológicos con experiencia en manejo de metales que se alineen a los criterios para el aseguramiento de la muestra.

#### CRITERIOS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA MUESTRA

1. Realizar una planificación (identificación previa de la población objeto).
2. Realizar la divulgación y comunicación de la actividad.
3. Informar y diligenciar el consentimiento informado.

Nota: La muestra debe ser tomada por personal asistencial capacitado para esta función y en el momento que señale la matriz de indicadores biológicos de la exposición a metales pesados, teniendo en cuenta las siguientes indicaciones (90):

#### ORINA:

- Una muestra de 50 ml de orina.
- Recolección en recipiente sellado y estéril
- Sin intervención de conservantes.

#### SANGRE

- Una muestra de 10 ml
  - Recolección en un tubo heparinizado
  - Evite el uso de hisopos desinfectantes que contengan alcoholes.
5. El rótulo de la muestra debe contener la siguiente información:
    - Nombre o razón social del solicitante.
    - Tipo de sustancia que se requiere analizar.

- Datos del contacto.
  - Resumen de la historia clínica del paciente en caso de muestras biológicas.
6. Diligencie el formato de la cadena de custodia que consiste en relacionar a todas las personas que tuvieron algún contacto con la muestra desde el inicio hasta el fin del proceso.
  7. Las muestras recolectadas deben ser almacenadas en recipientes que las conserven y preserven hasta por cuatro semanas a temperaturas de 4°C.
  8. El transporte de las muestras debe realizarse en recipientes sellados (75).

#### *8.6 Criterios de elegibilidad del laboratorio clínico toxicológico*

1. El laboratorio debe contar con la certificación de habilitación otorgada por la Secretaría de Salud correspondiente de acuerdo con los requerimientos de la Resolución 1441 del 2.013 (91).
2. Debe contar además con Licencia de Salud Ocupacional expedida por la Secretaría de Salud correspondiente y dentro del alcance deben estar específicas las actividades relacionadas con el monitoreo biológico de exposición y análisis de biomarcadores.
3. Acreditación ISO 17025 aplicable a laboratorios de ensayo y calibración para la implementación de sistemas de gestión en actividades de la calidad, administrativas y técnicas; asegurando la competencia técnica y la validez de los resultados.

4. Si no cumple con el numeral 3 tendrá que demostrar la implementación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC), para asegurar la validez de sus resultados de acuerdo con los estándares de la Norma ISO 9001 Versión 2015 (77)
5. Debe de contar con un manual de funciones que incluya organigrama, misión, visión y la definición de funciones y responsabilidades de sus integrantes.
6. El laboratorio debe contar con documentos que recopilen todos los procedimientos administrativos y técnicos de las pruebas realizadas, desde la toma de muestras, hasta el procesamiento y emisión de resultados.
7. El laboratorio debe tener formatos estandarizados para el reporte de resultados en forma física y digital.
8. El laboratorio debe tener el control del inventario de reactivos, insumos y materiales empleados en la realización de los ensayos.
9. El Laboratorio debe contar con el personal administrativo, técnico y profesional idóneo para el procesamiento de las muestras.
10. Las instalaciones del laboratorio deben estar distribuidas por secciones o áreas de acuerdo con sus actividades misionales, debidamente identificadas con separación física para minimizar el riesgo de contaminación cruzada.

11. El laboratorio debe contar con el registro del mantenimiento realizado a sus instalaciones físicas de forma periódica y por parte de personal idóneo en la tarea.
12. El laboratorio debe contar con un plan de aseguramiento metrológico para todos sus equipos y dispositivos de medición.
13. El laboratorio debe contar con un área definida para la recepción de muestras que cumpla con las especificaciones técnicas.
14. El laboratorio debe de realizar seguimiento, control y registro de las condiciones ambientales de humedad y temperatura en todas las secciones donde se realicen procedimientos técnicos.
15. El laboratorio debe tener implementados sistemas de comunicación, informática y conectividad (internet) garantizando su comunicación interna y externa con todos los usuarios del servicio.
16. El laboratorio debe tener documentado el procedimiento de cadena de custodia para las muestras que lo requieran de acuerdo con las exigencias de ley.
17. El Laboratorio debe contar con protocolos que detallen los procedimientos que especifican las condiciones de recepción de muestras bajo parámetros de Bioseguridad, o Oportunidad, Control de Temperatura (cadena de frio) y Medios de Conservación.

18. El laboratorio debe contar con un Manual o Plan de gestión integral para el manejo de los residuos generados en sus diferentes secciones y áreas de trabajo ajustado a su grado de complejidad de acuerdo con la normatividad vigente. (Resolución 1164 de 2.002 - Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los Residuos Hospitalarios y Similares (19) y Decreto 4741 de 2.005 del Ministerio de Ambiente para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos) (72).

19. El laboratorio debe cumplir con las especificaciones técnicas de los recipientes para la recolección de desechos (reutilizables, desechables, corto punzantes, químicos y radiactivos) Resolución 1164 de 2.002 (19).

20. El Laboratorio debe contar con la ruta sanitaria interna de recolección de residuos peligrosos y no peligrosos de acuerdo con los criterios definidos en la resolución 1164 de 2.002 (19).

21. El Laboratorio debe contar con un área de almacenamiento central de residuos (Resolución 1164 de 2.002) (19).

22. El laboratorio debe diligenciar los registros de cuantificación de residuos (RH1) (Resolución 1164 de 2.002) (19).

23. El laboratorio debe contar con la implementación del sistema de gestión de salud y seguridad en el trabajo (Decreto 1072 de 2.015) (126).

## 9. Guía para el empleador

Dando alcance al objetivo 3 «Presentar de manera estructurada la información para el empleador», se elaboró una cartilla que sintetiza los lineamientos de ejecución para realizar el monitoreo biológico de la exposición a metales pesados en la industria de RAEE, para esto fue necesaria la recopilación de información, caracterización de la industria y el proceso de trabajo para la identificación de peligros y valoración del riesgo. Posterior a esto se definieron los criterios técnicos y metodológicos para su realización a través de la construcción de un marco legal que recoge la normatividad actual para este tipo de industrias.

Asimismo fue necesaria la elaboración de una matriz de indicadores biológicos de exposición derivados de la industria de RAEE, donde se pueden encontrar los diferentes metales pesados que integran los AEE, junto con los signos y síntomas derivados de esta y los valores límite de referencia e indicadores biológicos de la exposición.

Una vez recopilada esta información fue necesario seleccionar una estrategia de muestreo que buscara la manera de evaluar cualitativamente la exposición; por lo cual se propuso un método basado en el INRS tomando como referencia la NTP 937 «*Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III)*», que cuenta con pautas claras y fáciles de utilizar a la hora de realizar este tipo de monitoreo.

En desarrollo de la evaluación médica para la exposición a metales pesados, se contó con la elaboración de una historia clínica que a partir la matriz de indicadores biológicos de la exposición permitiera construir una herramienta fácil y sencilla de manejar y a su vez versátil para la búsqueda exhaustiva de signos y síntomas de exposición. Además de un flujograma para el seguimiento adecuado a la exposición de metales pesados y por último el levantamiento de criterios para el aseguramiento y control de calidad de las muestras y del laboratorio que las procesa, dando como resultado la elaboración de esta cartilla.

## 10. Discusión

De acuerdo con lo planteado en este proyecto investigativo sumado a los resultados obtenidos, se puede evidenciar una de las mayores problemáticas emergentes de este siglo relacionada con la basura electrónica, dejando al descubierto graves problemas para la salud y el medio ambiente derivados de la actividad del reciclaje. Esto se refleja en el estado del arte plasmado en el documento y muestra las consecuencias y el desconocimiento del gran peligro que representa la manipulación de aparatos eléctricos y electrónicos sin las debidas precauciones para esta tarea.

Para la ejecución de este trabajo fue necesario conocer la industria en la cual se maneja el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos en una ciudad como Bogotá. Para esto fue necesaria una visita al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible el pasado año 2018, que buscaba conocer todas las empresas con esta actividad económica, encontrando datos no oficiales de 54 empresas destinadas a esta labor, de las cuales 47 están legalmente constituidas con licencias ambientales vigentes y 7 en vía a la legalidad. Sin embargo, llama la atención el desconocimiento que hay sobre la industria informal emergente en esta ciudad, así como también fue difícil encontrar el número exacto de población trabajadora expuesta a la actividad ya que no se cuenta con estadísticas actualizadas que compilen esta información tanto para la industria formal como para la informal. Esto contrasta con los hallazgos encontrados en siete artículos del estado del arte, donde queda al descubierto el creciente problema que trae la informalidad en esta industria y la escasa regulación existente.

Es así como Bouchra Bekhiyi en su investigación publicada en el 2.018 *“Has the question of e-waste opened a Pandora's box An overview of unpredictable issues and challenges”* da una visión amplia sobre la problemática global de la basura electrónica, mostrando vacíos en la información y el comercio informal siendo estos los más vulnerables a la exposición (29). Conclusiones similares destaca Ceballos D., en una revisión sistemática publicada en el 2.016 *“The formal electronic recycling industry: Challenges and opportunities in occupational and environmental health research”*, donde resalta el peligro creciente que enfrentan los trabajadores informales del reciclaje a la hora de la manipulación indiscriminada de estos aparatos (31).

Para conocer el proceso y las diferentes tareas derivadas de éste trabajo, fue necesario el apoyo de un gestor de RAEE certificado y habilitado para la labor, el cual autorizó una visita para conocer dicho proceso donde se realizó una identificación de los peligros derivados de esta actividad; a través de la caracterización del proceso de trabajo por medio de las observaciones, análisis y entrevistas tanto al área operativa como administrativa, apoyados en la lista de chequeo realizada (ver anexo 13,4).

De esta manera se logró la construcción de la matriz de peligros y valoración del riesgo evidenciando que el peligro químico fue el más crítico requiriendo una intervención inmediata.

Al comparar el proceso y los resultados obtenidos de lo anterior junto con 10 artículos de investigación consultados para el estado del arte, con monitoreos biológicos de la exposición dentro y fuera de centros de los reciclaje, se hallaron publicaciones como la de

Ceballos D.(2017) “*Metal Exposures at three U.S. electronic scrap recycling facilities*”, que realiza una caracterización de los empleados y del ambiente de trabajo y que aporta al estudio realizado dejando recomendaciones de ingeniería y administrativos, junto con la importancia del uso de los EPPs en esta industria (38). Asimismo una tesis realizada por Reyes (2.017) «*Análisis de la exposición a plomo en los trabajadores que desensamblan residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en la empresa Orinoco e-scrap s.a.s.*», busca analizar la exposición laboral a sustancias químicas como el plomo durante la labor del reciclaje y realiza una caracterización del riesgo y de la labor a través del análisis de puesto de trabajo y entrevistas que ayuda a implementar medidas de acción e intervención dentro de un programa de vigilancia epidemiológica del SGSST (46).

Para el planteamiento de esta guía de monitoreo biológico, fue necesario establecer criterios técnicos y metodológicos, junto con la investigación científica para la construcción y el soporte de este tipo de estudio. Por lo mismo, fue necesaria la construcción de un marco legal, que recopilara toda la normatividad vigente aplicable en Colombia, concluyendo que para éste sector económico (gestores de RAEE), la normatividad es escasa y vaga a la hora de impartir sanciones a las industrias que incumplan con la norma. Es así como el Decreto 1072 del 2.015 en su parágrafo 3, obliga al empleador a desarrollar acciones de vigilancia en la salud de los trabajadores mediante evaluaciones médicas de ingreso, periódicas y de retiro sumado a programas de vigilancia epidemiológica con el propósito de identificar precozmente efectos hacia la salud derivados de los ambientes de trabajo y evaluar la eficacia de las medidas de prevención y control. Y aunque es clara la norma, deja aun vacíos importantes en cuanto al «cómo hacerlos» (13).

De igual manera la ley 55 de 1993 en su artículo 12, habla sobre las obligaciones de los empleadores frente al manejo de sustancias químicas por parte de los empleados impidiendo la exposición a este tipo de sustancias por encima de los límites o de otros criterios de exposición para la evaluación y el control del medio ambiente de trabajo establecidos por la autoridad competente (74). Sin embargo no define valores límites para la vigilancia ambiental y clínica propios para la población trabajadora en Colombia, reflejado también en estudios como el de Peeranartkiddee (2.018) en su artículo *“Risk assessment of lead and cadmium exposure from electronic waste recycling facilities in Southern Thailand”* con la realización de un monitoreo tomando como referencia los valores dados por la US EPA (30), algo muy parecido a lo realizado por Wittsiepe (2.016) *“Pilot study on the internal exposure to heavy metals of informal-level electronic waste workers in Agbogbloshie, Accra, Ghana”* donde comparan los datos versus estándares europeos evidenciando que la mayoría rebasaba los niveles permisibles de estas sustancias (35); Ceballos D. (2.017) en su artículo *“ Metal Exposures at three U.S. electronic scrap recycling facilities”* realizó una comparación de los resultados obtenidos con el OEL (Occupational Exposure Limit), los cuales son estándares europeos de exposición (38); así como en la tesis de Reyes (2.017) *«Análisis de la exposición a plomo en los trabajadores que desensamblan residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en la empresa Orinoco E-scrap S.A.S»*, se comparan los valores obtenidos con los valores BEIs para su estudio (46).

Continuando con la investigación del marco legal, en el Decreto ley 2090 del 2.003 (75) encargado de definir las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y demás personas que laboren en este tipo de actividades deben tener un régimen de pensión

especial, más un bono pensional. En el artículo 2, se especifican qué actividades son consideraras de alto riesgo y es así como en el numeral 4 incluye «*todos los trabajos con exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas*». Analizando la lista de la IARC (La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) se pudo evidenciar que de los 18 metales pesados analizados presentes en los AEE, 12 son potencialmente cancerígenos (Bario, Vanadio, Berilio, Níquel, Zinc, Arsénico, Cobalto, Mercurio, Cadmio, Hierro, Plomo, Aluminio) y están incluidos en esa lista (76), se verificó en el CAREX 2012 si este sector económico (reciclaje) para Colombia se encontraba incluido dentro de sus consideraciones, evidenciando que no fue contemplado (77), generando así un vacío normativo y de información necesarios para el establecimiento de controles y sanciones para este sector económico.

De acuerdo con lo anterior es inquietante analizar que para la normatividad colombiana los metales pesados son considerados residuos especiales según la Resolución 2309 de 1986 y no peligrosos, como lo han establecido diferentes países del mundo, a pesar de tener un número importante de metales pesados con potencial cancerígeno. Esto genera una brecha legal (78), debido a que la mayoría de metales pesados se encuentran incluidos en los grupos 1 y 2 de la clasificación de la IARC (76). La clasificación pertinente de los RAEE estaría dentro de la categoría de residuos peligrosos.

Luego de verificar lo anteriormente planteado, se procedió a recopilar la información de indicadores biológicos de la exposición a metales pesados para la industria de los RAEE; esto a través de una investigación exhaustiva de los componentes de los AEE. Una vez identificados, se procedió a buscar los valores límites de exposición ocupacional, efectos en

salud y biomarcadores junto con el momento indicado para la toma de la muestra. Para la recopilación de la información fue necesaria la búsqueda en la ACGIH para los TLVs-TWA, STEL Y BEIs, la FIOH<sup>26</sup>, la EPA<sup>27</sup>, la lista de valores MAK y BAT de Alemania y La lista de cancerígenos de la IARC.

Se hace pertinente reiterar que actualmente Colombia no cuenta con indicadores biológicos propios para su población trabajadora, por lo cual se hace necesario utilizar valores y normas internacionales de referencia establecidos en condiciones de trabajo muy diferentes a las planteadas en estas organizaciones. Colombia estableció el uso de los TLVs de la ACGIH para el control de los contaminantes químicos en los ambientes de trabajo; sin embargo, al momento de realizar la matriz y se optó por revisar no solo las normas estadounidenses, sino también los diferentes entes mencionados previamente buscando obtener una información más amplia a la hora de tomar decisiones.

Para la estrategia de muestreo aplicada en este monitoreo biológico de la exposición, se buscó una manera de evaluar cualitativamente la exposición, por lo cual se propuso un método basado en el INRS, tomando como referencia la NTP 937 «*Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III)*», que dicta pautas claras y fáciles de utilizar a la hora de realizar este tipo de monitoreo. Destacando que para la realización de este tipo de muestreo hay que contar con las hojas de datos de seguridad de la sustancia química a evaluar. Esto genera una limitante ya que no todos los gestores

---

<sup>26</sup> FIOH: El Instituto Finlandés de Salud Ocupacional

<sup>27</sup> EPA: La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos

cuentan con este tipo de información debido al origen de los mismos (aparatos eléctricos y electrónicos) (57).

En desarrollo de la evaluación médica para la exposición a metales pesados, se contó con la elaboración de una historia clínica que a partir la matriz de indicadores biológicos de la exposición permitiera construir una herramienta fácil y sencilla de manejar y a su vez versátil para la búsqueda exhaustiva de signos y síntomas de exposición. Además de un flujograma para el seguimiento adecuado a la exposición de metales pesados. Cabe resaltar que estas herramientas fueron construidas a través de la inferencia documentada de este proyecto de investigación, ya que al consultar el estado del arte propuesto para este trabajo, no se evidenció ningún esquema guía para la realización de exámenes médicos ocupacionales, así como tampoco se evidenciaron propuestas claras sobre cómo realizar vigilancia de la exposición en esta industria.

Para finalizar, se hace importante destacar que para fines de este trabajo solo se tuvieron en cuenta los metales pesados dentro de los componentes de los AEE, dejando de lado elementos como Retardantes de llama bromados, éteres de difenilo polibromados, Bifenilos policlorados, Dioxinas, Hidrocarburos poliaromaticos entre otros (8), los cuales también son sustancias peligrosas, potencialmente cancerígenas.

A muchos de estos compuestos no se les ha ofrecido una adecuada atención, pues tampoco hay estudios claros sobre cómo estos compuestos podrían actuar con un efecto sinérgico y/o acumulativo en el cuerpo humano, lo que abre un camino aún más amplio para continuar con esta línea de investigación.

## 11. Conclusiones

*Al realizar la caracterización del proceso de trabajo*, fue necesario conocer la industria, para obtener la información de las empresas gestoras de RAEE en Colombia y dentro de este proceso *se evidenciaron estadísticas atrasadas e incompletas (2.017)*, lo cual dificultó visualizar el panorama actual, sin poder estimar tampoco la magnitud de la industria informal que hay actualmente en el país.

En la evaluación del proceso de trabajo, se evidenciaron practicas manuales con poca tecnificación y de condición rutinaria; con escasa planeación de las actividades propuestas para el día. Además, *tanto el personal operativo como administrativo desconoce los peligros más críticos para este tipo de trabajo*, lo que hace aún más difícil generar controles y modificaciones en la tarea, así como realizar vigilancia en la salud.

Al elaborar la matriz de identificación de peligros, valoración del riesgo y priorizar los resultados, *se estableció que la mayor exposición era a peligro químico y que a la vez su principal factor de riesgo son las características de los metales pesados*. A partir de estos hallazgos se propuso una serie de controles orientados a disminuir la exposición y sus consecuencias potenciales.

Siendo esta una industria en crecimiento, el desconocimiento es amplio y la normatividad escasa a la hora de implementar controles en el proceso de trabajo, ya que aunque sí hay marco normativo para la vigilancia ambiental, este es limitado a la hora de realizar vigilancia a nivel laboral.

Decretos como el 1072 del 2.015 en su párrafo 3; obligan al empleador a desarrollar acciones de vigilancia de la salud de los trabajadores con el propósito de identificar precozmente efectos hacia la salud derivados de los ambientes de trabajo. ***Pero, aunque es clara la norma aún sigue dejando vacíos importantes en cuanto al cómo y cuándo hacerlos, dejando esta decisión técnica a potestad de los empleadores.***

De igual manera la ley 55 de 1993 en su artículo 12, habla sobre las obligaciones de los empleadores frente al manejo de sustancias químicas por parte de los empleados impidiendo la exposición a este tipo de sustancias por encima de los límites o de otros criterios de exposición para la evaluación y el control del medio ambiente de trabajo establecidos por la autoridad competente (74). ***Sin embargo, no define valores límites para la vigilancia ambiental y clínica propios para la población trabajadora en Colombia***

***La normatividad para exámenes ocupacionales y monitoreo biológico es escasa y sin pautas detalladas para su realización,*** pues a pesar de contar con múltiples estudios a nivel global que mencionan las repercusiones que pueden traer la exposición a metales pesados tanto para el ambiente como para la salud de los expuestos, ***así mismo, no hay planteamientos claros para implementar estrategias de muestreo, para el estudio de esta población.***

A pesar de que el Decreto ley 2090 del 2.003 (75) se encargó de definir las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador puntualizando específicamente en todas aquellas labores con exposición a sustancias comprobadamente cancerígenas y posterior análisis del listado de la IARC (La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) ***se pudo evidenciar que de los 18 metales pesados analizados presentes en los AEE, 12 son***

*potencialmente cancerígenos y están incluidos en esa lista (76), se verificó en el CAREX 2012 si este sector económico (reciclaje) para Colombia se encontraba incluido dentro de sus consideraciones, evidenciando que no fue contemplado (77), generando así un vacío normativo y de información necesarios para el establecimiento de controles y sanciones para este sector económico.*

*De acuerdo con lo anterior es inquietante analizar que para la normatividad colombiana los metales pesados son considerados residuos especiales según la Resolución 2309 de 1986 y no peligrosos, como lo han establecido diferentes países del mundo, a pesar de tener un número importante de metales pesados incluidos en los grupos 1 y 2 de la clasificación de la IARC (76).*

En el Decreto 1607 de 2.002, en cual se establece un código de actividad económica para cada nivel de riesgo y sobre el cual debe cotizar en aportes según las actividades que se realicen en la empresa, a hoy no se encuentra actualizado a pesar de ser obligación del Ministerio de Trabajo hacerlo cada 3 años, se evidencia que la actividad económica de reciclaje de RAEE, no se encuentra contemplado.

Para la construcción de indicadores biológicos de la exposición a metales pesados para la industria de los RAEE, fue necesaria la búsqueda de normas y estándares internacionales (Estados Unidos, Alemania, Finlandia y Francia), *debido a que actualmente Colombia no cuenta con estándares propios de medición, así como tampoco cuenta con estudios para este tipo de población.*

La investigación realizada sobre los efectos en salud derivados de la exposición a metales pesados evidenció que la mayoría de estudios son realizados en animales y muy pocos en humanos, así como tampoco se lograron encontrar estudios con población colombiana y en especial trabajadora de este sector económico.

Para la evaluación cualitativa de la exposición se consideró que utilizar el esquema de evaluación simplificada de riesgo por inhalación, de la NTP 937, brinda una mejor herramienta para el desarrollo de un monitoreo biológico, ya que realiza una estimación veraz y objetiva, de la exposición a peligro químico durante el proceso de gestión de residuos eléctricos y electrónicos y le dan peso a la necesidad de intervención según la calificación estimada.

En cuanto a la vigilancia médica de la exposición se concluyó que se hace necesario realizar una evaluación enfocada hacia los trabajadores de esta industria, que ayude a orientar la búsqueda de signos y síntomas específicos para la exposición a metales pesados y deberá realizarse periódicamente al ingreso y egreso del cargo. Además, dicha evaluación deberá ser el complemento del examen médico ocupacional rutinario y para esto se diseñó una historia clínica.

En cuanto al flujograma para el seguimiento a la exposición a los metales pesados, se concluye que la vigilancia debe ser realizada de manera sistemática, pues continuamente se debe estar identificando el peligro, valorando el riesgo y vigilando los efectos potenciales.

## **12. Recomendaciones**

### **Para los entes gubernamentales como:**

#### **1. Ministerio Del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible:**

- Considerar a los metales pesados como residuos peligrosos y no especiales, ya que ha quedado demostrado que la mayoría de estos son potencialmente cancerígenos.
- Implementar normas que incentiven en los fabricantes de los AEE, en la utilización de materiales que no contengan sustancias con potencial carcinógeno.
- Obligar a los fabricantes de los AEE a informar a los consumidores acerca de los componentes potencialmente peligrosos para la salud presentes en los aparatos.
- Promover campañas de sensibilización sobre la importancia de la gestión adecuada de los RAEE y realizar acopios de los aparatos desde el hogar, trabajo y/o centros educativos, para que así se asegure que estos se gestionen en empresas certificadas y habilitadas para tal fin, logrando así disminuir la informalidad.
- Establecer normas claras sobre cómo debe ser el transporte de los RAEE a nivel nacional.
- Evitar el movimiento nacional de RAEE, sin el debido cumplimiento de normas para éste.
- Implementar un sistema de información que esté continuamente actualizado por parte del empleador, en términos de información sobre: AEE gestionados, junto con los posibles materiales peligrosos manipulados.

- Endurecer las sanciones a las empresas que por inadecuada gestión y/o manipulación de residuos peligrosos y/o especiales, generen contaminación al medio ambiente y/o contacto directo de estos con las personas.
- Velar y verificar que realmente el fabricante esté manejando correctamente el reciclaje de sus aparatos fabricados, haciendo una solicitud del listado de aparatos gestionados para disposición final.
- Obligar a los empleadores a crear políticas dentro de sus empresas para la gestión de los RAEE.
- Promover estudios de medición en el ambiente que permitan evaluar los niveles actuales en metales pesados.
- Promover el crecimiento de la industria gestora de RAEE a través de incentivos económicos para que estas empresas puedan ser empresas prosperas.

#### **Ministerio De Trabajo:**

- Contemplar el reciclaje en el CAREX para Colombia, como una de sus actividades económicas por su exposición ocupacional a agentes carcinógenos.
- Establecer límites de exposición ocupacional e indicadores biológicos de exposición propios, desarrollados a partir de estudios realizados en población trabajadora de Colombia, teniendo en cuenta la intensidad de la jornada de trabajo en el país.
- Crear pautas claras sobre los estándares mínimos que debería tener una historia clínica ocupacional, para la población expuesta, contribuyendo así a la vigilancia de la exposición.

- Implementar normas que permitan establecer técnicamente; estrategias de muestreo para la evaluación cuantitativa de la exposición ocupacional, métodos analíticos y condiciones del laboratorio para el procesamiento de muestras.
- Especificar técnicamente acciones de vigilancia en la salud de los trabajadores que deban ser implementadas con el propósito de identificar precozmente los efectos en la salud derivados de la exposición a metales pesados.
- Buscar estrategias que permitan la creación y alimentación de una base de datos nacional, que recopile estadísticas en el sector controlando así la industria y lo que se gestiona a través de esta.
- Realizar auditorias frecuentes a los gestores de RAEE, para evaluar el cumplimiento adecuado de estándares mínimos.
- Realizar campañas de capacitación y actualización tanto a empleadores como a empleados, sobre los riesgos que trae una manipulación inadecuada de estos aparatos.
- Endurecer las sanciones a las empresas gestoras de RAEE que incumplan con la normatividad legal vigente.
- Actualizar la tabla de clasificación de actividades económicas del Decreto 1607 de 2002, incorporando la gestión y el reciclaje de RAEE.

**Ministerio De Salud:**

- Actualización del CAREX para Colombia, donde se incluya este tipo de actividad económica.

- Promover campañas en donde se de a conocer todas las repercusiones que puede traer la manipulación inadecuada de componentes de los AEE por exposición a metales pesados.
- Promover estudios que evalúen a la población que se encuentre próxima a centros gestores informales de RAEE y que puedan tener riesgo de exposición cruzada por este tipo de sustancias.

### **Para Gestores de RAEE**

- Promover la implementación de sitios destinados exclusivamente para el cambio de ropa en sus empresas, además de duchas para el egreso del turno, que permitan disminuir el riesgo de contaminación cruzada.
- Promover espacios destinados para el consumo de alimentos aislados de las áreas de trabajo, sitios en los cuales se deberá prohibir el ingreso a personas que estén con ropa de trabajo y que no hayan realizado una higienización de manos previa.
- Realizar campañas de sensibilización a sus empleados, orientadas a explicar; los peligros, las normas de seguridad, controles a la exposición y los efectos potenciales de esas sustancias en la salud.
- Realizar jornadas de capacitación y reentrenamiento a todo el personal operativo y administrativo que tenga contacto con todos los AEE.
- Realizar exámenes médicos ocupacionales junto con historia clínica enfocada en la búsqueda de signos y síntomas derivados de la exposición periódica a metales pesados al ingreso, egreso y al cambio de actividad dentro de una empresa.

- Realizar monitoreo biológico de la exposición a todas aquellas personas que estén expuestas de manera periódica y a quienes los hallazgos en la historia clínica les sugieran efectos en salud derivados en esta exposición.
- Realizar mediciones de higiene que determinen altos niveles de metales pesados en el ambiente.
- Realizar políticas de prevención del consumo de tabaco, alcohol y/o drogas, ya que potencian la toxicidad a los metales pesados.
- Optimizar los procesos de trabajo mediante el cumplimiento de actividades y metas para el día laboral.
- Buscar estrategias que permitan la ejecución de un trabajo ordenado durante la jornada laboral.
- Promover el uso adecuado de Epps.
- Auditar el transporte propio o tercerizado de los AEE.
- Implementar esta guía para el monitoreo biológico de la exposición a metales pesados.
- Realizar actualizaciones periódicas en su matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos a medida que sean implementados controles o se encuentren nuevos hallazgos en la gestión del riesgo.

**Para La Universidad El Bosque:**

- Continuar con esta línea de investigación para especialistas en formación en Salud Ocupacional e Higiene Industrial.

- Promover en sus instalaciones el acopio y reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos, tanto al personal administrativo, docente y estudiantes.
- Incluir dentro de las temáticas del programa la exposición a metales pesados dentro de la población trabajadora.
- Incluir temáticas de gestión de RAEE y su importancia en la regulación de un ambiente seguro no solo en programas como el de Salud Ocupacional, sino extenderlo a facultades como Ingeniería y Medicina.

### 13. Bibliografía

1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Escobar Ocampo, D., López Arias, A., Camacho Lozano, A., Camelo Martínez, E. Política nacional para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). [ebook] Bogotá, D.C.: Colombia.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2017 Available at: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/gestion-integral-de-residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos-raee#documentos-relacionados>.
2. Baldé, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann,P. : The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.
3. Bogotá celebrará segunda jornada de recepción de residuos eléctricos y electrónicos - Observatorio Ambiental de Bogotá [Internet]. Oab.ambientebogota.gov.co. 2011 [cited 15 August 2018]. Available from: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/campa%C3%B1as/bogota-celebrara-segunda-jornada-de-recepcion-de-residuos-electricos-y-electronicos>.
4. Singh M, Thind P, John S. Health risk assessment of the workers exposed to the heavy metals in e-waste recycling sites of Chandigarh and Ludhiana, Punjab, India. Chemosphere. 2018;203:426-433.

5. United Nations Environment Protection (UNEP), Schwarzer S. E-waste: the Hidden Side of IT Equipment's Manufacturing and Use [Internet]. 5th ed. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Protection (UNEP); 2005.
6. Heacock M, Kelly CB, KwadwoAnsong Asante, Birnbaum LS, Bergman ÅL, Bruné M, et al. E-Waste and Harm to Vulnerable Populations: A Growing Global Problem. 2016.
7. La Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje (ACRR): La GestionRAEEGuía dirigida a Autoridades Locales y Regionales. Bruselas.: Bélgica.: Jean-Pierre HannequartACRR – Gulledelle; Available from: <http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/LaGestionRAEE.pdf>.
8. Grant K, Goldizen F, Sly P, Brune M, Neira M, van den Berg M et al. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. The Lancet Global Health. 2013;1(6):e350-e361
9. Ceballos D, Dong Z. The formal electronic recycling industry: Challenges and opportunities in occupational and environmental health research. Environment International. 2016;95:157-166.
10. Lundgren K.,International Labour Office, Programme on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork), The global impact of e-waste: Addressing the challenge [Internet]. Geneva: ILO; 2012. Available from: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---sector/documents/publication/wcms\\_196105.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_196105.pdf).

11. Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones. Resolución 1511. Bogotá Colombia: EL MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL; 2010.
12. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Decreto 2041, Bogotá Colombia: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; 2014.
13. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo. Decreto 1072. Bogotá , COLOMBIA: Ministerio De Trabajo; 2015.
14. NIOSH [2014]. Health hazard evaluation report: evaluation of occupational exposures at an electronic scrap recycling facility. By Ceballos D, Chen L, Page E, Echt A, Oza A, Ramsey J. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HHE Report No. 2012-0100-3217.
15. NIOSH 2009. Health hazard evaluation report: exposure to hazardous metals during electronics recycling at four UNICOR facilities. By Page E, Sylvain D. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH HETA No. 2008-0055-3098.

16. Por el cual se expide la Tabla de Enfermedades Laborales, Decreto 1477. Bogotá, Colombia: Ministerio de trabajo; 2014.
17. Ministerio del Trabajo. Segunda encuesta nacional de condiciones de seguridad y salud en el trabajo en el sistema general de riesgos laborales. Bogotá D.C; 2013.
18. Casas Merchán I. Análisis de la vinculación de actores informales al sistema de gestión integral de Residuos de aparatos Eléctricos y Electrónicos en Bogotá D.C [Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo]. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales; 2018
19. Ministerio de la Protección Social, Colciencias, Centro de Estudios e Investigación en Salud de la Fundación Santa Fe de Bogotá, Escuela de Salud Pública de la Universidad de Harvard. Guía Metodológica para el desarrollo de Guías de Atención Integral en el Sistema General de Seguridad Social en Salud Colombiano. Bogotá, Colombia 2010.
20. OIT, Principios directivos técnicos y éticos relativos a la vigilancia de la salud de los trabajadores [Internet]. 72nd ed. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo; 1998. Available from: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms\\_publ\\_9223108284\\_es.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_publ_9223108284_es.pdf).
21. Camps L. Sobre el significado de las definiciones de expuesto y exposición. Noveno Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales (ORP'2011) [Internet]. Santiago de Chile; 2011 [cited 6 September 2018]. Available from:

<https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2011/sobre-significado-definiciones-expuesto-exposicion>.

22. Biological Exposure Indices (BEI<sup>&reg</sup>) Introduction [Internet]. Acgih.org. 2018 Available from: <https://www.acgih.org/tlv-bei-guidelines/biological-exposure-indices-introduction>.

23. OSHA Technical Manual (OTM) | Section II: Chapter 2 - Surface Contaminants, Skin Exposure, Biological Monitoring and Other Analyses | Occupational Safety and Health Administration [Internet]. Osha.gov. 2018 Available from: [https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_ii/otm\\_ii\\_2.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_ii/otm_ii_2.html).

24. ACGIH®, TLVs® and BEIs®. Estados Unidos: ACGIH®; 2018.

25. CDC - Publicaciones de NIOSH - Apéndice A - Abreviaturas y glosario (2004-165) [Internet]. Webcache.googleusercontent.com. 2018. Available from: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zx7y6isqODAJ:https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004165\\_sp/2004165appb\\_sp.html+&cd=10&hl=es&ct=clnk&gl=co](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zx7y6isqODAJ:https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004165_sp/2004165appb_sp.html+&cd=10&hl=es&ct=clnk&gl=co)

26. Guerrero, E. Manual de Salud Ocupacional. Ed Manual moderno. 2017. Ladou, J. Medicina laboral y ambiental. Ed. Manual Moderno. 2018 p.242- -384.

27. Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan

otras disposiciones, Ley 1672, Artículo 4 Congreso de la república de Colombia, 19 julio 2013.

28. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Centro Nacional de Producción más Limpia 2009.

29. Bakhiyi B, Gravel S, Ceballos D, FlynnMA, Zayed J. Has the question of e-waste opened a Pandora's box? An overview of unpredictable issues and challenges. *Environment International* 2018;110:173-192.

30. Environmental Research; Department of Civil Engineering Details Findings in Environmental Research (Health risk assessment of the workers exposed to the heavy metals in e-waste recycling sites of Chandigarh and Ludhiana, Punjab, India). *Obesity, Fitness & Wellness Week* 2018 Jun 16:2357.

31. Ceballos DM, Dong Z. The formal electronic recycling industry: Challenges and opportunities in occupational and environmental health research. *Environment International* 2016;95:157-166.

32. Song Q, Li J. A review on human health consequences of metals exposure to e-waste in China. *Environmental Pollution* 2015;196:450-461.

33. Kiddee P, Decharat S. Riskassessment of lead and cadmium exposure from electronic waste recycling facilities in SouthernThailand. *Environmental Earth Sciences* 2018 06;77(12):1-7.
34. Genetics - DNA Research; Findings from University of Jinan Update Know ledge of DNA Research (Blood concentrations of lead, cadmium, mercury and their association with biomarkers of DNA oxidative damage in preschool children living in an e-waste recycling area). *Ecology, Environment & Conservation* 2017 Jun 17:384.
35. Clinical Research - Clinical Trials and Studies; Researchers from Ruhr University Report New Studies and Findings in the Area of Clinical Trials and Studies (Pilot study on the internal exposure to heavy metals of informal-level electronic waste workers in Agbogbloshie, Accra, Ghana). *Ecology, Environment & Conservation* 2016 Nov. 14:1425.
36. Karri R. Awasthi, A. K.,Zeng, X., &Li,J . Relationship between e- waste recycling and human health risk in India: a critical review. *Envieromental Sciencie and Pollution Research* 2016 Feb.1-24. 23:18945-18946.
37. Tao X, Shen D, Shentu J, Long Y, Feng Y, Shen C. Bioaccessibility and health risk of heavy metals in ash from the incineration of different e-waste residues. *Environ Sci Pollut Res Int* 2015 03;22(5):3558-3569.

38. Ceballos D, Beaucham C, Page E. Metal Exposures at three U.S. Electronic scrap recycling facilities. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2017;14(6):401-408.
39. Han W, Gao G, Geng J, Li Y, Wang Y. Ecological and health risks assessment and spatial distribution of residual heavy metals in the soil of an e-waste circular economy park in Tianjin, China. *Chemosphere*. 2018;197:325-335.
40. Pradhan JK, Kumar S. Informal e-waste recycling: environmental risk assessment of heavy metal contamination in Mandoli Industrial area Delhi, India. *Environmental Science and Pollution Research* 2014 27. 7913 -7928.
41. Chen C, Xun P, Nishijo M, He K. Cadmium exposure and risk of lung cancer: a meta-analysis of cohort and case-control studies among general and occupational populations. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*. 2016;26(5):437-444.
42. Annamalai J. Occupational health hazards related to informal recycling of E-waste in India: An overview. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2015;19(1):61.
43. Human Rights Documents online. ILO - indicator- of-forced- labour. Steve Charnovitz International Labour Review. The labour, human health and environmental dimensions of e-waste management in China. ILO.9789221297871[ISBN] 2015 06.URL

disponible en: [https://www.ilo.org/beijing/what-we-do/publications/WCMS\\_375174/lang-en/index.htm](https://www.ilo.org/beijing/what-we-do/publications/WCMS_375174/lang-en/index.htm)

44. eacock, M., Kelly, C. B., Asante, K. A., Birnbaum, L. S., Bergman, Å. L., Bruné, M., Buka, I., Carpenter, D. O., Chen, A., Huo, X., Kamel, M., Landrigan, P. J., Magalini, F., Diaz-Barriga, F., Neira, M., Omar, M., Pascale, A., Ruchirawat, M., Sly, L., Sly, P. D., Van Den Berg, M. Y Suk, W. Aet Al. E-Waste and Harm to Vulnerable Populations: A Growing Global Problem. *Environmental Health Perspectives*. 2016;124(5):550-555.

45. Casas Merchán Ingrid del Pilar. Análisis de la vinculación de actores informales al Sistema de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Bogotá D.C. (Tesis para Magister medio Ambiente y Desarrollo). Repositorio institucional de la Universidad Nacional.2018 disponible en URL<http://bdigital.unal.edu.co/63826/1/1026559435.2018.pdf>

46. Nora Reyes Natalli Johanna. Análisis de la exposición a plomo en los trabajadores que desensamble de residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos (RAEE) en la empresa formal de reciclaje en Cali. (Tesis especialización en Higiene, seguridad y salud en el trabajo).Repositorio institucional de la Universidad distrital Francisco José de Caldas.2017 disponible en URL: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7313/1/LoraReyesNataliJoanna2017.pdf>

47. República de Colombia. Ministerio de Salud. Resolución 8430 de 1993. “Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud”. [http://www.dib.unal.edu.co/promocion/etica\\_res\\_8430\\_1993.pdf](http://www.dib.unal.edu.co/promocion/etica_res_8430_1993.pdf).
48. CISO/ICOH. Comisión Internacional de Salud Ocupacional / International Commission on Occupational Health Código Internacional de Ética para los profesionales de Salud Ocupacional 2002.
49. Technical and ethical guidelines for workers' health surveillance (OSH No. 72) Geneva, International Labour Office, 1998 (Occupational Safety and Health Series No. 72).
50. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional GTC 45. Bogotá D.C: Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC); 2010.
51. Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo ISO 45001. Bogotá D.C: Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC); 2018.
52. Norma, B. (1996). BS 8800 – Guía de sistemas de gestión de seguridad y salud laboral. Norma Británica.
53. Belloví, M. B., & Malagón, F. P. (1993). NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente. Inst Nac de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

54. Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo para empleadores y contratantes. Resolución 1111. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo; 2017.
55. Cava Abellan, E. (2016). NTP 935 Agentes Químicos: Evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por Evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos.
56. Cavallé,. (2016). NTP 936 Agentes Químicos N. Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (II). Modelo COSHH Essentials. INSHT.
57. Rodríguez, E. S., & Ardanuy, T. P. (2012). NTP 937: Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
58. (INSHT) I. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. [Madrid]: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2008.
59. (INSHT) I. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2013.

60. Asensio-Cuesta S, Ceca MJB, Más JAD. Evaluación ergonómica de puestos de trabajo. : Editorial Paraninfo; 2012
61. Polo B, Nieto O, Camacho A. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Desórdenes Musculoesqueléticos (DME) relacionados con Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores (Síndrome del Túnel Carpiano, Epicondilitis y Enfermedad de Quervain)(GATI-DME). Ministerio de la Protección Social 2006.
62. Caicedo AM, Manzano JA, Gómez-Vélez DF, Gómez L. Factores de Riesgo, Evaluación, Control y Prevención en el Levantamiento y Transporte Manual de Cargas. Revista Colombiana de Salud Ocupacional 2016;5(2):5-9.
63. Batería de instrumentos para la evaluación de factores de riesgo psicosocial. Bogotá D.C: Ministerio de la Protección social; 2010.
64. Resolución 2400. Bogotá D.C: Ministerio de trabajo y Seguridad social Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. ; 1979.
65. Norma Técnica Colombiana 4145. Bogotá, D.C: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC); 2012.
66. Resolución 1409. Bogotá D.C: Ministerio de Trabajo “ por la cual se establece el Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas ”; 2012.

67. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos [Internet]. Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT); 2014. Available from: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/agen\\_bio.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/agen_bio.pdf)
68. Hernández Calleja A. NTP 833 Agentes biológicos. Evaluación simplificada 2009
69. Lechuga Vázquez P, Paredes Rizo M. Efectos biológicos derivados de la exposición a PBDES en trabajadores del reciclaje de e-waste: revisión sistemática. *Medicina y Seguridad del Trabajo* 2014;60(237):685-713.
70. Gómez Rivadeneira I A. Marco conceptual y legal sobre la gestión de riesgo en Colombia: Aportes para su implementación. *MONITOR ESTRATÉGICO* [Internet]. 2014: 4-11. Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/SSA/Articulo%201.pdf>.
71. Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible/Organización de Control Ambiental y Desarrollo Empresarial OCADE Gestión integral de residuos o desechos peligrosos. Bases conceptuales. Bogotá, D.C., Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007.

72. Decreto 4741. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”; 2005.
73. NTP 324. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo; 1999.
74. 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. Ley 55. Bogotá Colombia: EL CONGRESO DE COLOMBIA; 1993.
75. Por el cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades. Decreto <ley> 2090 de 2003, Bogotá D.C: Ministerio de la protección social; 2003.
76. List of classifications, Volumes 1–123 – IARC [Internet]. Monographs.iarc.fr. 2019 [cited 2 June 2019]. Available from: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications-volumes/>.
77. Sistema de información sobre la exposición ocupacional a agentes carcinógenos para Colombia Colombia CAREX – 2012 Población asegurada. Bogotá, D.C.: Ministerio del Trabajo; 2016.

78. Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del [Título III de la Parte 4a. del Libro 1° del Decreto-Ley N. 2811 de 1974] y de los [Títulos I, III y XI de la Ley 09 de 1979], en cuanto a Residuos Especiales. Resolución 2309. Bogotá, Colombia: EL MINISTRO DE SALUD; 1986.
79. CDC - Guía de bolsillo de NIOSH sobre riesgos químicos, Introducción [Internet]. Cdc.gov. 2017 [cited 1 April 2019]. Available from: <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/pgintrod-sp.html>.
80. Lista de valores MAK y BAT 2018. 54th ed. Weinheim, Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2018.
81. Biomonitoring - chemicals and biological dust - FIOH [Internet]. Finnish Institute of Occupational Health. 2019 [cited 20 February 2019]. Available from: <https://www.ttl.fi/en/service/biomonitoring/>.
82. OSHA Annotated PELs | Occupational Safety and Health Administration [Internet]. Osha.gov. 2019 [cited 2 April 2019]. Available from: <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/index.html>.
83. New Chemical Exposure Limits under TSCA | US EPA [Internet]. US EPA. 2019 [cited 10 April 2019]. Available from: <https://www.epa.gov/reviewing-new-chemicals-under-toxic-substances-control-act-tsca/new-chemical-exposure-limits-under>.

84. Myers M. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo Tomo 1 capitulo 33 “Toxicología”. 1st ed. Ginebra: OIT; 2001.
85. Insht.es. (2012). Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo. [online] Available at: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/926a937/937w.pdf>.
86. Farré Rovira R, Cameán Fernández A, Vidal Carou M, Santacruz Serraller A, Teruel Muñoz V, Teso Canales E. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los niveles de mercurio establecidos para los productos de la pesca [Internet]. 13th ed. España: AESAN; 2010. Available from: <http://www.aecosan.msssi.gob.es>
87. Manual guía sobre procedimientos para la rehabilitación y reincorporación ocupacional de los trabajadores en el sistema general de riesgos profesionales [Internet]. Bogotá: Imprenta nacional de Colombia; 2004 [cited 23 May 2019]. Available from: <https://es.calameo.com/read/0057539146a675a1325cb>.
88. Non-confidential List of TSCA New Chemical Exposure Limits, (updated March 2018) | US EPA <https://www.epa.gov/reviewing-new-chemicals-under-toxic-substances-control-act-tsca/non-confidential-list-tsca-new>.
89. TOXNET [Internet]. Toxnet.nlm.nih.gov. 2019 [cited 20 February 2019]. Available from: <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/r?dbs+hsdb:@term+@rn+7440-39-3>

90. WHO | Basic Analytical Toxicology [Internet]. Who.int. 1995. Available from: [https://www.who.int/ipcs/publications/training\\_poisons/basic\\_analytical\\_tox/en/](https://www.who.int/ipcs/publications/training_poisons/basic_analytical_tox/en/).
91. Por la cual se definen los procedimientos y condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar los servicios y se dictan otras disposiciones. Resolución 1441 del 2013, Bogotá D.C: Ministerio de salud y la protección social; 2013.
92. ISO 9001 versión 2015. COLOMBIA: El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación icontec; 2015.
93. Patiño Reyes N. URGENCIAS TOXICOLÓGICAS, LABORATORIOS DE TOXICOLOGÍA CLÍNICA, SALUD [Internet]. encolombia.com. 2014 [cited 24 May 2019]. Available from: <https://encolombia.com/medicina/guiasmed/u-toxicologicas/laboratorios-de-toxicologia/2/>.
94. INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE RESIDUOS DE PILAS O ACUMULADORES. [Internet]. Bogotá D.C: Alcaldía mayor de Bogotá; 2013 [cited 20 February 2019]. Available from: [http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4\\_proc\\_adminis\\_gestion\\_bienes\\_servicios/02\\_Instructivo\\_Pilas.pdf](http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4_proc_adminis_gestion_bienes_servicios/02_Instructivo_Pilas.pdf).
95. Agency for Toxic Substances and Disease Registry [Internet]. Atsdr.cdc.gov. 2012. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/index.html>

96. Constitución Política De Colombia Art. 11, Art. 25, Art. 49, Art 53, Art 78, Art 79. Bogotá, Colombia: CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA; 1991.
97. Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono", suscrito en Montreal el 16 de septiembre de 1987, con sus enmiendas adoptadas en Londres el 29 de junio de 1990 y en Nairobi el 21 de junio de 1991. Ley 29. Bogotá, Colombia: EL CONGRESO DE COLOMBIA; 1992.
98. Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989. Ley 253. Bogotá, Colombia: EL CONGRESO DE COLOMBIA; 1996.
99. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. Ley 430. Bogotá, Colombia: El Congreso de Colombia; 1998.
100. Por la cual se dictan normas sobre la organización, administración y prestaciones del Sistema General de Riesgos Profesionales. Ley 776. Bogotá, Colombia: El Congreso de Colombia; 2002.
101. Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Basilea sobre responsabilidad e indemnización por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación", concluido en Basilea el diez (10) de diciembre de mil

novecientos noventa y nueve (1999). Ley 945. Bogotá, Colombia: El Congreso de Colombia; 2005.

102. Por medio de la cual se aprueba el “Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes,” hecho en Estocolmo el 22 de mayo de 2001, la “Corrección al artículo 1o del texto original en español”, del 21 de febrero de 2003, y el “Anexo G al Convenio de Estocolmo”, del 6 de mayo de 2005. Ley 1196. Bogotá, Colombia: El Congreso de Colombia; 2008.

103. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. Ley 1252. Bogotá, Colombia: El Congreso de Colombia; 2008.

104. Por medio de la cual se reforma el Sistema General de Seguridad Social en Salud y se dictan otras disposiciones. Ley 1438. Bogotá, Colombia: El Congreso de Colombia; 2011.

105. Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional. Ley 1562. Bogotá, Colombia: El Congreso de Colombia; 2012.

106. Por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país. Ley 1658. Bogotá, Colombia: El Congreso de Colombia; 2013.

107. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Decreto 2811. Bogotá, Colombia: La Presidencia de la Republica; 1974.

108. Sobre Código Sustantivo del Trabajo, Decreto 2663. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo, protección social; 1950.

109. Por el cual se determinan las bases para la organización de la salud ocupacional en el país, Decreto 614. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo Y Seguridad social; 1984.

110. Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales, Decreto 1295. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo Y Seguridad social; 1994.

111. Por el cual se reglamentan, parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto - Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire, Decreto 948. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente; 1995.

112. Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 100 de 1993 y el Decreto Ley 1295 de 1994, Decreto 1530. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo Y Seguridad social; 1996.

113. Por medio del cual se modifica el Decreto 1130 de 1999 y se establecen los organismos y entidades que estarán a cargo de la implantación y desarrollo de los Programas de la Agenda de Conectividad, en especial, del Programa "Computadores para Educar" y se establecen otras disposiciones para los mismos efectos. Decreto 2324. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo Y Seguridad social; 2000.

114. Por el cual se modifica la Tabla de Clasificación de Actividades Económicas para el Sistema General de Riesgos Profesionales y se dictan otras disposiciones. Decreto 1607. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo Y Seguridad social; 2002.

115. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Decreto 1713. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible; 2002.

116. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. Decreto 1609. Bogotá, Colombia: Ministerio de Transporte; 2002.

117. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Decreto 1713. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2002.

118. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Decreto 1505. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2003.

119. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Decreto 0838. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2005.

120. Por el cual se reglamenta la afiliación al Sistema General de Riesgos Laborales de las personas vinculadas a través de un contrato formal de prestación de servicios con entidades o instituciones públicas o privadas y de los trabajadores independientes que laboren en actividades de alto riesgo y se dictan otras disposiciones. Decreto 723. Bogotá, Colombia: Ministerio de Salud y Protección Social; 2013.

121. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Decreto 2820. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2010.

122. Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Decreto 2981. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2013.

123. Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Decreto 1443. Bogotá: Ministerio de Trabajo; 2014.

124. Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Decreto 1443. Bogotá: Ministerio de Trabajo; 2014. Decreto 1076. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente; 2015.

125. Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Decreto 1443. Bogotá: Ministerio de Trabajo; 2014. Decreto 1076. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente; 2015. Decreto 1563. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo; 2016.

126. Por medio del cual se modifica el artículo 2.2.4.6.37. del Decreto 1072 de 2015 Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, sobre la transición para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Decreto 52. Bogotá, Colombia: Ministerio de Trabajo; 2017.

127. Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE y se dictan otras disposiciones. Decreto 1443. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 2018.

128. Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial en los lugares de trabajo. Resolución 2013. Bogotá: Ministerio de Trabajo, Seguridad Social y Salud; 1986.

129. Por la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los Programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país. Resolución 1016. Bogotá: Ministerio de Trabajo, Seguridad Social y Salud; 1989.

130. Por la cual se reglamentan actividades en materia de Salud Ocupacional. Resolución 1075. Bogotá: Ministerio de Trabajo, Seguridad Social; 1992.

131. Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas. Resolución 619. Bogotá: Ministerio de Ambiente; 1997.

132. Por la cual se adopta el Formato Unico Nacional de Solicitud de Licencia Ambiental. Resolución 958. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2005.

133. Por el cual se adoptan los manuales para evaluación de Estudios Ambientales y de seguimiento ambiental de Proyecto y se toman otras determinaciones. Resolución 1552. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2005.

134. Por el cual se adoptan los manuales para evaluación de Estudios Ambientales y de seguimiento ambiental de Proyecto y se toman otras determinaciones. Resolución 1552. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2005. Resolución 1570. Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2005.

135. Por la cual se desarrolla parcialmente el decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos. Resolución 1402. Bogotá: Ministerio de la Ambiente y Desarrollo Territorial; 2006.

136. Por la cual se regula la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales y el manejo y contenido de las historias clínicas ocupacionales. Resolución 2346. Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2007.

137. por la cual se reglamenta la investigación de incidentes y accidentes de trabajo. Resolución 1401. Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2007.

138. Por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia. Resolución 2844. Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2007.

139. Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. Resolución 909. Bogotá: Ministerio de la Ambiente y Desarrollo Territorial; 2008.

140. Por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia para asma ocupacional, trabajadores expuestos a benceno, plaguicidas inhibidores de la colinesterasa, dermatitis de contacto y cáncer pulmonar relacionados con el trabajo. Resolución 1013. Bogotá: Ministerio de la Protección Social; 2008.

141. Por la cual se establecen los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Baterías Usadas Plomo Acido, y se adoptan otras disposiciones, Resolución 372. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2009.

142. Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores y se adoptan otras disposiciones. Resolución 1293. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2010.

143. Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones. Resolución 1511. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2010.

144. Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras disposiciones. Resolución 1512. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 2010.

145. Por la cual se adopta el Plan para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos para el Distrito Capital. Resolución 1754. Bogotá: Secretaria Distrital de Ambiente; 2011.

146. Por la cual se establecen las condiciones y requisitos para la realización de los Acuerdos de Formalización Laboral previstos en el capítulo II de la Ley 1610 de 2013 Resolución 321. Bogotá: Ministerio de Trabajo; 2013.

147. Por medio del cual se establecen disposiciones para garantizar el derecho de los niños y niñas a desarrollarse física e intelectualmente en un ambiente libre de plomo, se fijan límites para el contenido de plomo en productos comercializados en el país y se dictan otras disposiciones. Proyecto de Ley 148. Bogotá: El Congreso de Colombia; 2015.