

**DEFINICIÓN DE UNA PROPUESTA PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL
DE RESIDUOS PELIGROSOS PROVENIENTES DE LAS OPERACIONES
MILITARES CONTRA LA MINERÍA ILEGAL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE SALUD AMBIENTAL

**DANIELA BOTERO BOHÓRQUEZ
ADRIANA MARCELA CASTRO MARROQUÍN**

MODALIDAD PASANTÍA

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

JOHAN ALEXANDER ALVAREZ BERRIO

Ingeniero Ambiental y Sanitario

Msc. Toxicología

(Director)

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.**

2017

CONTENIDO

1.	RESUMEN.....	10
2.	INTRODUCCIÓN	11
3.	OBJETIVOS	12
4.	MARCO REFERENCIAL.....	13
4.1	MARCO CONTEXTUAL.....	13
4.1.1	Ejército Nacional de Colombia	13
4.1.2	Dirección de Gestión Ambiental y Ecosistemas del Ejército Nacional de Colombia.....	15
4.2	MARCO TEÓRICO	16
4.2.1	Minería en Colombia.....	16
4.2.2	Minería ilegal en Colombia	17
4.2.3	Procesos de extracción minera en Colombia	22
4.2.4	Precursores químicos de la actividad minera	22
4.2.5	Definición de residuo	23
4.2.6	Definición de residuo peligroso	25
4.2.7	Métodos de tratamiento de residuos peligrosos.....	30
4.2.8	Disposición final de residuos peligrosos.....	36
4.3	MARCO LEGAL.....	37
5.	DESARROLLO DE LA PASANTÍA.....	40
5.1	Metodología.....	40
5.1.1	Búsqueda bibliográfica	40
5.1.2	Realización de mesa de trabajo.....	40
5.1.3	Realización de inventario de residuos peligrosos a estudiar	41
5.1.4	Propuesta para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos.	42
5.1.5	Diseño de manual para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos.	42
5.1.6	Diagramación e impresión de manual.	42
6.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	43
6.1	Fase 1: Búsqueda bibliográfica.....	43

6.2	Fase 2: Realización de mesa de trabajo	43
6.3	Fase 3: Inventario de residuos peligrosos.....	45
6.3.1	Clasificación de residuos peligrosos	47
6.3.2	Identificación de impactos ambientales	48
6.4	Fase 4: Propuesta para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos.	54
6.4.1	Manejo de residuos peligrosos provenientes de las operaciones contra la minería ilegal.....	54
6.4.2	Disposición final de residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal	66
6.4.3	Manejo de maquinaria	73
6.5	Fase 5: Diseño de manual para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos.	73
6.6	Fase 6: Diagramación e impresión del manual	73
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
9.	ANEXOS.....	79

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de peligrosidad clasificación CRETIP.....	27
Tabla 2. Métodos de tratamiento de residuos peligrosos.....	30
Tabla 3. Tipos de tratamiento físico para residuos peligrosos.....	31
Tabla 4. Tipos de tratamiento químico para residuos peligrosos.....	32
Tabla 5. Tratamiento físico – químico para residuos peligrosos.	33
Tabla 6. Tipos de tratamiento biológico para residuos peligrosos.	34
Tabla 7. Tratamientos térmicos para residuos peligrosos.....	36
Tabla 8. Marco legal	37
Tabla 9. Inventario de residuos peligrosos generados en la actividad minera.....	46
Tabla 10. Codificación y clasificación de sustancias químicas mineras.	47
Tabla 11. Identificación de factores ambientales.....	49
Tabla 12. Principales acciones de la operación militar.	50
Tabla 13. Diagnóstico inicial de la gestión de residuos peligrosos.	51
Tabla 14. Identificación de los precursores químicos hallados.	52
Tabla 15. Recipientes comunes para envasado de residuos peligrosos.....	55
Tabla 16. Etiquetas según el riesgo del residuo envasado.....	56
Tabla 17. Propuesta de envasado para sustancias químicas.	58
Tabla 18. Asignación de puntajes diamante de peligro NFPA 704.....	63

Tabla 19. Clasificación Naciones Unidas para el transporte de mercancías peligrosas.	64
Tabla 20. Ventajas y desventajas de precipitantes propuestos.....	68
Tabla 21. Empresas gestoras de residuos peligrosos en Colombia.	71

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Clasificación de los residuos.....	23
Gráfica 3. Porcentaje de generación de residuos peligrosos.....	46
Gráfica 4. Características de peligrosidad en los residuos estudiados.	48

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Organigrama del Ejército Nacional de Colombia.	13
Imagen 2. Localización Batallón de Policía Militar N° 13.....	14
Imagen 3. Censo minero departamental de Colombia (2010 - 2011).....	18
Imagen 4. Zonas del país que presentan relación entre la minería ilegal y los grupos armados.....	20
Imagen 5. Material hallado dentro de las operaciones militares contra la minería ilegal. ..	44
Imagen 6. Quema de maquinaria amarilla en el desarrollo de operaciones contra la minería ilegal.....	44
Imagen 7. Quema de residuos peligrosos y centros de acopio de los mismos.	45
Imagen 8. Propuesta de etiqueta de residuos peligrosos.	59
Imagen 9. Propuesta de almacenamiento de residuos peligrosos.	66
Imagen 10. Tanque de reacción con agitación.	67
Imagen 11. Unidad de sedimentación.	68

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. LISTAS DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS, DESARROLLADAS EN EL CONVENIO DE BASILEA PARA EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS Y SU ELIMINACIÓN.	80
Anexo 2. LISTAS DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS, DESARROLLADAS EN EL DECRETO 4741 DE 2005.....	86
Anexo 3. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL DE LEOPOLD.....	98
Anexo 4. LISTA DE CHEQUEO PARA LA REALIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍA PELIGROSA	107
Anexo 5. MATRIZ DE INCOMPATIBILIDAD DE RESIDUOS PELIGROSOS POR CLASE DE RIESGO.	109
Anexo 6. MANUAL PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.	112

LISTA DE ABREVIATURAS

JEMGF	Jefatura de Estado Mayor Generador de Fuerza
DIGAM	Dirección de Gestión Ambiental y Ecosistemas
COING	Comando de Ingenieros
RESPEL	Residuo peligroso
CE	Comunidad Europea
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
CRETIP	Características de peligrosidad: Corrosivo, Reactivo, Radiactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable, Patógeno.
TCLP	Prueba de lixiviación
FH	Fotocatálisis heterogénea

1. RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue definir una propuesta dirigida a los soldados pertenecientes a la Brigada contra la Minería Ilegal del Ejército Nacional de Colombia, enfocada a las operaciones contra la minería ilegal y motivada por el inadecuado manejo y disposición final de los residuos peligrosos hallados en el desarrollo de la operación militar. Se llevó a cabo bajo seis fases, a partir de la información obtenida y el análisis de la misma, se desarrolló una propuesta de manejo para los residuos peligrosos estudiados, junto con la formulación de un tratamiento fisicoquímico de precipitación y sedimentación para metales pesados, La definición de ésta propuesta fue incluida en un manual, a través del cual se definió una guía operativa y para el manejo ambiental de residuos en el desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal.

2. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objetivo la definición de una propuesta para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal, realizada bajo una metodología que va desde la revisión bibliográfica pertinente hasta la realización de la misma.

Para la obtención de la información se desarrolló una investigación preliminar bajo búsqueda bibliográfica, revisión de informes y archivos del Ejército Nacional de Colombia, y la concertación de mesas de trabajo desarrolladas con el personal militar de la Brigada contra la Minería Ilegal y personal de la Dirección de Gestión Ambiental del Comando del Ingenieros del Ejército Nacional de Colombia. La información presentada en este informe se encuentra organizada bajo la estructura de fases metodológicas, dando cumplimiento a los objetivos formulados para el mismo.

Finalmente, se logró concluir que es necesaria la implementación de protocolos para el manejo y la disposición final de los residuos peligrosos presentes en el desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal, teniendo en cuenta que en Colombia no existe ningún tipo de protocolo o guía operativa que le indique al Ejército Nacional de Colombia, y a las Fuerzas Militares en general, cómo actuar frente a este tipo de residuos. Se recomienda replantear las actividades de quema de estos residuos y maquinaria hallados, de tal forma que se logre disminuir el impacto ambiental generado y contribuir, como Institución del Estado, en la preservación de los recursos naturales de la nación.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Definir una propuesta para el manejo y disposición final de residuos peligrosos en el marco del desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los impactos ambientales producidos por los residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal adelantadas por el Ejército Nacional de Colombia.
- Analizar la información obtenida sobre el desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal, adelantadas por el Ejército Nacional de Colombia, a través de un diagnóstico previo.
- Establecer las acciones correspondientes al manejo y disposición final adecuada de los residuos peligrosos en el cumplimiento de la operación militar.

4. MARCO REFERENCIAL

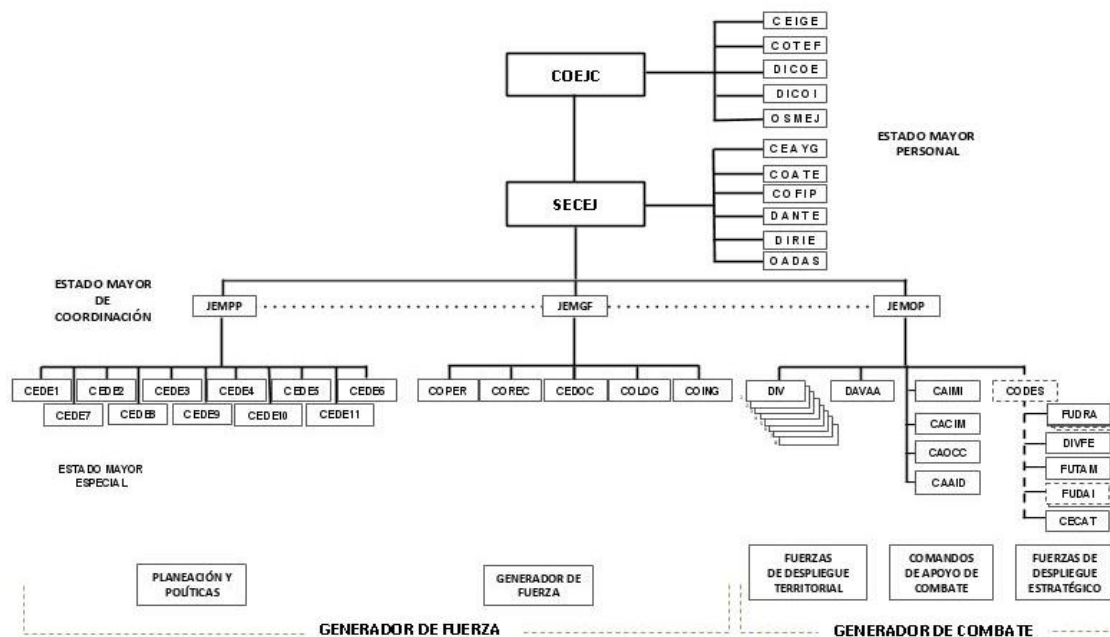
4.1 MARCO CONTEXTUAL

4.1.1 Ejército Nacional de Colombia

El Ejército Nacional de Colombia es la Fuerza Armada terrestre, encargada de dirigir operaciones militares; encaminadas a defender la soberanía, independencia e integridad del territorio nacional, además de proteger a la población civil y los recursos de orden privado y público con el fin de contribuir en la generación de un ambiente de paz, seguridad y desarrollo, para de esta forma garantizar el orden constitucional de la Nación [1].

El Ejército Nacional de Colombia se encuentra constituido por diferentes Jefaturas (Imagen 1), entre las cuales se encuentra la Jefatura de Estado Mayor General de Fuerza (JEMGF). Todas ellas se encargan de cumplir las directivas provenientes del Gobierno Nacional, como también aquellas emanadas por superiores [2].

Imagen 1. Organigrama del Ejército Nacional de Colombia.



Fuente: [3]

Fuente: Google Maps

4.1.2 Dirección de Gestión Ambiental y Ecosistemas del Ejército Nacional de Colombia

La Dirección de Gestión Ambiental y Ecosistemas (DIGAM), es la encargada de direccionar a la totalidad de las Unidades Militares adscritas al Ejército Nacional de Colombia, en materia medioambiental, para asegurar el cumplimiento de la Política Ambiental de la Institución, además de lograr un equilibrio entre las operaciones militares y el medio ambiente.

Esta dirección se compone de cuatro secciones que se encuentran a continuación [5]:

- **Sección de Saneamiento Básico**

La sección de Saneamiento Básico tiene como objetivo mitigar y controlar los impactos ambientales producidos sobre los recursos naturales, además de cumplir en su totalidad la normatividad ambiental.

- **Sección de Ecosistemas**

La sección de Ecosistemas es la encargada de formular y diseñar diversas estrategias, planes y programas encaminados al uso y aprovechamiento racional de los ecosistemas y recursos naturales en las diversas áreas del territorio nacional donde operan las Unidades Militares, además del mantenimiento y mejora de las condiciones de saneamiento de las mismas, con el fin de compensar los impactos ambientales causados dentro de las operaciones militares, y garantizar la normatividad ambiental.

- **Sección de Educación Ambiental**

Esta sección se encarga de promover programas enfocados a la educación y sensibilización ambiental, con el objetivo de fomentar la cultura ambiental en todo el personal militar, para que de esta forma se prevenga y mitigue el impacto ambiental causado, además de cumplir con la normatividad.

- **Sección de Trámites Ambientales**

La sección de Trámites Ambientales es la responsable del diseño y formulación de planes y programas para la realización de los trámites y permisos de orden ambiental, necesarios para el desarrollo y correcto cumplimiento de las diferentes operaciones militares y de la normatividad vigente. De igual forma, se enfoca en la

prevención, mitigación, control y compensación de los impactos ambientales causados.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Minería en Colombia

A lo largo de la historia de Colombia, la actividad minera ha estado siempre presente. Desde el período colonial, aunque con técnicas precarias, la minería ha sido altamente desarrollada y ha hecho parte de la economía del país [6]. Sin embargo, ha primado la recompensa económica que ella trae consigo [7].

Desde este mismo período, la minería ha sido principalmente desarrollada para la obtención de oro y otros minerales metálicos. Sin duda, el crecimiento de la minería en la Colombia colonial obligó al gobierno de aquella época a realizar esfuerzos para lograr la regulación de dicha actividad, a través de sistemas primitivos de obtención de títulos mineros. A pesar de dichos esfuerzos, la justicia de la época contenía una suma de limitantes que impedía reglamentar la actividad minera. Por ello, desde este período, datan los orígenes de las actividades mineras ilícitas y donde apareció, por primera vez, el contrabando del oro [7].

La evolución de la actividad minera en Colombia ha generado que la explotación, producción y exportación, principalmente de oro, se consolide como la actividad económica más antigua y una de las más importantes en el país, además de ser una evidente atracción para inversionistas extranjeros. En primera instancia, la explotación minera era generalmente aurífera; sin embargo, al paso de los años se originaron nuevas explotaciones que no estaban únicamente interesadas en este metal precioso, sino que involucraron nuevos materiales como calizas, yeso, arcilla y gravas, los cuales eran utilizados en la industria de la construcción. De igual forma, se inició la explotación de otros minerales en mayor medida como la plata y el platino [6,8].

Tras constantes cambios y progresos, la actividad minera se consolida como la conocemos el día de hoy en los años ochenta, cuando se da inicio a la operación de explotaciones de carbón en los departamentos de La Guajira y El Cesar, y la instalación de la planta de Cerro Matoso en Montelíbano. Estos proyectos dieron un aporte progresivo a la economía nacional, siendo actualmente una de las cinco locomotoras del crecimiento económico del país. Sin embargo, al mismo tiempo que la minería es una actividad fundamental económicamente, es fuente de problemas ambientales críticos que suponen un inminente peligro para el desarrollo sostenible [6,8,9].

Desde el surgimiento de la actividad minera en el país, ésta nunca se formalizó o reguló por los correspondientes mecanismos u organismos de control de tal forma que se dio un desarrollo irregular. La falta de control por parte del Estado no ha sido resarcida en su totalidad, lo cual conlleva a que se presentan fenómenos de insuficiencia de gestión pública de los recursos, sumados a la cantidad de estos recursos que demandan las inversiones nacionales y extranjeras. Como consecuencia de esto se da lugar a la informalidad, pues al carecer de incentivos que promueven un respeto por la legalidad, acuden a una opción que contiene el propósito de aumentar las utilidades y evitar el engorroso control estatal [9].

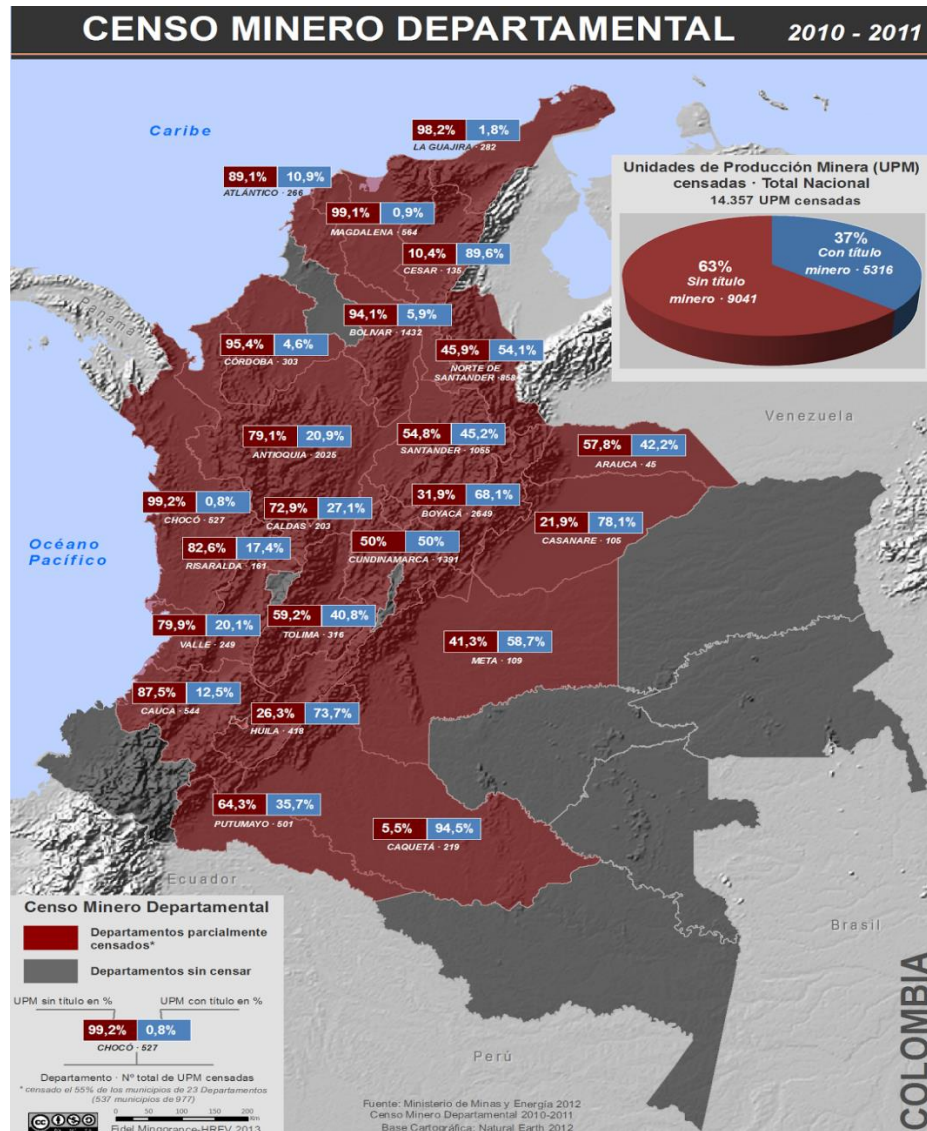
4.2.2 Minería ilegal en Colombia

La actividad minera, desarrollada bajo la ilegalidad, ha venido sumando problemas de distinto orden donde podemos encontrar conflictos sociales, subdesarrollo económico y un claro aumento de la informalidad. De esta forma, la minería ilegal no es catalogada únicamente como un problema de orden público, sino que irradia en diferentes sectores como en la economía y el área ambiental.

La minería ilegal ha sido catalogada por la Organización de las Naciones Unidas como *“una situación que entorpece el control y la administración de los recursos del Estado”*; por tal motivo, es una actividad que, además de afectar la economía de la población en general, deteriora la oferta ambiental del país [9].

En la Imagen 3 se observa el último censo minero departamental en Colombia, desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía en los años 2010 - 2011. A través del mapa se muestran 23 departamentos censados, para los cuales se da el porcentaje de minas con título minero y sin título o informales. Dicho esto, el departamento que cuenta con mayor porcentaje de actividad minera informal es el departamento del Chocó, seguido por el departamento del Magdalena y La Guajira.

Imagen 3.Censo minero departamental de Colombia (2010 - 2011)



Fuente: [10].

Como se dijo anteriormente, el desarrollo de la minería ilegal impacta gravemente sobre diferentes aspectos. De esta forma, dicha actividad produce una serie de impactos económicos, sociales, políticos, jurídicos y ambientales.

En general, suelen percibirse claramente o suponerse los impactos económicos teniendo en cuenta la base económica generada por el desarrollo de la actividad minera; los impactos sociales son bastante observables, pues en los casos de zonas mineras al margen de la ley reina la pobreza, el desplazamiento, impactos sobre la salud humana y demás fenómenos sociales que afectan el desarrollo de las comunidades y del territorio en general [11].

Por otra parte, los impactos ambientales son significativos ya que impactan de manera directa en el bienestar y el diario vivir de la población, esto debido a que los recursos naturales son considerados la base de cualquier asentamiento humano. Sin embargo, los impactos políticos y jurídicos, a diferencia de los anteriores, no cuentan con el reconocimiento y la importancia que exigen.

A continuación, se muestra cómo impacta la minería ilegal en estos ámbitos.

▪ **Impacto económico**

No se establece un equilibrio económico, pues no se cuenta con un control del Estado alrededor del gasto en la oferta ambiental. De esta forma, contribuye en la limitación del desarrollo económico pues se establecen límites en los recursos disponibles [9].

De igual forma, desde el punto de vista económico, la informalidad que caracteriza a la minería ilegal genera una falta de reporte para el Estado incumpliendo de esta forma con los tributos legales exigidos. Esto indica, que a menores tributos al Estado, es menor el ingreso del mismo [9].

Por último, al impedir el normal desarrollo económico y sostenible del país, la minería ilegal genera una falta de interés de la legalidad. Pues, indudablemente, al ver que esta actividad al margen de la ley genera ingresos atractivos, se incrementa la utilidad, su nivel de producción y, por el contrario, disminuyen los costos, se produce un incentivo importante dentro de las comunidades teniendo en cuenta la rentabilidad. Esta última, conduce entonces a un aumento en la explotación del recurso minero por vías no legales potencializando la ilegalidad [9].

▪ **Impacto social**

El retraso económico que puede sufrir el país por la práctica ilegal de la minería viene acompañado de una gran problemática social. Partiendo del hecho de la no posibilidad de generar un desarrollo económico normal, se genera un efecto colateral caracterizado por el aumento de la pobreza en las zonas del país donde se desarrolla la actividad minera [9].

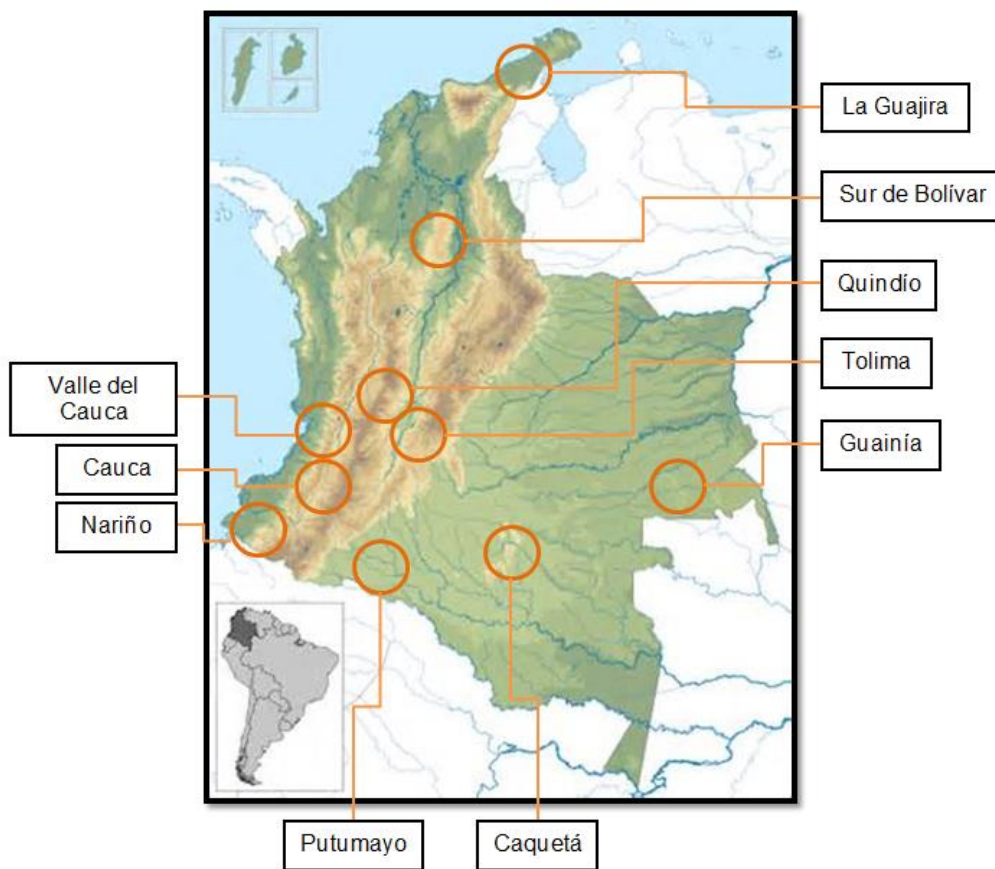
Por otra parte, la minería ilegal asocia de forma directa fenómenos de sub-empleo, incumplimiento de condiciones mínimas de trabajo donde se vulneran derechos

fundamentales de la población, como por ejemplo el derecho de acceder a la educación cuando se presentan casos de trabajo infantil [9].

La minería ilegal, además de lo anterior, se convierte en un foco de actividades ilícitas como financiación del terrorismo, bandas criminales y demás grupos al margen de la ley con el objetivo de crear una fuente de captación de recursos, que al no ser controlados por el Estado, ofrecen dos ventajas importantes: Rentabilidad: Altos ingresos con menores costos; Déficit de atención: No figuran en gran manera en medios de comunicación o escándalos que se encuentren en la mira del Estado [9].

En la Imagen 4 se presentan las zonas del país donde se observa una relación entre la minería ilegal y la asociación de la misma con grupos armados al margen de la ley.

Imagen 4. Zonas del país que presentan relación entre la minería ilegal y los grupos armados.



Fuente: [12]

▪ **Impacto ambiental**

Sin duda, la falta de control existente con la explotación de recursos genera un deterioro de la integridad ambiental del territorio [9].

De esta forma, la falta de control, promueve una consecuencia natural obvia pues la población intentará hacer uso de tantos recursos como le sea posible, provocando así la disminución de la oferta medioambiental y los indudables perjuicios a los ecosistemas [9].

Los problemas ambientales asociados con la actividad minera ilegal, se reflejan en varios planos, teniendo en cuenta que la actividad minera sin control produce un riesgo significativo de erosión, que consecuentemente trae consigo problemas asociados como menor productividad, disminución de la biodiversidad, alteración de los ciclos naturales y de procesos biológicos [9].

En segundo lugar, se encuentra la liberación de sustancias tóxicas que suelen estar asociadas a la extracción de material. Dichas sustancias resultan nocivas y

significativamente tóxicas al sobrepasar sus niveles de concentración en el medioambiente, de tal forma que perjudica a las especies, tanto animales como vegetales, y la salud humana [9].

- **Impacto político y jurídico**

El principal impacto, principalmente jurídico, es el fomento de la ilegalidad dentro del desarrollo de la actividad minera nacional de tal manera que hace que el Estado pierda credibilidad y su legitimidad [9].

En el plano político surge una desconfianza en las instituciones de orden político y en general al Estado, que se suma a los efectos de tipo económico, social y ambiental. En cuanto a la inversión extranjera, se proyecta una inseguridad jurídica por las constantes modificaciones legales en los estatutos mineros [9].

A partir de lo anterior, se evidencia que la minería ilegal no impacta únicamente en términos legales, sino que sus consecuencias tienen un ámbito mucho más amplio de tal forma que alcanza sectores medioambientales, económicos, sociales, políticos y de seguridad. En términos generales, los impactos de la minería ilegal son nocivos para el desarrollo del país obstruyendo el desarrollo sostenible y golpeando radicalmente la estabilidad económica del país [12].

4.2.3 Procesos de extracción minera en Colombia

Dentro de los procesos mineros desarrollados en Colombia, el método de amalgamación del oro es ampliamente usado para la extracción de este recurso. En este proceso se ven involucradas diferentes sustancias químicas, como es el caso del mercurio, que al ser combinado con las rocas que contienen esta piedra preciosa, forma una aleación y logra extraer el material [11].

Dentro del mismo proceso, se produce la quema de la amalgama que genera vapores de mercurio que comúnmente son inhalados por los encargados del proceso, dichos vapores llegan a la atmósfera y a través del ciclo hidrológico son depositados en los cuerpos hídricos, por medio de bacterias el mercurio es transformado en metilmercurio el cual sufre un proceso de biomagnificación, de este modo el mercurio proveniente de la actividad minera se deposita en los peces hasta llegar a sus consumidores, entre los cuales se encuentra el ser humano [11].

Por otra parte, el mercurio puede asentarse en el suelo y permanecer allí por cientos de años; por ejemplo, en California, Estados Unidos, aún se encuentran

señales por envenenamiento con mercurio producido por la explotación minera desde hace más de cien años [13].

4.2.4 Precursores químicos de la actividad minera

Además del mercurio, existen otras sustancias químicas, conocidas como precursores químicos. Estas sustancias son ampliamente utilizadas en los procesos de extracción minera y en actividades al margen de la ley, como es el caso del narcotráfico, donde son utilizadas para la fabricación ilegal de drogas sintéticas. Sin embargo, los precursores químicos tienen también diferentes usos comerciales y usos en procesos industriales legales; por ejemplo, en la elaboración de medicamentos, aromas y fragancias. Se usan sustancias como cianuro, ácido sulfúrico, combustibles, metales pesados entre los cuales se encuentra el plomo, arsénico y cromo, por nombrar algunos [13].

Los precursores químicos son productos químicos utilizados en la actividad minera ilegal y en otras actividades al margen de la ley, como es el caso del narcotráfico, para la fabricación ilegal de drogas sintéticas. Sin embargo, los precursores químicos tienen también usos comerciales y en procesos industriales legalmente como por ejemplo en la elaboración de medicamentos, aromas y fragancias [14].

4.2.5 Definición de residuo

Los residuos son definidos como aquel material producido como resultado de alguna actividad. Este material generado representa una amenaza para los recursos naturales, debido a que contribuye con la contaminación de recursos como el agua, tierra y aire, alterando el estado natural; además de poner en riesgo la salud de los seres humanos [15,16,17].

Estos materiales o productos pueden encontrarse en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso; por otra parte, según sean sus características, pueden llegar a ser valorizados o necesitar de un tratamiento y método de disposición final [16].

Para el caso de Colombia, los residuos son cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o de pósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula [17].

▪ Clasificación de los residuos

Los residuos se clasifican, principalmente, en tres grandes grupos: Según su fuente, según su naturaleza y según su grado de peligrosidad [18]. A continuación, se muestra en el Gráfica 1 la clasificación de los residuos.

Gráfica 1. Clasificación de los residuos.



Fuente: [18]

a. Según su fuente: se tienen en cuenta el tipo de actividades que los generaron. Se encuentran residuos [16,18]:

- Domésticos: generados en casas y edificios.
- Industriales: provenientes de industrias de manufactura y en la producción de bienes.
- Comerciales: originados en tiendas, restaurantes, supermercados, hoteles, centros comerciales.
- Institucionales: generados en colegios, universidades, cárceles, hospitales, gobernaciones.
- Agrícolas: generados en las cosechas, viñedos, árboles, actividad ganadera, granjas.

- De construcción: provenientes de construcciones, obras y demoliciones.
- Servicios municipales: aquellos cuyo origen está en el barrido de calles, podas, playas y zonas de recreación.

b. Según su naturaleza: se tienen en cuenta sus características, su composición y el tiempo que tardan en desaparecer. Se encuentran residuos [15,17]:

- Aprovechables: son todos aquellos que pueden convertirse en materia prima para la fabricación de un producto nuevo.

Al mismo tiempo, se clasifican en dos grandes grupos: 1. Biodegradables, son todos aquellos que son transformados por la actividad de microorganismos como bacterias y hongos; 2. Reciclables, son los residuos que luego de su uso sirven de base para la fabricación de nuevos productos.

- No aprovechables: son los residuos que por sus características no tienen ningún valor comercial.

De igual forma, se clasifican en dos grandes grupos: 1. Higiénicos, residuos de aseo y limpieza; 2. Comunes, son otras clases de residuos no aprovechables.

c. Según su grado de peligrosidad: se basan en las características de peligrosidad y no peligrosidad de los residuos. Se encuentran residuos como [18]:

- Comunes: son todos aquellos que no poseen características de peligrosidad, como es el caso de los residuos biodegradables, reciclables y no reciclables.
- Peligrosos: por el contrario, son aquellos residuos que poseen características de peligrosidad y pueden causar daños a la salud y al medio ambiente.

4.2.6 Definición de residuo peligroso

Los residuos peligrosos (RESPEL) son aquellos residuos, que por sus características tóxicas, corrosivas, reactivas, radiactivas, inflamables, explosivas, e infecciosas, suponen un riesgo para la salud humana y para el medio ambiente; los cuales pueden ser líquidos, sólidos o en forma de gas contenido [10,11,20].

Los residuos peligrosos pueden ser originados por distintas fuentes. Pueden ser subproductos de procesos industriales, materiales desechados como líquidos de limpieza, pesticidas, y productos de un proceso industrial como por ejemplo las baterías [12,13].

▪ **Sistemas de clasificación de los residuos peligrosos**

La clasificación de los residuos tiene por objeto manejar los residuos potencialmente peligrosos, de tal forma que se prevengan y reduzcan los riesgos para la salud de los seres humanos y el medio ambiente. A través de la correcta clasificación de los residuos, es posible tomar las medidas necesarias en lo que se refiere al manejo y la disposición de los mismos, cuyo propósito es su correcta gestión [21].

En los sistemas de clasificación de los residuos, se tienen en cuenta algunos criterios [10,14]:

- a. Estar incluidos en alguna lista de tipos específicos de residuos.
- b. El conocimiento acerca de los insumos y procesos asociados al residuo.
- c. Si presenta alguna característica de peligrosidad.
- d. Las propiedades físicas, químicas o biológicas del residuo.

Listas de residuos

Las listas de residuos son un sistema de clasificación de residuos peligrosos, basadas principalmente en los procesos de origen y la naturaleza de los mismos. Son una herramienta para el desarrollo de sistemas de control y vigilancia, ya que es un sistema sencillo de emplear [21].

Los principales sistemas de clasificación de residuos, que emplean listas, son:

▪ **Catálogo Europeo de Residuos de la Comunidad Europea**

El Catálogo Europeo de Residuos es una lista desarrollada por la Comunidad Europea (CE), en la cual se indican los residuos, que, según dicha comunidad, se consideran peligrosos. En dicha lista, se encuentra una codificación armónica, donde se identifican los residuos peligrosos a los que están indicados con un asterisco (*) que complementa su código [21].

El Catálogo Europeo de Residuos se encuentra dividido en 20 categorías, que incluyen residuos peligrosos y no peligrosos [23].

▪ **Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)**

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) ha implementado una serie de listas de residuos peligrosos, con el objetivo de identificar los residuos peligrosos y optar por un manejo y tratamiento adecuado [21].

Las listas desarrolladas por la EPA se encuentran divididas de la siguiente forma:

- Residuos de fuentes no específicas: En esta categoría se presentan los residuos provenientes de procesos industriales comunes, se identifican con la letra F.
- Residuos de fuentes específicas: En esta lista se incluyen residuos de trece sectores, se identifican con la letra K.
- Productos químicos comerciales descartados y formulaciones comerciales: Esta lista tiene dos subdivisiones. Con la letra P se identifican los productos químicos tóxicos agudos; con la letra U se integran productos químicos tóxicos y otros con propiedades como inflamabilidad y reactividad.
- Residuos característicos: Se encuentran todos los residuos que cuenten con una de las siguientes características: inflamable, corrosivo, reactivo o tóxico. Se identifican con la letra D [21].

▪ **Convenio de Basilea**

En el Convenio de Basilea para el control de los movimientos transfronterizos y su eliminación, se desarrollan una serie de listados que tienen como fin la identificación y clasificación de los Residuos Peligrosos. Sin embargo, en el ámbito de aplicación del Convenio de Basilea no se tienen en cuenta los residuos con características de radiactividad [21].

A continuación, se describen algunos listados:

- Anexo I: Se encuentran residuos peligrosos agrupados por procesos generadores y por los diferentes constituyentes peligrosos que puedan tener.
- Anexo VIII (Lista A): Se encuentran residuos que, por sus características, se definen como peligrosos.
- Anexo IX (Lista B): Aquellos residuos que no se consideran peligrosos.

En el Anexo 1, se presentan las listas de clasificación de residuos peligrosos, desarrolladas en el Convenio de Basilea para el control de los movimientos transfronterizos y su eliminación.

▪ **Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005**

El Decreto 4741 de 2005, busca prevenir la generación de residuos peligrosos, además de regular el manejo de los residuos generados; de esta forma, se protege la salud de los seres humanos y el ambiente [17].

La clasificación de los residuos peligrosos, a través de éste Decreto, se presenta en listas [21] identificadas de la siguiente forma:

- Anexo I: Lista de residuos peligrosos, según sea su proceso o actividad.
- Anexo II: Se incluyen residuos peligrosos, según sea su corriente.

En el

, se presentan las listas de clasificación de residuos peligrosos, desarrolladas en el Decreto 4741 de 2005.

▪ Características de peligrosidad de los residuos

Las características de peligrosidad de los residuos son otro sistema de clasificación de los mismos, teniendo en cuenta si el residuo cuenta con ciertas propiedades. Por ello, se relaciona la peligrosidad del residuo bajo el sistema CRETIP de clasificación [22].

El sistema CRETIP contempla las siguientes características de peligrosidad, presentadas en la Tabla 1:

Tabla 1. Características de peligrosidad clasificación CRETIP.

C	Corrosivo
Re	Reactivo
Ra	Radiactivo
E	Explosivo
T	Tóxico
I	Inflamable

P	Patógeno
----------	-----------------

Fuente: [21]

La corrosividad es una característica que hace que los residuos, por medio de la acción química, cause daños graves en los tejidos vivos al tener contacto con ellos; además, de dañar otros materiales [17].

Los residuos con propiedades corrosivas son capaces de corroer metales como es el caso de los tanques de almacenaje. Los residuos peligrosos corrosivos suelen ser ácidos provenientes de la limpieza de metales, líquidos originados en la fabricación del acero, lodos ácidos, entre otros [21].

En cuanto a la reactividad se puede mencionar que es la característica presentada en aquellos residuos, que al mezclarse con otros elementos, sustancias o residuos, se da lugar a las siguientes propiedades [17]:

- a. Se generan gases, vapores y humos tóxicos que, al mezclarse con agua, provoca daños a la salud y al ambiente.
- b. Se compone de cianuros, sulfuros o peróxidos; que al reaccionar libera gases, vapores o humos tóxicos provocando daños a la salud y al ambiente.
- c. Se produce una reacción explosiva o detonante bajo estímulos de calor en ambientes o en confinamiento.
- d. Se produce una reacción, endotérmica o exotérmica, al estar en contacto con alguna sustancia, con el aire o el agua.
- e. Puede provocar procesos de combustión.

La reactividad, es una propiedad de los residuos peligrosos de gran importancia, teniendo en cuenta que por la inestabilidad de este tipo de residuos se genera una problemática importante en la gestión de los mismos [21].

Por su parte, la explosividad es una característica de los residuos peligrosos, los cuales de manera espontánea, a través de una reacción química, desprende gases que por su temperatura, presión y velocidad pueden generar daños en la salud y en el ambiente [17].

Esta característica se encuentra asociada con el poder de reacción del residuo en condiciones determinadas de ambiente. Residuos peligrosos como restos de pólvora, residuos químicos como amonio dicromato o el trinitolueno comparten esta característica [21].

A su vez, la toxicidad es la característica de aquellos residuos que pueden provocar efectos indeseables, de orden biológico, de tal forma que pueden causar daño a la salud y al ambiente [17].

La toxicidad se clasifica en tres tipos: Toxicidad aguda, toxicidad con efectos crónicos, ecotoxicidad y prueba de lixiviación (TCLP) [21].

Toxicidad aguda: Se refiere a la situación en la que una elevada exposición a una dosis de una sustancia química o producto, es capaz de provocar efectos adversos a la salud [21].

Toxicidad con efectos crónicos: Esta toxicidad corresponde a las exposiciones que no causan efectos adversos durante la exposición inicial por algún periodo, de tal forma que los efectos se desarrollan durante el tiempo de exposición o después de su fin [21].

Ecotoxicidad: La ecotoxicidad se refiere a la capacidad que tiene un residuo de producir daño en los organismos o en el ambiente. La ecotoxicidad es perjudicial para especies, diferentes al hombre, y para los hábitats [21].

Prueba de lixiviación: La prueba de lixiviación pretende comprender el impacto que los residuos pueden ejercer sobre el medioambiente, de tal forma que se conozca el comportamiento de los contaminantes que contiene el residuo al encontrarse en el medio. Por otra parte, por la capacidad de arrastre de los contaminantes por el agua, la contaminación se multiplica y se da la necesidad de un test de lixiviación [21].

Según su característica de Inflamabilidad, al encontrarse un residuo con una fuente de ignición, y bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, puede arder siendo un gas, un líquido, un sólido o un oxidante, que al liberar oxígeno, puede estimular la combustión e incrementar la intensidad del fuego [17].

Los residuos que cuentan con características de inflamabilidad, pueden provocar incendios con gran facilidad durante su transporte o almacenamiento [21].

Finalmente, los residuos pueden ser considerados peligrosos, si contienen agentes patógenos como microorganismos (bacterias, virus, parásitos, hongos), de tal forma que por su virulencia y concentración pueden llegar a causar enfermedades en seres humanos y en animales [22].

Esta característica puede variar con el tipo, pues depende del tipo de microorganismo presente y por lo tanto es éste es que le da la cualidad patógena al residuo [21].

4.2.7 Métodos de tratamiento de residuos peligrosos

Los métodos de tratamiento para los residuos peligrosos constituyen una posibilidad para el manejo que se le deben dar a este tipo de residuos, teniendo en cuenta que son utilizados únicamente cuando no es posible evitarlos o disminuirlos [24].

El tratamiento de los residuos peligrosos es una serie de transformaciones, que se centran en la reducción del volumen y de la peligrosidad, la destrucción de sustancias imposibles de confinar y el aislamiento y encierro de elementos peligrosos. Sin embargo, el tratamiento de los residuos generará otros como emisiones atmosféricas, efluentes y residuos sólidos; a los cuales se les deberá realizar un proceso de gestión según sean sus características [18,25].

Algunos métodos de tratamiento se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2. Métodos de tratamiento de residuos peligrosos.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Tratamiento físico	Constituido por procesos de separación y reducción de volumen.
Tratamiento químico	Procesos de transformación de los residuos a través del aditamento de sustancias químicas.
Tratamiento físico - químico	Se modifican las propiedades, tanto físicas como químicas del residuo, involucrando estos dos procesos.
Tratamiento biológico	A través de la acción de microorganismos, se realiza un proceso de descomposición de los contaminantes.
Tratamiento térmico	Se realiza la destrucción de los residuos, exponiéndolos a altas temperaturas.
Tratamiento de estabilización	Se realiza un proceso de transformación de los contaminantes, reduciendo su toxicidad.
Tratamiento de solidificación	Se genera una masa sólida de residuos.

Fuente: [24]

- **Tratamiento físico**

El tratamiento físico es considerado como una primera fase de tratamiento de residuos peligrosos.

Se basa principalmente en la separación de diferentes fases o sustancias de tal forma que puedan ser tratadas por separado. Permite la eliminación de los contaminantes tóxicos disueltos o suspendidos dentro de los residuos peligrosos [24].

En la

Tabla 3 se pueden observar los diferentes tipos de tratamiento físico para residuos peligrosos.

Tabla 3. Tipos de tratamiento físico para residuos peligrosos

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Separación manual	Elimina residuos seleccionados a través de una inspección
Cribado y tamizado	Elimina el material grueso
Sedimentación	Se precipitan los sólidos para realizar su separación del líquido
Decantación	Eliminación del contenido de agua
Centrifugación	Eliminación del contenido de agua
Autoclave	Esterilización de residuos mediante calor y presión
Filtración	Separación de mezclas heterogéneas de sólidos y líquidos
Absorción	Adherencia de los contaminantes sobre superficies controladas
Lavado de suelo	Extracción de contaminantes solubles
Secado de lodo	Eliminación de líquidos retenidos en lodos

Fuente: [21]

▪ Tratamiento químico

El tratamiento químico consiste en la alteración de la naturaleza de constituyentes peligrosos a través de reacciones químicas, a través del cual, en la mayoría de los casos, se elimina la peligrosidad de los residuos o transformando el residuo en gases no tóxicos [20,24].

Entre los principales tratamientos químicos para residuos peligrosos (Tabla 4) se encuentran:

Tabla 4. Tipos de tratamiento químico para residuos peligrosos.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Reducción y oxidación química	Transformación de componentes mediante agentes oxidantes y reductores
Neutralización	Neutralización de pH
Precipitación	Separación de los componentes peligrosos de una solución
Decloración	Eliminación del cloro de materiales orgánicos
Hidrólisis	Separación de componentes mediante adición de agua
Electrólisis	Separación de compuestos químicos a través de descargas eléctricas

Fuente: [21]

▪ Tratamiento fisicoquímico

El tratamiento físico – químico donde se involucran los tratamientos físicos y químicos, a través de los cuales se modifican estas mismas características del residuo peligroso. El tratamiento físico – químicos puede cumplir varias funciones, las cuales son [20,24]:

- Permitir la recuperación de compuestos para un posterior uso.
- Separación de constituyentes peligrosos de la masa del residuo peligroso.
- Reducción de la peligrosidad de un residuo a través de la transformación de sus componentes.

- Transformación del residuo peligroso en un material, cuyas condiciones sean las apropiadas para su ingreso a otro sistema de tratamiento o de disposición final.

Entre los principales tratamientos físicos – químicos para residuos peligrosos (Tabla 5) se encuentran:

Tabla 5. Tratamiento físico – químico para residuos peligrosos.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Extracción de solventes Separación de la membrana - Semipermeables	Se disuelve el material orgánico en una solución acuosa usando un solvente
Floculación y coagulación	Se agregan componentes puros
Stripping / Desorción	Separación de componentes volátiles de un líquido mediante sometimiento a corrientes de gas
Lixiviación	Eliminación de componentes solubles de material sólido
Limpieza	Eliminación de componentes de la corriente (gaseosa o líquida), por contacto con líquido, mezcla o polvos de limpieza
Ozonólisis	Separación de componentes peligrosos mediante ozono o energía
Intercambio de iones	Intercambio con especies iónicas a través de contacto con resina

Fuente: [21]

▪ Tratamiento biológico

El tratamiento biológico consiste en la descomposición de los contaminantes, mediante la acción de microorganismos [21].

En la

Tabla 6 se presentan los diferentes tipos de tratamiento biológico para residuos peligrosos.

Tabla 6. Tipos de tratamiento biológico para residuos peligrosos.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Lodos activados	Biodegradación de especies orgánicas con lodo bioactivado
Biológico giratorio	Elimina las especies orgánicas acuosas
Lagunas aireadas y de estabilización	Eliminación de residuos orgánicos en cavidades profundas con oxígeno
Digestión anaerobia	Degradación de residuos orgánicos en ausencia de oxígeno
Utilización del suelo	Biodegradación de materia orgánica mediante la acción de microorganismos de suelo
Biorremediación	Detoxificación de contaminantes en ambientes como mares, estuarios, lagos, ríos y suelos usando microorganismos o enzimas
Land farming	Remediación biológica mediante la cual los materiales contaminados son esparcidos en una superficie, extraídos del lugar y apilados sobre una superficie impermeable
Fitorremediación	Aprovechamiento de la capacidad de ciertas especies vegetales para extraer del suelo contaminantes inorgánicos como metales pesados

Fuente: [21]

▪ **Tratamiento de estabilización y solidificación**

El tratamiento con técnicas de estabilización y solidificación es ampliamente usado para residuos sólidos y lodos inorgánicos. Se utiliza para residuos con menos del 10% al 20% de materia orgánica, ya que al sufrir procesos de degradación hace imposible el uso de éstas técnicas [21].

La estabilización es el proceso en el que los contaminantes del residuo disminuyen su toxicidad. Estas transformaciones se dan mediante reacciones químicas cuyo objetivo es fijar los compuestos tóxicos [21].

Por otra parte, la solidificación es un tratamiento que genera una masa sólida de residuos tratados, de tal forma que se mejora la integridad estructural, características físicas; además de facilitar el manejo, transporte y disposición final de los residuos [21].

▪ **Tratamiento térmico**

El tratamiento térmico es utilizado para la destrucción de contaminantes, reducción o eliminación de la peligrosidad de los residuos empleando altas temperaturas e involucrando reacciones químicas [24].

El tratamiento térmico, aunque suele ser bastante efectivo en lo que se refiere a residuos peligrosos, supone una serie de ventajas y desventajas [21]. A continuación, se muestran las ventajas y desventajas de la puesta en marcha del tratamiento térmico:

Ventajas:

- Puede ser aplicado a residuos sólidos y lodos.
- Reducen de forma significativa el volumen de los residuos.
- Alta eficiencia en la remoción de compuestos orgánicos volátiles.
- Reducción del volumen del residuo entre un 80% y 90%
- Cooperación en la recuperación energética.

Desventajas:

- Se requiere de control de emisiones atmosféricas.
- Algunos subproductos son de mala combustión y supone un alto grado de toxicidad.
- Se requieren equipos eficientes para el proceso.

La incineración es uno de los tratamientos térmicos más utilizados. Suele realizarse en hornos, los cuales son especialmente diseñados para esta actividad [21]. Sin embargo, existen otros tratamientos térmicos (Tabla 7) para residuos peligrosos.

Tabla 7. Tratamientos térmicos para residuos peligrosos.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Incineración	Proceso de combustión completa con oxígeno excedente
Co – procesamiento	Utilización de Clinker para la combustión de residuos
Pirolisis	Proceso de descomposición térmica en ausencia de oxígeno
Gasificación	Proceso de combustión incompleta en ausencia parcial de oxígeno
Arco de plasma	Proceso de volatilización y combustión del residuo peligroso al estar en contacto con un gas energizado.
Oxidación en sal fundida	Proceso de oxidación sin llama, donde las sustancias (orgánicas) son oxidadas en una cámara de reacción.

Fuente: [21]

4.2.8 Disposición final de residuos peligrosos

En la etapa de disposición final de los residuos peligrosos se deben tener en cuenta los nuevos residuos generados, a los cuales se les debe dar un tratamiento de tal forma que se garantice una disposición ambiental apropiada [24].

La disposición final de los residuos peligrosos tiene como resultado el confinamiento de ellos, con el fin de minimizar cualquier liberación de contaminantes. Para la disposición de este tipo de residuos, el confinamiento en rellenos o celdas de seguridad es el método más usado. El confinamiento es una disposición de suelo, donde se realizan obras civiles con características de impermeabilidad. Los rellenos o celdas de seguridad deben contar con los siguientes elementos [24]:

- Sistemas de impermeabilización y detección de pérdidas
- Sistemas de captación, conducción y tratamiento para lixiviados
- Sistemas de captación, conducción y manejo para gases

4.3 MARCO LEGAL

A continuación, en la Tabla 8 se muestra el marco legal a nivel ambiental con el cual se ve involucrado el desarrollo del proyecto.

Tabla 8. Marco legal

NUMERO DE LA REGLAMENTACIÓN	TIPO DE REGLAMENTACIÓN	NOMBRE DE LA REGLAMENTACIÓN	FECHA
REGLAMENTACIÓN INTERNA			
159	Directiva permanente	Directiva del Manejo Ambiental del Ejército Nacional	2009
258	Directiva permanente	Creación de la oficina de medio ambiente para unidades operativas mayores, menores y tácticas	2006
5	Directiva permanente	Políticas de Gestión Ambiental para el Sector Seguridad y Defensa	2010
29	Directiva permanente	Protección al Medio Ambiente del Ministerio de Defensa	2009
600-3	Directiva permanente	Creación del Sistema de Gestión Ambiental FF.MM	2001
164	Directiva permanente	Manejo adecuado de la Unidad Temporal de Almacenamiento de residuos sólidos (UTA)	2012
252	Directiva permanente	Manejo ambiental de las tropas que se deben instalar en áreas de especial importancia ecológica	2009

		debido al conflicto armado	
REGLAMENTACIÓN NACIONAL			
2811	Decreto	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	1974
99	Ley	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones	1993
1076	Decreto	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambientes y Desarrollo Sostenible	2015
RÉGIMEN SANCIONATORIO AMBIENTAL			
1333	Ley	Por la cual se establece el régimen sancionatorio ambiental	2009
599	Ley	Por el cual se expide el Código Penal	2000
1259	Ley	Por la cual se instaure el comparendo ambiental en todo el territorio Nacional	2008
NORMATIVIDAD RESIDUOS SÓLIDOS, PELIGROSOS, HOSPITALARIOS Y PRODUCTOS POSCONSUMO			

9	Ley	Por la cual se crean medidas sanitarias	1979
253	Ley	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	1996
1252	Ley	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones	2008
838	Decreto	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones	2005
1609	Decreto	Reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera	2002
4741	Decreto	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.	2005
1402	Resolución	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades	2014

Fuente: Las autoras. Modificado de: Dirección de Gestión Ambiental y Ecosistemas, Ejército Nacional de Colombia.

5. DESARROLLO DE LA PASANTÍA

5.1 Metodología

Para el desarrollo de los objetivos propuestos, este proyecto se llevó a cabo en una serie de fases que, a su vez, están divididas en actividades teniendo como finalidad el cumplimiento de cada uno de los objetivos inicialmente planteados.

5.1.1 Búsqueda bibliográfica

En esta fase inicial, se realizó el proceso de obtención de toda la información y antecedentes para contextualización del tema, en lo que se refiere a cómo se ha venido desarrollando la minería ilegal en Colombia, y así mismo, qué se ha hecho para minimizar el incremento de ésta y los impactos que la minería ha tenido en el país en su eje económico, social, ambiental, político y jurídico.

5.1.2 Realización de mesa de trabajo

En esta fase, se desarrolló el diagnóstico inicial a partir de mesas de trabajo organizadas y realizadas con los encargados y especialistas en el tema, pertenecientes a la Brigada Contra la Minería Ilegal, acompañados de algunos miembros del personal militar de la Sección Ambiental del Comando de Ingenieros del Ejército Nacional de Colombia, en donde se da a conocer cómo es el proceso de intervención e incautación de la mina.

Los soportes correspondientes a las diferentes mesas de trabajo concertadas, debido a políticas de privacidad y manejo de información del Ejército Nacional de Colombia, reposan en el Archivo de la misma por lo cual no se presentan como anexo.

▪ Análisis de la información obtenida:

A partir de la información obtenida, se identificaron las principales falencias en cuanto al proceso de incautación y sellamiento de la mina y así mismo los residuos peligrosos que se producen, ya que no se tiene ningún control ni clasificación de los residuos peligrosos presentes en este proceso. Así mismo, se identificó el estado en el que se encuentra cada uno de los residuos a través de la elaboración de un formato.

Para el análisis del manejo inapropiado de los residuos peligrosos producidos en la minería ilegal, se tiene como herramienta principal sistemas de clasificación de RESPEL, con el objetivo de identificar las características específicas de los residuos peligrosos.

5.1.3 Realización de inventario de residuos peligrosos a estudiar

Se diseñó un formato de inventario de residuos peligrosos, en el cual se contemplan los residuos a estudiar y su cantidad de generación anual, en toneladas, como residuo de la actividad minera. En el inventario, se tienen en cuenta la información adquirida en la realización de mesas de trabajo, revisión de informes, cuantificación de residuos a partir de su última generación; y, por último, los principales residuos peligrosos presentes en las operaciones contra la minería ilegal.

A través de este instrumento se ofrece la información numérica de producción de residuos de la minería ilegal y, por ende, a los que se les busca dar un manejo y disposición final adecuada. El formato aplicado para la realización del inventario es completamente adaptado a la operación militar y diseñado por las autoras.

▪ Clasificación de los residuos peligrosos

Se realizó la clasificación de los residuos peligrosos de estudio, bajo la norma nacional y la norma internacional Decreto 4741 de 2005 y Convenio de Basilea, respectivamente. Como complemento, se realizó la clasificación CRETIP de los residuos, indicando las características encontradas para cada uno de ellos.

A través de la realización de gráficos, se buscó evidenciar las características de peligrosidad más relevantes en este proceso, y reflejar la cantidad de residuos peligrosos generados en el desarrollo de la actividad minera. La información que alimenta este tipo de gráficos ha sido adquirida por una amplia revisión bibliográfica y la realización de trabajo de campo, desarrollado durante la pasantía en el Ejército Nacional de Colombia.

▪ Identificación de impactos ambientales

De acuerdo a los objetivos planteados, se aplicó la matriz de Leopold para la identificación de impactos ambientales, a causa del mal manejo y la mala disposición de los residuos peligrosos, y a través de la cual se identificaron los aspectos e impactos generados por el desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal, sobre cada uno de los componentes (aire, agua, suelo).

La finalidad de la implementación de esta matriz de identificación de impactos fue poder ver, de acuerdo con la actividad realizada, si se está ejerciendo un impacto positivo o negativo según el componente que se esté evaluando.

5.1.4 Propuesta para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos.

Luego de analizar la información y tener los resultados obtenidos de acuerdo con la realización del inventario de los residuos encontrados, se dio como principal necesidad definir una propuesta para el manejo y disposición adecuada de los residuos peligrosos de la actividad minera, teniendo en cuenta, además, cómo estos residuos afectan directamente al ambiente, proponiendo así su adecuado manejo y disposición final.

Para la definición de la propuesta se consideraron las características de cada uno de los residuos estudiados, se realizó un análisis de cada uno de los tratamientos de residuos peligrosos y se definieron aquellos que se lograron ajustar a los mismos.

- **Establecimiento de acciones correspondientes al manejo y disposición final adecuada.**

Se establecieron las acciones de manejo y disposición final adecuada, a partir de los residuos y el tratamiento definido dentro de la propuesta. Estas acciones fueron incluidas dentro de un manual de manejo y disposición final de residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal, junto con la presentación de la propuesta. Dentro del desarrollo de las propuestas se incluyen los elementos técnicos y operativos, necesarios para el transporte, almacenamiento y disposición final.

5.1.5 Diseño de manual para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos.

Se diseñó un manual de manejo y disposición final de residuos peligrosos provenientes de las operaciones contra la minería ilegal. En este manual se incluyó una guía operativa sobre la importancia ambiental que tiene darle un adecuado manejo a estos residuos y, así mismo, protocolos que deberán ser implementados para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal.

5.1.6 Diagramación e impresión de manual.

Posterior al diseño del manual, se realizó el proceso de diagramación con ayuda de un diagramador profesional. Finalmente, se realizó la impresión y entrega del manual para el manejo y disposición final de residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal.

6. RESULTADOS OBTENIDOS

6.1 Fase 1: Búsqueda bibliográfica

Basado en la información obtenida en la fase de búsqueda bibliográfica se realizó el contenido del marco teórico, desarrollado previamente en este informe.

6.2 Fase 2: Realización de mesa de trabajo

Dentro del desarrollo de la pasantía, se organizó y concretó la realización de una mesa de trabajo con personal militar de la Brigada contra la Minería Ilegal y la Dirección de Gestión Ambiental del Ejército Nacional de Colombia, en compañía, además, de ingenieros ambientales de estas dependencias.

A través de esta mesa de trabajo se adquirió información en lo que se refiere a las operaciones militares desarrolladas contra la minería ilegal, las actividades desarrolladas dentro de la misma y el manejo que le dan a los residuos peligrosos hallados dentro del transcurrir de la operación militar.

En primer lugar, la Brigada contra la Minería Ilegal del Ejército Nacional de Colombia, en conjunto con otras instituciones como la Policía Nacional de Colombia, la Fuerza Aérea Colombiana y la Armada Nacional, realizan un diagnóstico inicial de la mina objetivo, el cual puede durar algunos meses. Al finalizar este diagnóstico, se procede con la activación de la operación militar de tal forma que el personal militar llega al lugar objetivo, realiza un inventario de la encontrado y posteriormente incautado. Dentro de la incautación se suele encontrar maquinaria y precursores químicos utilizados para la extracción minera, entre los cuales se encuentra el mercurio, cianuro, plomo y arsénico, principalmente.

El personal militar se encarga de reunir la maquinaria y los precursores químicos hallados, como se aprecia en la Imagen 5, de esta forma se acordona el lugar y se deja una distancia prudencial para llevar a cabo la detonación de los mismos. Al finalizar, todos los elementos hallados son quemados por miembros del personal militar y se hace el registro fotográfico correspondiente.

Imagen 5. Material hallado dentro de las operaciones militares contra la minería ilegal.



Fuente: [25]

Como se puede apreciar en la Imagen 6, se realiza la quema correspondiente a la maquinaria amarilla y las sustancias encontradas. Sin embargo, esta práctica no ha sido del todo avalada por el Gobierno Nacional; algunos miembros políticos han realizado propuestas para la asignación de la maquinaria a las diferentes alcaldías. Actualmente, se sigue realizando este proceso y se buscan propuestas para evitar la destrucción de las mismas.

Imagen 6. Quema de maquinaria amarilla en el desarrollo de operaciones contra la minería ilegal.



Fuente: [26]

Se hace el levantamiento correspondiente de la operación militar y se retira por completo el personal militar, sin llevar a cabo ningún tipo de manejo o disposición

adecuada a los residuos hallados. Por ello, existe una preocupación dentro del Ejército Nacional de Colombia, pues no se cuenta con guías operativas que permitan realizar un manejo y disposición adecuada a las sustancias halladas, lo cual manifiesta un inconformismo y búsqueda de soluciones por parte de la Brigada contra la Minería Ilegal, quien manifiesta el querer desarrollar un mejor manejo a dichas sustancias, y por consiguiente impedir la generación de mayores impactos ambientales por la quema de éstas (Imagen 7).

Imagen 7. Quema de residuos peligrosos y centros de acopio de los mismos.



Fuente: [27]

6.3 Fase 3: Inventario de residuos peligrosos

Para la realización del inventario de residuos peligrosos, se diseñó un formato en el cual se tienen en cuenta, en primer lugar, los residuos peligrosos generados en la actividad minera y con los cuales se tiene contacto en el desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal.

Para cada uno de los residuos peligrosos definidos, a través de procesos de investigación, entrevistas, mesas de trabajo y búsqueda bibliográfica; se definieron las cantidades producidas de cada uno de estos residuos. Para cada uno de ellos se muestra una cantidad de generación anual, además de definir, del total de residuos generados, el porcentaje que pertenece a la minería ilegal y el porcentaje de minería legal.

El inventario se realizó teniendo en cuenta las cantidades de generación del residuo anual, por cada tonelada de mineral extraído, en donde se encontraron los siguientes resultados: 2320 toneladas de arsénico, 580 toneladas de cromo, 9860 toneladas de plomo, 2900 toneladas de zinc, 2900 toneladas de mercurio y 0,000849 toneladas de cianuro. Además de estos, se encuentran envases y

embalajes (3047 toneladas); y la maquinaria incautada, generalmente una por mina (Tabla 9).

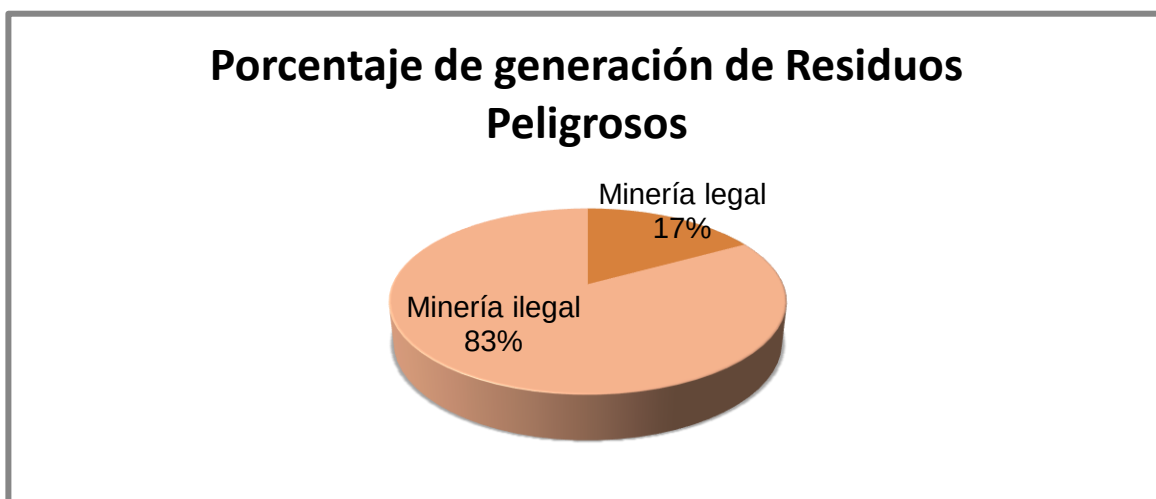
Tabla 9. Inventario de residuos peligrosos generados en la actividad minera.

RESIDUO	CANTIDAD DEL RESIDUO (TON/AÑO)
Arsénico	2320
Plomo	9860
Mercurio	2900
Cianuro	0,000849
Cromo	580
Zinc	2900
Envases y embalajes	3047
Maquinaria	1
TOTAL RESIDUOS	21.607 TONELADAS

Fuente: [28–31]

Teniendo en cuenta la producción total de residuos peligrosos, 21.607 toneladas, se tiene en cuenta que el 83% de dicho total proviene de la minería ilegal, y tan sólo el 17% proviene de la minería legal [32]. De esta forma, 15.406 toneladas de residuos sólidos pertenecen a la minería ilegal, y 3.155 toneladas pertenecen a la minería legal. A continuación, en la Gráfica 2 se muestra dicho porcentaje.

Gráfica 2. Porcentaje de generación de residuos peligrosos.



Fuente: Las autoras.

6.3.1 Clasificación de residuos peligrosos

Para la clasificación de las sustancias químicas generadas por la actividad minera se tiene en cuenta, en primer lugar, los residuos estudiados para la previa realización del inventario. A través del Decreto 4741 de 2005 [17] y el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación [33], se realizó el proceso de clasificación de las sustancias a través de las listas comprendidas en los mismos. Adicionalmente, se realizó un proceso de clasificación de residuos peligrosos CRETIP, a través del cual se identificaron las características de peligrosidad de las mismas.

A continuación, en la Tabla 10, se presentan los tres sistemas de clasificación utilizados para las sustancias químicas generadas en la actividad minera, previamente identificadas.

Tabla 10. Codificación y clasificación de sustancias químicas mineras.

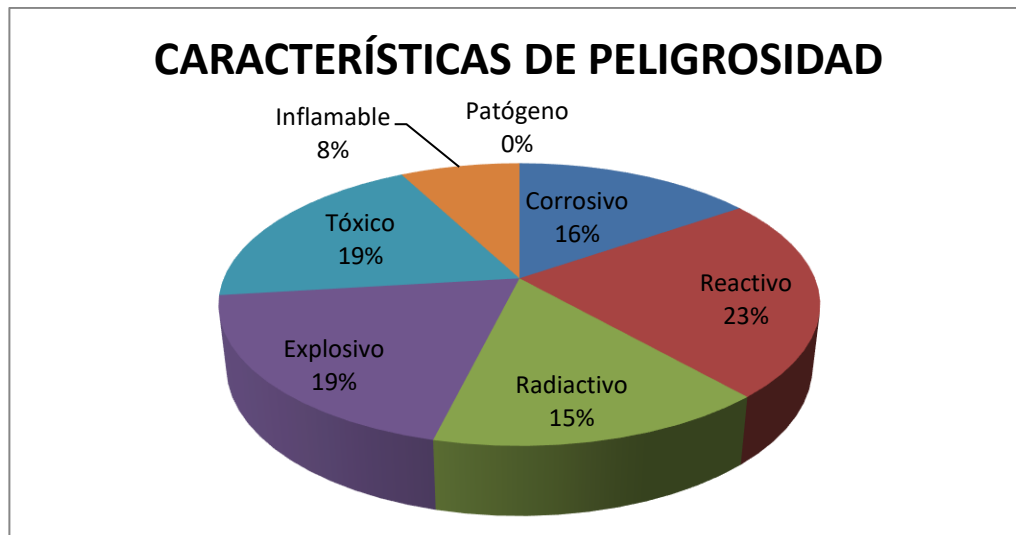
CODIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS MINERAS									
RESIDUO	DECRETO 4741 / 2005 – CONVENIO BASILEA								
	Y	A	C.R.E.T.I.P.						
			C	Re	Ra	E	T	I	P
Arsénico	Y24	A1010 A1030	X	X			X		
Plomo	Y31	A1010 A1020		X	X	X	X		
Mercurio	Y29	A1010 A1030	X	X	X	X	X		
Cianuro	Y33	A4050	X	X		X	X		
Cromo	Y21	A1040	X	X	X	X	X	X	
Zinc	Y23			X	X	X		X	

Fuente: Las autoras.

En la Gráfica 3, se muestran las características de peligrosidad encontradas en los residuos peligrosos estudiados. A través del mismo se puede observar que la característica que predomina es la reactividad, pues se encontró que los residuos estudiados son susceptibles a reaccionar con otras sustancias, como es el agua,

produciendo así gases inflamables y tóxicos. Sin embargo, podemos observar que no se encontró característica patógena dentro de los residuos estudiados, puesto que de acuerdo al Decreto 4741 de 2005 [17], ninguno de éstos residuos contiene agentes patógenos como bacterias, virus, hongos; o con características de virulencia.

Gráfica 3. Características de peligrosidad en los residuos estudiados.



Fuente: Las autoras.

6.3.2 Identificación de impactos ambientales

Como parte del diagnóstico ambiental, se desarrolló la identificación de impactos ambientales a través de la realización de la matriz de Leopold, con la cual se busca determinar los principales efectos ambientales y, seguidamente, establecer las acciones correspondientes.

Además de la realización de dicha matriz de impactos, se realizó una identificación de la gestión realizada actualmente por el Ejército Nacional de Colombia, la cual comprende detalladamente el proceso realizado por el personal militar en el desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal.

▪ Matriz de Impacto Ambiental

Dentro de la evaluación de impactos que tiene como finalidad evaluar los diferentes componentes como aire, agua, suelo entre otros, y así mismo crear una relación con las acciones del proyecto y que estos pueden generar impactos en el ambiente. La evaluación en cuanto a los impactos identificados se mide de forma cualitativa

en relación de su intensidad, ocurrencia, duración y reversibilidad, y así mismo el efecto que está causando (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Método de análisis

Para la identificación, interpretación y análisis de los impactos que se pueden generar en la construcción de la mina y a partir del trabajo de campo realizado, teniendo en cuenta sus características físicas, sociales, biológicas que son de gran importancia se implementa la matriz Leopold, a través de la cual se va a permitir la determinación de posibles impactos.

Identificación de los factores ambientales

De acuerdo con el trabajo de campo y a la mesa de trabajo que se realizó, se pudo identificar aquellos posibles impactos que se generan en el desarrollo de actividades de la operación militar, que pueden impactar positiva o negativamente, presentados en la Tabla 11. Inicialmente en la relación de los componentes y aspectos ambientales, y de acuerdo con la actividad, se evidenció que se producen aspectos como generación de material particulado, generación de ruido y vibraciones en relación a la caracterización de impactos los cuales impactan negativamente, a consecuencia de acciones como la quema de maquinaria y residuos, trayendo consigo la afectación de la salud de las comunidades aledañas.

Tabla 11. Identificación de factores ambientales.

Factores Ambientales		
Medio	Componentes	Aspectos ambientales
Físicos	Aire	Generación de gases y/o material particulado
		Generación de ruido
	Suelo	Generación de vibraciones
		Generación de residuos
	Agua	Calidad del agua
Biológicos	Flora	Remoción de cobertura vegetal
	Fauna	Interrupción de corredores biológicos
Cultural	Social	Salud

Fuente: Las autoras.

Principales acciones del proyecto

Una acción se define como la operación que implica una actividad, movimiento o cambio que influye o afecta en una situación determinada. Teniendo en cuenta las principales acciones realizadas para la operación de incautación y sellamiento de la mina, presentadas en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**, son las razones por las cuales se ve afectado el medio ambiente específicamente la vegetación, la composición del suelo y animales y seres humanos que pueden llegar a sufrir efectos tóxicos.

Tabla 12. Principales acciones de la operación militar.

ACCIONES DE ESTA ACTIVIDAD	
FASES DE ESTA ACTIVIDAD	Acciones
HALLAZGO	Maquinaria hallada
	Identificación de residuos
OPERACIÓN	Quema de maquinaria y equipos
	Manejo inadecuado de los residuos
CIERRE	Desmonte y abandono

Fuente: Las autoras.

Alteración de la calidad del suelo

El manejo inadecuado de los residuos en el suelo produce efectos devastadores sobre la vegetación, infiltrándose en el suelo afectando su composición. Por otra parte, los animales pueden captar, y sufrir sus efectos tóxicos. La infiltración de estos contaminantes puede llegar a afectar los acuíferos que puedan existir en el área de influencia.

Fauna y flora

En el área de influencia, factores como remoción de cobertura vegetal se ve afectados en primer lugar por la actividad que se desarrolla, también la fauna se ve impactada debido a que se ha vulnerado su hábitat natural y por ello tengan que emigrar a otros lugares, impacta la operación de forma negativa.

Salud

Las actividades de manejo inadecuado de los residuos y quema de la maquinaria afectan la salud de forma indirecta a la zona urbana aledaña al área de influencia debido a que mucho de estos residuos son quemados o provocando que se generen

gases tóxicos que pueden ser inhalados provocando el incremento de enfermedades respiratorias.

Alteración de calidad del aire

En la etapa de quema y cierre se generan impactos significativos por la incineración de los residuos peligrosos hallados, alterando la calidad del aire, teniendo en cuenta la composición de los residuos incinerados y sus características de peligrosidad, lo cual puede generar gases y desprendimiento de nuevas sustancias tóxicas como se observa en la Tabla 14.

Alteración de ruido

El incremento del ruido respecto a las operaciones que se desarrollan en el proceso de incautación y sellamiento de la mina impacta debido a que la perturbación de la explosión que se genera aleja a la fauna que puede estar cercana, y también impacta a la población aledaña que se pueda encontrar cerca este.

Alteración del agua

Respecto a las dos actividades mencionadas, algunos de estos residuos son vertidos a corrientes hídricas contaminando las mismas y provocando intoxicaciones de las especies que se encuentran en ellas, y así mismo, a la población que se ve beneficiada provocando enfermedades digestivas. Por otra parte, a causa de la contaminación de las fuentes hídricas, éstas se infiltran en el suelo alterando su estructura y haciendo que pierda sus propiedades, generando suelos infértiles, considerándose entonces un impacto negativo con una importancia significativa.

▪ Gestión de Residuos Peligrosos

Mediante la obtención de información, a través de la realización de mesas de trabajo con el personal militar, se establecieron las diferentes etapas de desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal.

Para cada una de estas etapas se hizo una descripción (

Tabla 13), a través de la cual se presente un diagnóstico inicial de la gestión dada a los residuos peligrosos hallados e incautados, posteriormente.

Tabla 13. Diagnóstico inicial de la gestión de residuos peligrosos.

ETAPA	DESCRIPCIÓN
-------	-------------

Hallazgo	En esta etapa, el personal militar del Ejército Nacional de Colombia se encarga de realizar el registro de las sustancias y maquinaria hallada. Para ello se hace una identificación básica de las sustancias, principalmente por su apariencia, olor, etc. Los hallazgos más comunes son sustancias como mercurio, cianuro, cromo y plomo; además de la maquinaria utilizada para procesos de excavación.
Reunión del material	Luego de registrar el material hallado, se procede a la reunión del mismo en una porción del área donde se realizó el hallazgo, dejando una distancia prudencial entre el personal militar y el material.
Quema y cierre	Por último, se hace la quema del material que ha sido hallado, y se realiza un registro fotográfico de la operación. De esta forma, se da fin a la operación y el personal militar se retira.

Fuente: Las autoras.

Además de la descripción de las etapas de desarrollo de la operación militar, se realizó la descripción del material hallado en la misma. A continuación, en la Tabla 14 se presenta la descripción de cada uno de los precursores químicos identificados, a través de la información suministrada por el personal militar, y el encontrado en informes e investigación bibliográfica.

Tabla 14. Identificación de los precursores químicos hallados.

PRECURSOR QUÍMICO	DESCRIPCIÓN
Arsénico	Se libera en forma gaseosa tras el proceso de extracción minera, llegando principalmente a la atmósfera, corrientes hídricas y suelo. Es considerado como una sustancia altamente tóxica, como uso principal se encuentra la industria minera

	y la fabricación de plaguicidas. Puede también ser liberado en lodos provenientes de la actividad minera que tienen altas concentraciones de arsénico [33]. Al incinerarse, el arsénico emite gases tóxicos e irritantes para el ambiente y la salud humana [34].
Plomo	Se presenta como sales de plomo, las cuales en un proceso de precipitación, se disuelven con el agua la cual sale como residuo de la actividad minera [35]. Debido a su combustión se desprenden humos tóxicos, sus partículas pueden formar mezclas explosivas en el aire [36].
Mercurio	Este precursor es una de las sustancias de mayor toxicidad usadas en la minería. Está presente en suelo, agua y aire, puesto que genera ciertos vapores tóxicos que llegan a la atmósfera, y por ciclo hidrológico se convierten en una sustancia presente en, prácticamente, todos los medios [11]. Su calentamiento genera humos tóxicos para el ambiente [37].
Cianuro	El cianuro residual se encuentra presente en las aguas residuales de la actividad minera, a altas concentraciones elevando así su nivel de toxicidad y aumentando el impacto ambiental [38]. El gas desprendido tras su incineración, al mezclarse con el aire, puede formar mezclas explosivas; además de ser tóxicos e irritantes [39].
Cromo	Suele estar presente como partículas en emisiones atmosféricas, generando impactos ambientales y problemas de salud a las comunidades [40]. Debido a su toxicidad, al incinerarse se aumentan los impactos ambientales por lo cual no es aconsejable se incorpore al ambiente [41].
Zinc	Se encuentra en altas concentraciones en el suelo debido a que está como compuesto insoluble. Sin embargo, está presente en el aire y en fuentes hídricas en elevadas concentraciones [42]. Su calentamiento o procesos térmicos producen humos altamente tóxicos e irritantes [43].

Fuente: Las autoras.

6.4 Fase 4: Propuesta para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos.

Para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos, se define una propuesta acorde a las características de los residuos y cuya implementación vaya de acuerdo con el trabajo de campo y el correcto desarrollo de las operaciones militares contra la minería ilegal.

6.4.1 Manejo de residuos peligrosos provenientes de las operaciones contra la minería ilegal

Para el manejo adecuado de los residuos peligrosos hallados e incautados, en el desarrollo de la operación militar, se propone la aplicación inicial de las siguientes medidas en las etapas de la operación militar:

▪ Etapa 1: incautación de residuos

Para el correcto desarrollo de la operación militar, la etapa de incautación de los residuos requerirá de un conjunto de acciones de tal forma que se minimicen los riesgos de emergencias como derrames, explosiones, entre otros., que, además, puedan atentar contra el bienestar del personal militar y el ambiente.

Por lo anterior, se propone:

- a.** Realizar el acordonamiento del área objetivo, de tal forma que exista una delimitación del territorio donde se encuentran los residuos y la maquinaria que será incautada. El acordonamiento irá en función del área necesitada para la incautación de dichos residuos.
- b.** Dentro de la delimitación, se realizará la agrupación de todos los residuos encontrados, de tal forma que su organización permita realizar una identificación de los mismos. Se deberá tener en cuenta la posible peligrosidad de los residuos incautados, por lo cual se mantendrá una distancia determinada entre ellos y de esta forma, no se presente ningún tipo de emergencia dentro del desarrollo de la etapa.
- c.** Para la identificación de los residuos incautados, se deberá tener en cuenta la información proveniente de la Brigada contra la Minería Ilegal sobre el historial de residuos peligrosos comúnmente hallados, con el objetivo de facilitar el

proceso. Lo anterior, especialmente a lo que se refiere a precursores químicos, los cuales se encuentran especificados en la Tabla 14.

▪ **Etapas 2: identificación y etiquetado**

El objetivo de esta etapa se basa en el reconocimiento inicial de los residuos peligrosos, a los cuales se les dará el manejo y disposición final, y teniendo en cuenta sus características de peligrosidad mencionadas anteriormente (Tabla 10), realizar el proceso de etiquetado.

Esta etapa busca el acondicionamiento de los residuos que posteriormente serán transportados a la base militar y dónde se les dará su disposición final. En el acondicionamiento se contemplan dos factores: envasado y etiquetado. Para ello se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Envasado: El envasado de los residuos peligrosos debe ir en consideración a sus características de peligrosidad y la compatibilidad del residuo con la del material en el que se va a envasar [44]. Sin embargo, existen recipientes comunes para el envasado de residuos peligrosos, tal como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Recipientes comunes para envasado de residuos peligrosos.

RECIPIENTE		DESCRIPCIÓN
Garrafas o contenedores plásticos		Este tipo de recipientes cuentan con una gran variedad de tamaños, los cual permite almacenar el residuo según sea su cantidad y estado (líquido, sólido, pastoso). Se recomienda su uso para el envase de residuos corrosivos, o cualquier residuo que contenga metales pesados como: plomo, mercurio, cromo, cadmio, zinc, níquel, estaño, arsénico.

Bidones metálicos		Los bidones metálicos son recipientes fabricados en acero, diseñados para almacenamiento de residuos corrosivos, usados ampliamente para el envase de aceites y lubricantes.
---------------------------------	--	---

Fuente: [21,44]

Etiquetado: El proceso de etiquetado es un requisito establecido a nivel nacional, para los recipientes o envases cuyo contenido es un material peligroso, cualquiera que sea su estado.

De acuerdo con las características de peligrosidad y el estado del residuo envasado, se debe realizar el proceso de etiquetado. En la Tabla 16 se encuentran las etiquetas que deben ser usadas, según la clase de riesgo del residuo.

Tabla 16. Etiquetas según el riesgo del residuo envasado.

CLASE	ETIQUETA
Explosivo	
Gas	

Líquido inflamable y/o combustible	 A red diamond-shaped hazard label with a white flame icon in the center. Below the icon, the word "INFLAMABLE" is written in white capital letters. At the bottom of the diamond, the number "3" is written in white.
Sólido inflamable	 A diamond-shaped hazard label with a black flame icon in the center. The background of the diamond features vertical red and white stripes. At the bottom of the diamond, the number "4" is written in black.
Sustancia radiactiva	 A yellow diamond-shaped hazard label with a black radiation symbol in the center. Below the symbol, the word "RADIOACTIVIDAD" is written in black capital letters. At the bottom of the diamond, the number "7" is written in black.
Sustancia tóxica	 A white diamond-shaped hazard label with a black skull and crossbones icon in the center. At the bottom of the diamond, the number "6" is written in black.
Sustancia corrosiva	 A diamond-shaped hazard label with a black background. The top half is white and contains a black icon of two test tubes pouring liquid onto a hand and a surface. At the bottom of the diamond, the number "8" is written in white.

Sustancia infecciosa	
Sustancias peligrosas (varias)	

Fuente: [46]

De acuerdo con lo anterior se realiza una propuesta de envasado y etiquetado de los residuos peligrosos hallados dentro de la operación militar.

a. Propuesta de envasado:

Debe tenerse en cuenta que el proceso de envasado es únicamente para las sustancias químicas halladas. De esta forma se propone la siguiente metodología de envasado según las características de las mismas, presentada en la Tabla 17.

Tabla 17. Propuesta de envasado para sustancias químicas.

Garrafas o contenedores plásticos	En este tipo de recipientes se envasarán aquellas sustancias, que, a partir de la identificación de sus características de peligrosidad, son de menor grado. Se envasarán sustancias como zinc y plomo.
Bidones metálicos	Para aquellas sustancias de mayor grado de corrosividad se hará uso de bidones metálicos, destinados para el almacenamiento de arsénico, mercurio, cromo y cianuro.

Fuente: Las autoras.

b. Propuesta de etiquetado:

La propuesta de etiquetado está basada en las características de peligrosidad del residuo hallado, por ello se deben realizar etiquetas para cada uno de ellos. Dentro de cada una de las etiquetas se encontrará la siguiente información:

- Fecha y hora de incautación
- Nombre del área de incautación del residuo
- Nombre del residuo incautado
- Tipo de residuo
- Estado físico del residuo
- Peligrosidad (Clasificación CRETIP)
- Cantidad
- Observaciones

A continuación, en la Imagen 8 se presenta la etiqueta desarrollada para cada uno de los residuos.

Imagen 8. Propuesta de etiqueta de residuos peligrosos.

	EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA		FORMATO ETIQUETADO DE RESIDUOS PELIGROSOS INCAUTADOS								Página 1 de 1	
	BRIGADA CONTRA LA MINERÍA ILEGAL										Versión 01	
	Proceso: Operación militar contra la Minería Ilegal											
Fecha y hora de incautación				Área de incautación								
Día Mes Año Hora												
Nombre del residuo incautado												
Tipo de residuo (Marque con una X)				Estado físico		Peligrosidad						Cantidad
						Corros	React	Radiac	Explos	Tóxi	Inflam	
Líquido Sólido												
Sustancia química												
Envase - embalaje												
Maquinaria pesada												
Otro												
Observaciones												

Fuente: Las autoras.

▪ Etapa 3: transporte

El transporte de los residuos peligrosos incautados hasta la base militar debe cumplir con una serie de requisitos consignados en el Decreto 1609 de 2002 [47], de tal manera que se minimicen los riesgos y, de acuerdo a la norma, cumpla con las especificaciones exigidas para su transporte en todo el territorio nacional.

- **Carga**

Para el transporte terrestre de los residuos peligrosos incautados en el desarrollo de la operación militar contra la minería ilegal, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a. La carga del vehículo no debe sobresalir de los extremos del mismo.
- b. Se debe garantizar la seguridad y estabilidad de la carga a través de la sujeción de los contenedores en los que se encuentran los residuos peligrosos. Por ello cada contenedor deberá estar correctamente asegurado al vehículo.
- c. Los residuos peligrosos deberán estar estibados separadamente, con el fin de evitar cualquier tipo de contacto que pueda llegar a provocar una emergencia.
- d. Se debe garantizar que la carga no interfiera con la visibilidad del conductor, no oculte las luces y dispositivos del vehículo, como también los rótulos de identificación del mismo.

A partir de los requisitos generales mencionados anteriormente, se busca minimizar la posibilidad de ocurrencia de emergencias que antenten contra la vida de las personas y el medio ambiente.

- **Obligaciones de la empresa**

La empresa encargada de realizar la etapa de transporte de los residuos peligrosos debe cumplir con una serie de requisitos dispuestos dentro del Decreto 1609 de 2002[47]. Dichos requisitos son:

- a. El diseño de un plan de emergencias frente a la posibilidad de generación de accidentes durante el transporte de los residuos.
- b. Debe diseñar planes de capacitaciones al personal encargado del transporte de los residuos peligrosos, garantizando así un correcto entrenamiento y seguridad en el desarrollo de la actividad.
- c. El conductor del vehículo dispuesto para el transporte de los residuos peligrosos debe contar con un certificado de curso básico obligatorio de capacitación para conductores, el cual debe ser reglamentado por el Ministerio de Transporte.
- d. La empresa encargada del transporte debe exigir al personal militar que la carga se encuentre debidamente etiquetada y rotulada, de acuerdo con la normatividad vigente.

- e. Debe exigir que la carga sea debidamente embalada y envasada, según sea la clase del residuo.
- f. Otorgar al conductor del vehículo el plan de transporte correspondiente, el cual debe contener: hora de salida del origen, hora de llegada al destino y la ruta seleccionada.
- g. Mantener un sistema de información sobre movilización de mercancías, en el cual se incluyan: placa y tipo de vehículo; clase, nombre e identificación de la mercancía, así como su lugar de origen y de destino.

- **Obligaciones del conductor:**

El conductor, como encargado del transporte de los residuos peligrosos, debe cumplir con una serie de requisitos dispuestos dentro de la normatividad. A continuación, se presenta una serie de obligaciones dadas al conducir del vehículo:

- a. Realizar el curso básico obligatorio de capacitación para conductores que transportan mercancías peligrosas. De igual forma, el conductor está obligado a portar el certificado de dicho curso.
- b. El conductor debe realizar una inspección del vehículo, en la cual se verifique que éste se encuentre en óptimas condiciones para llevar a cabo el transporte de los residuos.
- c. Debe garantizar la plena identificación de los rotulos del vehículo, de acuerdo con la peligrosidad del material transportado.
- d. Se debe examinar periódicamente las condiciones generales del vehículo teniendo en cuenta la existencia de posibles fugas o cualquier irregularidad que se presente.
- e. En ninguna circunstancia debe abrir alguno de los envases o contenedores de los residuos peligrosos que están siendo transportados. Únicamente debe realizarse si se presenta una emergencia.
- f. Portar la tarjeta de registro nacional requerida para el transporte de mercancías peligrosas.

- **Obligaciones del Ejército Nacional de Colombia como remitente:**

El Ejército Nacional de Colombia, como remitente de la mercancía peligrosa que va a ser transportada, debe verificar que se cumplan con los requerimientos

mencionados respecto al vehículo y el conductor del mismo. Para ello se realiza una lista de chequeo como propuesta para la verificación de cumplimiento de las condiciones establecidas dentro de la normatividad (Ver Anexo 4).

Por otra parte, el vehículo deberá tener los rótulos de identificación que permitan reconocer la peligrosidad de los residuos que se transportan. Para ello es necesario el uso de los siguientes rótulos:

- **Diamante de peligro NFPA 704**

A través de un rombo seccionado en cuatro partes de diferentes colores, se deben indicar los grados de peligrosidad de los residuos transportados. A través de este, se comunican los riesgos de los residuos peligrosos, además de su importancia de manejo y uso seguro.



Las cuatro divisiones tienen colores asociados a un significado. El azul hace referencia a los riesgos para la salud, el rojo indica el peligro de inflamabilidad, el amarillo señala los riesgos por reactividad: es decir, la inestabilidad del producto. A estas tres divisiones se les asigna un número de 0 (sin peligro) a 4 (peligro máximo). En la sección blanca puede haber indicaciones especiales para algunos materiales, indicando si son oxidantes, ácidos, alcalinos, corrosivos, reactivos con agua o radiactivos.

Para la asignación del puntaje de 0 al 4 y las informaciones especiales en el casillero blanco se tiene la siguiente información, presentada en la Tabla 18:

Tabla 18. Asignación de puntajes diamante de peligro NFPA 704

RIESGO PARA LA SALUD	RIESGO DE INCENDIO	RIESGO REACTIVO	RIESGO ESPECIFICOS
0- Sin riesgo 1- Ligeramente Peligroso 2- Peligroso 3- Extremadamente Peligroso 4- Mortal	0- No arde 1- Arde sobre los 93°C 2- Entra en ignición debajo de los 93°C 3- Entra en ignición debajo de los 37°C 4- Entra en ignición debajo de los 25°C	0- Estable 1- Inestable si se calienta 2- Posibilidad de cambio químico violento. 3- Puede detonar con golpe o calentamiento 4- Puede detonar con facilidad	OX- Oxidante ACID- Acido ALC- Alcalino COR- Corrosivo W- Reacciona con el agua  Material radiactivo

Fuente: [48]

- **Número ONU de Naciones Unidas para el transporte de mercancías peligrosas**

Dentro de la reglamentación de manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera en Colombia el Número UN es un código específico o número de serie para cada mercancía peligrosa, asignado por el sistema de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el cual permite identificar el producto sin importar el país del cual provenga.



Existen nueve clases de mercancías, que se deben tener en cuenta dependiendo de sus propiedades físicas, químicas, toxicológicas, ambientales y de estabilidad de

una sustancia a clasificar; para cada clase se presentan a continuación en la Tabla 19 las características del producto que deben conocerse para proceder a la clasificación:

Tabla 19. Clasificación Naciones Unidas para el transporte de mercancías peligrosas.

Clase 1	Explosivos
Clase 2	Gases
Clase 3	Líquidos inflamables
Clase 4	Sólidos inflamables
Clase 5	Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos
Clase 6	Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas
Clase 7	Materiales radioactivos
Clase 8	Sustancias corrosivas
Clase 9	Sustancias y objetos peligrosos varios, incluidas las sustancias peligrosas para el medio ambiente

Fuente: [49]

En caso de ocurrencia de alguna emergencia, el vehículo debe contar con los elementos básicos de atención como: extintores, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipos de recolección y limpieza, material absorbente. Cada vehículo debe disponer de dos extintores multipropósito en sitios de fácil acceso y de rápida reacción. Para aquellos residuos envasados en cilindros, se debe garantizar un dispositivo de carga y descarga en la unidad de transporte.

▪ **Etapas 4: almacenamiento**

El almacenamiento de los residuos peligrosos hallados en la operación militar consiste en el depósito temporal de los mismos para su posterior disposición final. Se pretende que este almacenamiento sea corto, de esta forma no se generan nuevos impactos ambientales que conlleven a la magnificación de los ya presentados por la actividad minera.

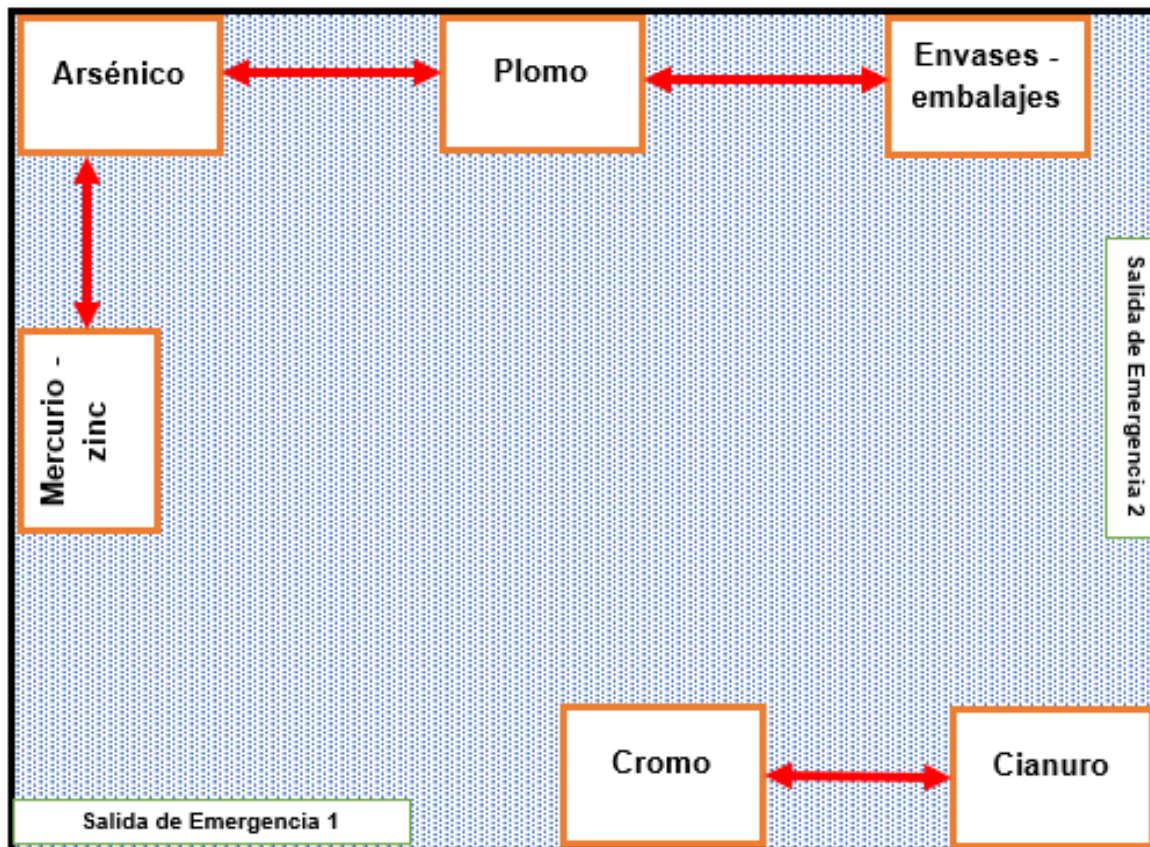
Sin embargo, el lugar de almacenamiento debe obedecer a determinadas condiciones, las cuales minimizarán la posibilidad de ocurrencia de accidentes, tales como derrames, fugas, entre otros. Dichas condiciones son:

- a. Se debe contar con una señalización apropiada en el sitio de almacenamiento, de tal forma que a través de ella se indique claramente su uso, contenido y el peligro con el que cuenta.
- b. Permanecer en orden y aseado.
- c. Contar con una protección para efectos climáticos.
- d. Contar con sistemas de iluminación y ventilación adecuados.
- e. Las paredes del cuarto de almacenamiento deben ser de textura lisa, de fácil limpieza, con pisos duros y lavables, de ligera pendiente en el interior.
- f. Debe poseer una acometida de agua y drenaje para el lavado.
- g. Se debe contar con equipos para la extinción de incendios, con su respectiva fecha de vencimiento en orden.
- h. Para el almacenamiento, debe contarse con un programa de control de vectores, junto con elementos que restrinjan el acceso de estos. Se hace referencia a vectores como ratas, insectos, perros, entre otros.
- i. Se debe contar con un espacio suficiente según sea el tipo de residuo o recipiente.
- j. Se debe implementar un sistema de control de olores.
- k. El cuarto de almacenamiento debe ubicarse alejado de fuentes hídricas y de comunidades, de tal forma que se garantizan mínimos riesgos para la salud humana y para el medio ambiente.
- l. Se debe contar con una serie de salidas de emergencia, debidamente señaladas.

Para el correcto almacenamiento de los residuos peligrosos hallados e incautados, se deben tener en cuenta las incompatibilidades existentes entre los residuos estudiados. Por ello, su almacenamiento debe obedecer a condiciones de incompatibilidad.

A través de la matriz de incompatibilidades (Anexo 5) basada en la clase de riesgo del residuo peligroso, se determina su potencial, posible o nula incompatibilidad entre ellos. En función de esto, se propone un esquema de almacenamiento teniendo en cuenta los residuos que van a ser llevados a la etapa de almacenamiento.

Imagen 9. Propuesta de almacenamiento de residuos peligrosos.



Fuente: Las autoras.

6.4.2 Disposición final de residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal

Dentro de la fase de disposición final de los residuos peligrosos, se deben contemplar tratamientos que permitan: reducir el volumen y la peligrosidad, destruir sustancias imposibles de almacenar y/o contener y aislar los residuos peligrosos.

Para los residuos hallados dentro de la ejecución de la operación militar, se propone realizar un tratamiento fisicoquímico que logre separar los componentes peligrosos de la solución.

▪ Tratamiento fisicoquímico: Precipitación + Sedimentación

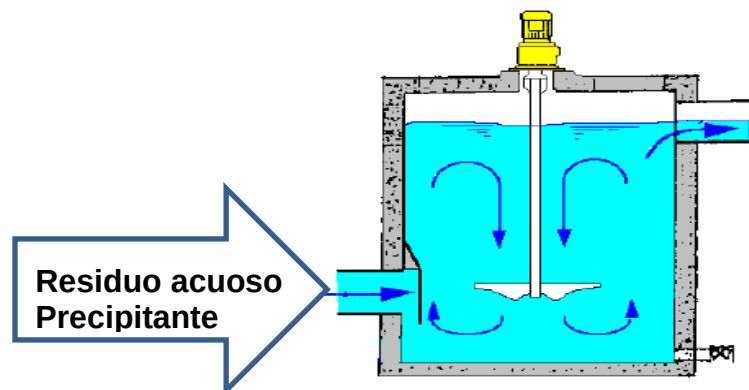
Precipitación

El proceso de precipitación de los residuos peligrosos debe llevarse a cabo en un tanque de reacción con agitación, en el cual se adiciona el residuo acuoso y un precipitante, de tal forma que se forman compuestos insolubles y se permita la separación del contaminante.

A continuación, se presenta la descripción del proceso [50]:

- En un tanque de reacción con agitación (Imagen 10) se vierte el residuo acuoso, el cual se mezcla con un precipitante. Los precipitantes más comunes son el hidróxido de sodio y el hidróxido de calcio, sin embargo, su elección se da a consideración del usuario.

Imagen 10. Tanque de reacción con agitación.



Fuente: [50]

En la Tabla 20 se relacionan las ventajas y desventajas de cada uno de los precipitantes.

Tabla 20. Ventajas y desventajas de precipitantes propuestos.

PRECIPITANTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Hidróxido de calcio	▪ Bajo costo ▪ Precipitado sedimentable y filtrable	▪ Alta producción de lodos con alto contenido de sulfatos ▪ Mayor costo de mantenimiento
Hidróxido de sodio	▪ Mayor reactividad ▪ Costos de mantenimiento	▪ Alto costo ▪ Precipitado menos sedimentable ▪ Mayores sólidos disueltos

Fuente: [50]

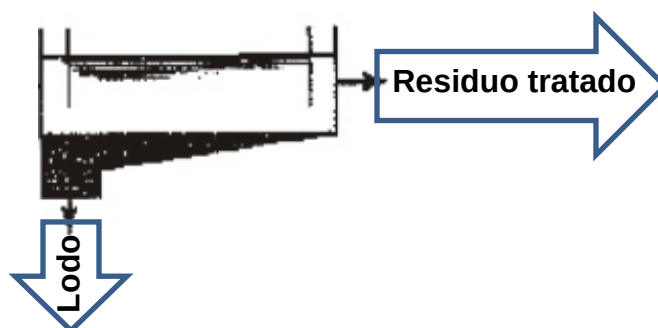
- Los metales, procedentes del residuo, son convertidos en compuestos insolubles a través de reacciones químicas con el precipitante utilizado. Resultado de este proceso quedará una carga de sólidos suspendidos, la cual se removerá a través del segundo proceso del tratamiento.

Sedimentación

La sedimentación es el segundo proceso del tratamiento fisicoquímico, encargado de separar los sólidos suspendidos del proceso anterior.

La sedimentación del afluente es realizada en una unidad de sedimentación o clarificador Imagen 11, y en el cual se producirá como resultado un lodo de menor movilidad, que deberá ser desactivado mediante encapsulamiento con cal y su posterior confinamiento.

Imagen 11. Unidad de sedimentación.



Fuente: [21]

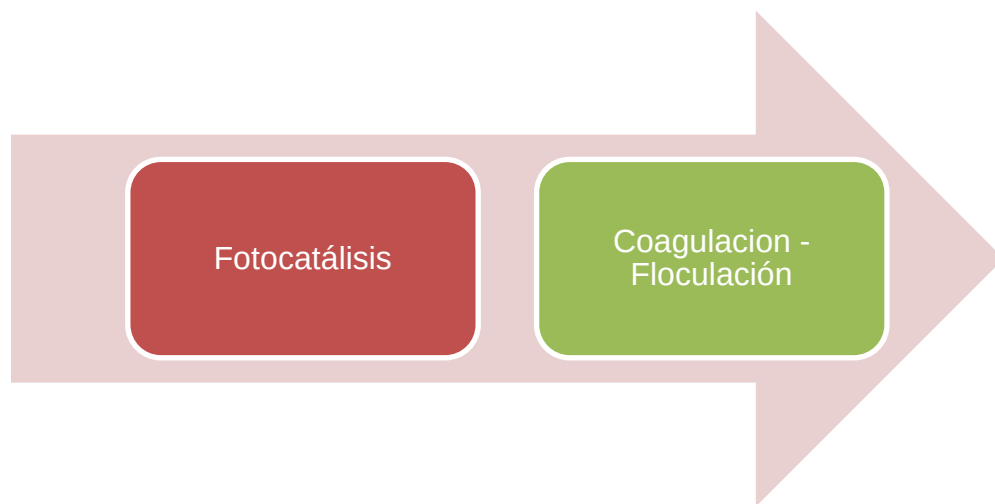
El tratamiento fisicoquímico de precipitación + sedimentación propuesto, debe ser utilizado únicamente para los residuos de metales pesados como: cromo, plomo, mercurio, cianuro y zinc.

Para residuos que contienen arsénico se propone otro tipo de tratamiento, el cual se presenta a continuación.

- **Fotocatálisis Heterogénea para eliminación de Arsénico**

La fotocátalisis heterogénea (FH) mediante luz solar, es una técnica prometedora en el tratamiento de agua. A través de un catalizador se absorben fracciones del espectro UV y se generan oxidantes químicos, los cuales son los responsables de la oxidación y mineralización de la molécula orgánica [51].

Para la eliminación de arsénico, se realiza un proceso combinado de fotocátalisis heterogénea, utilizando dióxido de titanio (TiO_2) como catalizador, y coagulación-floculación con sulfatos de aluminio o hierro. El objetivo de la fotocátalisis en la eliminación del arsénico es la oxidación del mismo, dado que el arsénico (III) es mayor contaminante y más difícil de eliminar que el arsénico (V), una vez que se ha producido se elimina con mayor eficacia. De esta forma, el proceso viene dado por [52]:



- **Fotocatálisis heterogénea**

El tratamiento de fotocátalisis con dióxido de titanio (TiO_2) propuesto, requiere de un montaje sencillo teniendo en cuenta la labor de campo realizada en el desarrollo de las operaciones militares.

Para este tratamiento se requiere de un conjunto de envases transparentes, a las cuales se les agrega el contaminante de estudio, en este caso arsénico, y una determinada cantidad de dióxido de titanio. Generalmente se utilizan 80 g TiO_2 por cada litro de contaminante [52].

El proceso consiste en colocar el envase transparente con el contaminante y catalizador en su interior, sobre una lámina de hierro corrugado reflectante de tal forma que no se escape la radiación UV, producida naturalmente por el sol. La radiación solar permitirá generar una reacción química, de tal forma que el dióxido de titanio (catalizador) degrada completamente el contaminante de interés (arsénico) [51].

- **Coagulación – Floculación**

Se propone un proceso de coagulación-floculación que cumpla con el objetivo de precipitar los compuestos de arsénico adheridos a los coágulos previamente formados. Por lo general, para este proceso y el residuo a controlar, se utiliza sulfato de hierro o sulfato de aluminio como coagulantes. La floculación, generalmente, tiene un tiempo recomendado de 20 minutos.

Al final del proceso, se debe complementar con una sedimentación rápida de los coágulos formados, teniendo como residuo un lodo para confinamiento.

- **Manipulación de residuos peligrosos**

Para la manipulación de residuos peligrosos se deben tener en cuenta ciertas condiciones, las cuales tienen como objetivo la seguridad y minimización de generación de emergencias, además de proteger al personal militar como al ambiente. Éstas deben ser consideradas tanto en el manejo como en la disposición final de los residuos peligrosos estudiados.

- a. El personal que realiza el proceso de envase del residuo debe asegurarse que tanto el envase como la etiqueta del mismo son los correctos para el tipo de sustancia.
- b. Los envases deben estar permanentemente cerrados, y sólo deberán ser abiertos si se va a introducir algún residuo.
- c. Si no se cuenta con información de clasificación y reactividad de un residuo, éste deberá ser situado distanciadamente de los demás.

- d. El proceso de envase de los residuos debe efectuarse de forma lenta y controlada, una vez el residuo sea envasado se deberá cerrar el contenedor.
- e. Los envases no deben ser llenados en más del 80% de su capacidad. Una vez estén llenos deben ser sellados completamente.
- f. Los envases no deben ser colocados en zonas de paso y se mantendrán alejados de cualquier fuente de calor.
- g. Debe evitarse el contacto directo con cualquier de los residuos. Se deben utilizar equipos de protección personal como gafas, guantes, traje.
- h. La manipulación de los residuos deberá ser efectuada por un grupo conformado por cinco personas, de tal forma que en la ocurrencia de una emergencia se tenga el suficiente personal para actuar de manera efectiva.
- i. El personal encargado de la manipulación de los residuos debe recibir una serie de capacitaciones que le permitan saber cómo actuar y qué medidas tomar en caso de emergencia. De igual forma, deberán estar capacitados en atención de primeros auxilios.

▪ **Empresas gestoras de residuos peligrosos**

A lo largo y ancho del territorio nacional, se encuentran empresas gestoras de residuos peligrosos quien se encargan de darles su disposición final. Dentro de la propuesta para la disposición final de los residuos peligrosos provenientes de la minería ilegal, se recomienda un conjunto de empresas gestoras, ubicadas de acuerdo con las zonas del país, a través de las cuales se facilitaría esta etapa de los residuos incautados en dado caso de no tener la disponibilidad de equipos y de personal capacitado para aplicar los tratamientos propuestos. A continuación, en la Tabla 21 se muestran las empresas gestoras para el tipo de residuos estudiados, y según el departamento donde se encuentran ubicadas.

Tabla 21. Empresas gestoras de residuos peligrosos en Colombia.

EMPRESA	DEPARTAMENTO
RELLENOS DE COLOMBIA S.A. E.S. P	Cundinamarca
BIOLODOS LTDA	Cundinamarca

ASEI LTDA	Antioquia
LITO LTDA	Antioquia Cundinamarca Valle del Cauca Atlántico
TECNOLOGIAS AMBIENTALES DE COLOMBIA S.A.E.S.P - TECNIAMSA BOGOTA	Cundinamarca
BIOTRATAMIENTO DE RESIDUOS EL MUÑA LTDA	Cundinamarca
DESCONT S.A.E.S. P	Santander
ASEVICAL	Caldas
RESIDUOS ECOEFICIENCIA S. A	Cundinamarca
J&D INGENIEROS AMBIENTALES	Caldas
VALCO CONSTRUCCIONES LTDA	Cundinamarca
ORGANIZACIÓN DE CONTROL AMBIENTAL Y DESARROLLO EMPRESARIAL LTDA. – OCADE S.A.S	Cundinamarca
INGENIERÍA DE SERVICIOS PÚBLICOS Y SOLUCIONES AMBIENTALES - LIMPIADUCTOS S.A. E.S.P.	Cundinamarca

Fuente: [53, 54]

6.4.3 Manejo de maquinaria

Dentro de la operación militar se halla maquinaria, utilizada para los procesos de extracción minera y que, en las condiciones de ilegalidad en las que se desarrolla la actividad, resultan ser un residuo más en desuso y sin un dueño aparente.

El personal militar no realiza ningún tipo de procedimiento con dicha maquinaria, y, por el contrario, la incinera junto con los demás residuos peligrosos. Esta incineración produce considerables impactos ambientales, por lo cual, se intensifica el daño producido de manera negativa, sin contar con la pérdida económica, dado que cada una de las máquinas utilizadas tiene un valor comercial de aproximadamente quinientos millones de pesos, el cual varía según su tamaño y capacidad.

Por ello, se considera de gran importancia asignar una propuesta respecto al manejo que debería darse a este recurso, pues teniendo en cuenta los impactos que genera el mal procedimiento dado a éste, se propone un proceso de adjudicación de la maquinaria de tal forma que se le pueda dar un uso legal y que beneficie a la comunidad en general, además de compensar en cierta medida los impactos generados por la minería ilegal.

6.5 Fase 5: Diseño de manual para el manejo y disposición final de los residuos peligrosos.

A través del diseño de un manual, se busca dar conocimiento de la propuesta desarrollada para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal, mediante un formato didáctico y al mismo tiempo instructivo, desarrollando así una guía operativa, bajo la cual el Ejército Nacional de Colombia desarrolle las actividades enmarcadas dentro de las operaciones militares contra la minería ilegal. Adicionalmente, se incluyen los procedimientos operativos de transporte y almacenamiento de los residuos peligrosos.

6.6 Fase 6: Diagramación e impresión del manual

Para efectos de presentación y diseño del manual, se desarrolló un procedimiento de diagramación junto con un diagramador profesional, con lo cual se lleva a cabo la última fase de la propuesta realizada, siendo ésta la socialización del producto de la pasantía. Dicho manual se presenta en el Anexo 6 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** de este informe.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se requiere que el Ejército Nacional de Colombia implemente técnicas de manejo y disposición de los residuos peligrosos provenientes de las operaciones militares contra la minería ilegal, a través de las cuales se obtengan menores impactos sobre los ecosistemas y el personal militar.
- Es necesaria la realización y aplicación de planes de contingencia frente a los diferentes riesgos que pueden presentarse dentro del desarrollo de la operación militar y que, conjugados, podrían desencadenar en una emergencia.
- El Ejército Nacional de Colombia debe adoptar nuevas medidas de aprovechamiento de la maquinaria incautada, pues su quema supone una pérdida incalculable además del impacto ambiental que ello genera.
- Se recomienda mantener una constante capacitación al personal militar sobre las diferentes técnicas adoptadas, de tal forma que dentro del campo de acción de las operaciones militares se vele por la seguridad del territorio y por el cuidado y conservación de los recursos naturales de la Nación.
- Se debe realizar un seguimiento continuo de las técnicas adoptadas y su evaluación de impacto correspondiente, con el objetivo de implementar procesos de mejora de ser necesarios y garantizar buenos resultados de las mismas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ejército Nacional de Colombia, “Misión y Visión,” 2017. [Online]. Available: <http://www.ejercito.mil.co/?idcategoria=362169>. [Accessed: 31-Mar-2017].
- [2] Ejército Nacional de Colombia, “Organigrama,” 2017. [Online]. Available: <http://www.ejercito.mil.co/?idcategoria=27>. [Accessed: 31-Mar-2017].
- [3] Ejército Nacional de Colombia, “Organigrama Ejército Nacional,” 2017. [Online]. Available: <http://www.ejercito.mil.co/?idcategoria=27>. [Accessed: 03-May-2017].
- [4] Ejército Nacional de Colombia, “Ingenieros Militares de Colombia,” 2017. [Online]. Available: <https://www.ejercito.mil.co/?idcategoria=324037>. [Accessed: 31-Mar-2017].
- [5] Ejército Nacional de Colombia, “Gestión Ambiental - Ingenieros Militares de Colombia.” [Online]. Available: <https://www.ejercito.mil.co/?idcategoria=409610>. [Accessed: 31-Mar-2017].
- [6] FEDESARROLLO, “La Minería En Colombia : Impacto Socioeconómico y Fiscal,” *Psikhologitcheskii J. Rev. Psychol.*, vol. 17, no. 2, pp. 46–55, 2008.
- [7] S. Cubillos and G. M. Arango, Simón Gil, “Historia E Institucionalidad En La Minería Colombiana History and Institutions in Colombian Mining,” *Econógrafos*, vol. 99, no. Institutionalism, mining, tradition, history., 2016.
- [8] J. Olivero-Verbel, “Coal and gold mining in Colombia: Impacts and challenges,” *Toxicol. Lett.*, vol. 259, 2016.
- [9] Procuraduría General de la Nación, *Minería ilegal en Colombia*. 2011.
- [10] Ministerio de Minas y Energía, “Las cifras del sector minero - Censo minero departamental.” [Online]. Available: <https://www.minminas.gov.co/censominero>. [Accessed: 31-Mar-2017].
- [11] J. Oliviero Verbel, “Efectos de la minería en Colombia sobre la salud humana,” *Univ. Cart.*, pp. 5–13, 2010.
- [12] Instituto de Estudios Geoestratégicos y Asuntos Políticos, *Minería ilegal en Colombia*. Universidad Militar Nueva Granada, 2012.
- [13] J. Conant and P. Fadem, “La minería y la salud,” in *Guía comunitaria para la salud ambiental*, vol. 2, 2011, pp. 470–497.
- [14] Health Products Regulatory Authority, “Controlled substances: Precursor chemicals,” 2014. [Online]. Available: <https://www.hpra.ie/homepage/controlled-substances/precursor-chemicals>.

- [15] X. Rosario, "Desechos sólidos," *Esc. Tecnol. la Salud - Univ. Costa Rica*, pp. 161–174, 2004.
- [16] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, "Residuos Residuos," México, 2008.
- [17] V. y D. T. Ministerio de Ambiente, *DECRETO NUMERO 4741 DE 2005*. Colombia, 2005, pp. 1–25.
- [18] C. Contreras, "Manejo Integral De Aspectos Ambientales- Residuos Sólidos," *Pontif. Univ. Javeriana*, p. 37, 2006.
- [19] California Code of Regulations, "Defining Hazardous Waste," pp. 1–5, 2013.
- [20] United States Environmental Protection Agency (EPA), "Hazardous Waste," 2017. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/hw/learn-basics-hazardous-waste>. [Accessed: 07-Apr-2017].
- [21] V. y Ministerio de Ambiente and Desarrollo Territorial, "Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos," *Dir. Desarro. Sect. Sosten.*, vol. 1, no. 24, p. 186, 2007.
- [22] J. R. Reyes Yunda and M. del C. Cabeza Alarcón, "Inventario De Residuos Peligrosos Y Formulación De Alternativas De Minimización Para La Clasificación De Generadores En La Zona Industrial Betania –Cajicá Jurisdicción Car," Universidad de La Salle, 2006.
- [23] Parlamento Europeo, "Catálogo Europeo de Residuos CER, aprobado por la Decisión 2000/532/CE," p. 24, 2001.
- [24] K. Hernández Sedano and G. B. Pino Díaz, "Evaluación del tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos gestionados por las empresas de aseo especial en Bucaramanga y su área metropolitana," Bucaramanga, 2010.
- [25] H. Cortéz Ortiz, "Ejército golpeó con fuerza la minería ilegal en el Suroccidente colombiano en 2016," *Publimetro*, 2016.
- [26] Comando General Fuerzas Militares de Colombia, "Fuezas Militares fortalecen operaciones para evitar la minería ilegal en el país," 11-Mar-2017.
- [27] J. P. Gómez Orozco, "Operación binacional contra la minería ilegal," *El Tiempo*, 05-Dec-2015.
- [28] V. Londoño Calle, "Colombia no está preparada para la locomotora minera," *El Espectador*, 06-May-2013.
- [29] S. Muñoz Cadena and Es. Carvajal Restrepo, "Comprar mercurio en Bogotá

es tan fácil como comprar oro,” *El Tiempo*, 17-Dec-2015.

- [30] M. J. Logsdon, K. Hagelstein, and C. I. Terry Mudder, *El Manejo del cianuro en la extracción de oro*. 2001.
- [31] Ministerio de Minería, “Gestión de Residuos Industriales Líquidos Mineros y Buenas Prácticas,” Chile, 2002.
- [32] El Nuevo Siglo, “Minería de oro vierte al año 75 toneladas de mercurio a los ríos,” *El Nuevo Siglo*, 23-Sep-2016.
- [33] PNUMA, “Convenio de Basilea,” *Eur. Síntesis la Legis. la UE*, 2006.
- [34] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Fichas Internacionales de Seguridad Química - Arsénico,” 2011.
- [35] Banco de la República, “Museo del Oro: Oro, cobre, plata y platino.” [Online]. Available: <http://www.banrepcultural.org/museo-del-oro/sociedades/metalurgia-prehispanica/oro-cobre-plata-platino>. [Accessed: 02-May-2017].
- [36] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Fichas Internacionales de Seguridad Química - Plomo,” 2003.
- [37] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Fichas Internacionales de Seguridad Química - Mercurio,” p. ICSC: 0056, 2001.
- [38] I. Juliao Rossi, “Limpian residuos del cianuro que deja minería de oro,” *Universidad Nacional de Colombia*, 10-Dec-2016.
- [39] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Fichas Internacionales de Seguridad Química - Cianuro,” 2003.
- [40] Veolia México, “Remediación de instalaciones y residuos contaminados con cromo hexavalente,” 2017. [Online]. Available: <http://www.veolia.com.mx/servicios/industrial/casos-de-estudio/destruccion-de-armas-quimicas/tultitlan>. [Accessed: 02-May-2017].
- [41] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Fichas Internacionales de Seguridad Química - Cromo,” 1994.
- [42] Danafloat, “Minería: minerales de Cobre, Plomo y Zinc,” 2017.
- [43] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “Fichas Internacionales de Seguridad Química - Cinc,” 1994.
- [44] J. Martinez, M. Mallo, R. Lucas, J. Alvarez, a. Salvarrey, and P. Gristo, “Fundamentos, Tomo I,” *Guía para la Gest. Integr. Residuos Peligrosos*, pp. 9–161, 2005.

- [45] E. Perez Montaña and S. O. Colmena Departamento medico, "Procedimiento para la gestión y disposición de los residuos sólidos y peligrosos," 2011.
- [46] Icontec, "NTC 1692 - Transporte de mercancías peligrosas. Definiciones, clasificación, marcado, etiquetado y rotulado.," pp. 3–26, 2005.
- [47] Ministerio de Transporte República de Colombia, *Decreto 1609 de 2002*. Colombia, 2002, pp. 1–30.
- [48] Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial, "¿ Sabes como leer el diamante de peligro o rombo NFPA-704 ?," Lima, 48, 2011.
- [49] Cisproquim, "MANUAL ASIGNACIÓN NÚMEROS ONU PARA TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS," 2015.
- [50] Universidad Nacional Autónoma de Honduras, "Capítulo II: Procesos fisicoquímicos que se utilizan para el tratamiento de residuos peligrosos," 2006.
- [51] A. L. Acevedo Dávila and F. Muñoz Bisesti, "Estudio de la fotocatálisis heterogénea solar para tratar un efluente contaminado con productos farmaceuticos: ibuprofeno, diclofenaco y sulfametoxazol," Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, 2015.
- [52] T. Hern, L. S. Rodr, and A. M. Piqueras, "Tratamiento de bajo coste para aguas contaminadas por actividades de minería," *Diseño y Tecnol. para el Desarro.*, vol. 1, no. 2386 – 8546, pp. 131–145, 2014.
- [53] Corporación Autónoma Regional de Caldas, "Base de Datos gestores de Residuos," 2008.
- [54] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, "EMPRESAS GESTORAS DE RESIDUOS PELIGROSOS AUTORIZADAS POR LA CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CNDINAMARCA," 2017.

9. ANEXOS

**Anexo 1. LISTAS DE CLASIFICACIÓN
DE RESIDUOS PELIGROSOS,
DESARROLLADAS EN EL CONVENIO
DE BASILEA PARA EL CONTROL DE
LOS MOVIMIENTOS
TRANSFRONTERIZOS Y SU
ELIMINACIÓN.**

Anexo I

CATEGORIAS DE DESECHOS QUE HAY QUE CONTROLAR

Desechos

- Y1 Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas
- Y2 Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
- Y3 Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
- Y4 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos
- Y5 Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
- Y6 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos
- Y7 Desechos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
- Y8 Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados
- Y9 Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
- Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)
- Y11 Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico
- Y12 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices

- Y13 Desechos resultantes de la producción y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos
Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la
- Y14 investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
- Y15 Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
- Y16 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
- Y17 Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
- Y18 Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales

Desechos que tengan como constituyentes:

- Y19 Metales carbonilos
- Y20 Berilio, compuestos de berilio
- Y21 Compuestos de cromo hexavalente
- Y22 Compuestos de cobre
- Y23 Compuestos de zinc
- Y24 Arsénico, compuestos de arsénico
- Y25 Selenio, compuestos de selenio
- Y26 Cadmio, compuestos de cadmio
- Y27 Antimonio, compuestos de antimonio
- Y28 Telurio, compuestos de telurio
- Y29 Mercurio, compuestos de mercurio
- Y30 Talio, compuestos de talio
- Y31 Plomo, compuestos de plomo
- Y32 Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
- Y33 Cianuros inorgánicos
- Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
- Y35 Soluciones básicas o bases en forma sólida
- Y36 Asbesto (polvo y fibras)
- Y37 Compuestos orgánicos de fósforo

- Y38 Cianuros orgánicos
- Y39 Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
- Y40 Eteres
- Y41 Solventes orgánicos halogenados
- Y42 Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
- Y43 Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
- Y44 Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
- Y45 Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).

Anexo II

CATEGORIAS DE DESECHOS QUE REQUIEREN UNA CONSIDERACION ESPECIAL

- Y46 Desechos recogidos de los hogares
- Y47 Residuos resultantes de la incineración de desechos de los hogares

Anexo IV OPERACIONES DE ELIMINACION

A. Operaciones que no pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa u otros usos

La sección A abarca todas las operaciones de eliminación que se realizan en la práctica. D1 Depósito dentro o sobre la tierra (por ejemplo, rellenos, etc.)

- D2 Tratamiento de la tierra (por ejemplo, biodegradación de desperdicios líquidos o fangosos en suelos, etc.)
- D3 Inyección profunda (por ejemplo, inyección de desperdicios bombeables en pozos, domos de sal, fallas geológicas naturales, etc.)
- D4 Embalse superficial (por ejemplo, vertido de desperdicios líquidos o fangosos en pozos, estanques, lagunas, etc.)
- D5 Rellenos especialmente diseñados (por ejemplo, vertido en compartimientos estancos separados, recubiertos y aislados unos de otros y del ambiente, etc.)

- D6 Vertidos en una extensión de agua, con excepción de mares y océanos
- D7 Vertido en mares y océanos, inclusive la inserción en el lecho marino
Tratamiento biológico no especificado en otra parte de este anexo que dé lugar a
- D8 compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
Tratamiento fisicoquímico no especificado en otra parte de este anexo que dé lugar a
- D9 compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A (por ejemplo, evaporación, secado, calcinación, neutralización, precipitación, etc.)
- D10 Incineración en la tierra
- D11 Incineración en el mar
- D12 Depósito permanente (por ejemplo, colocación de contenedores en una mina, etc.)
- D13 Combinación o mezcla con anterioridad a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
- D14 Reempaque con anterioridad a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A
- D15 Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección A

B. Operaciones que pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa y otros usos

La sección B comprende todas las operaciones con respecto a materiales que son considerados o definidos jurídicamente como desechos peligrosos y que de otro modo habrían sido destinados a una de las operaciones indicadas en la sección A.

- R1 Utilización como combustible (que no sea en la incineración directa) u otros medios de generar energía
- R2 Recuperación o regeneración de disolventes
- R3 Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes
- R4 Reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos
- R5 Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas
- R6 Regeneración de ácidos o bases
- R7 Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación

- R8 Recuperación de componentes provenientes de catalizadores
- R9 Regeneración u otra reutilización de aceites usados
- R10 Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura o el mejoramiento ecológico
- R11 Utilización de materiales residuales resultantes de cualquiera de las operaciones numeradas R1 a R10
- R12 Intercambio de desechos para someterlos a cualquiera de las operaciones numeradas R1 a R11
- R13 Acumulación de materiales destinados a cualquiera de las operaciones indicadas en la sección B

**Anexo 2. LISTAS DE CLASIFICACIÓN
DE RESIDUOS PELIGROSOS,
DESARROLLADAS EN EL DECRETO
4741 DE 2005.**

ANEXO I

LISTA DE RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS POR PROCESOS O ACTIVIDADES

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

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

Y3 Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Desechos que tengan como constituyentes:

Y19 Metales carbonilos.

Y20 Berilio, compuestos de berilio

Y21 Compuestos de cromo hexavalente.

Y22 Compuestos de cobre.

Y23 Compuestos de zinc.

Y24 Arsénico, compuestos de arsénico.

Y25 Selenio, compuestos de selenio.

Y26 Cadmio, compuestos de cadmio.

Y27 Antimonio, compuestos de antimonio.

Y28 Telurio, compuestos de telurio.

Y29 Mercurio, compuestos de mercurio.

Y30 Talio, compuestos de talio.

Y31 Plomo, compuestos de plomo.

Y32 Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico

Y33 Cianuros inorgánicos.

Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.

Y35 Soluciones básicas o bases en forma sólida.

Y36 Asbesto (polvo y fibras).

Y37 Compuestos orgánicos de fósforo.

Y38 Cianuros orgánicos.

Y39 Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.

Y40 Eteres.

Y41 Solventes orgánicos halogenados.

Y42 Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.

Y43 Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados.

Y44 Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas.

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

ANEXO II

LISTA A²

RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS POR CORRIENTES DE RESIDUOS

Los residuos o desechos enumerados en este anexo están caracterizados como peligrosos y su inclusión en este anexo no obsta para que se use el Anexo III para demostrar que un residuo o desecho no es peligroso.

Cuando en el siguiente listado se haga alusión a la Lista B, los usuarios deberán remitirse al Anexo IX o Lista B de la Ley 253 de 1996.

A1 Desechos metálicos o que contengan metales

A1010 Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes:

- Antimonio.
- Arsénico.
- Berilio.
- Cadmio.
- Plomo.
- Mercurio.
- Selenio.
- Telurio.
- Talio.

Pero excluidos los desechos que figuran específicamente en la lista B.

A1020 Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los desechos de metal en forma masiva, cualquiera de las sustancias siguientes:

- Antimonio; compuestos de antimonio.
- Berilio; compuestos de berilio.
- Cadmio; compuestos de cadmio.
- Plomo; compuestos de plomo.
- Selenio; compuestos de selenio.
- Telurio; compuestos de telurio

A1030 Desechos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes:

- Arsénico; compuestos de arsénico.
- Mercurio; compuestos de mercurio.
- Talio; compuestos de talio.

A1040 Desechos que tengan como constituyentes:

Carbonilos de metal Compuestos de cromo hexavalente.

A1050 Lodos galvánicos.

A1060 Líquidos de desecho del decapaje de metales.

A1070 Residuos de lixiviación del tratamiento del zinc, polvos y lodos como jarosita, hematites, etc.

A1080 Residuos de desechos de zinc no incluidos en la lista B, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del Anexo III.

A1090 Cenizas de la incineración de cables de cobre recubiertos.< /o:p>

A1100 Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre.

A1110 Soluciones electrolíticas usadas de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre.

A1120 Lodos residuales, excluidos los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre.

A1130 Soluciones de ácidos para grabar usadas que contengan cobre disuelto.

A1140 Desechos de catalizadores de cloruro cúprico y cianuro de cobre.

A1150 Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en la lista B³.

A1160 Acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados.

A1170 Acumuladores de desecho sin seleccionar excluidas mezclas de acumuladores sólo de la lista B. Los acumuladores de desecho no incluidos en la lista B que contengan constituyentes del Anexo I en tal grado que los conviertan en peligrosos.

A1180 Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de estos⁴ que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del Anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del Anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110)⁵.

A2 Desechos que contengan principalmente constituyentes inorgánicos, que puedan contener metales o materia orgánica

A2010 Desechos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados.

A2020 Desechos de compuestos inorgánicos de flúor en forma de líquidos o lodos, pero excluidos los desechos de ese tipo especificados en la lista B.

A2030 Desechos de catalizadores, pero excluidos los desechos de este tipo especificados en la lista B.

A2040 Yeso de desecho procedente de procesos de la industria química, si contiene constituyentes del Anexo I en tal grado que presenten una característica peligrosa del Anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B2080).

A2050 Desechos de amianto (polvo y fibras).

A2060 Cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón que contengan sustancias del Anexo I en concentraciones tales que presenten características del Anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B2050).

A3 Desechos que contengan principalmente constituyentes orgánicos, que puedan contener metales y materia inorgánica

A3010 Desechos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto.

A3020 Aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados.

A3030 Desechos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes con plomo.

A3040 Desechos de líquidos térmicos (transferencia de calor).

A3050 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas/adhesivos excepto los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente en la lista B B4020).

A3060 Nitrocelulosa de desecho.

A3070 Desechos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de líquido o de lodo.

A3080 Desechos de éteres excepto los especificados en la lista B.

A3090 Desechos de cuero en forma de polvo, cenizas, lodos y harinas que contengan compuestos de plomo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3100).

A3100 Raeduras y otros desechos del cuero o de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero, que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3090).

A3110 Desechos del curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas o sustancias infecciosas (véase el apartado correspondiente en la lista B B3110).

A3120 Pelusas - fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento.

A3130 Desechos de compuestos de fósforo orgánicos.

A3140 Desechos de disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.

A3150 Desechos de disolventes orgánicos halogenados.

A3160 Desechos resultantes de residuos no acuosos de destilación halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de disolventes orgánicos.

A3170 Desechos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos (tales como clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo y epicloridrina).

A3180 Desechos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración igual o superior a 50 mg/kg⁶.

A3190 Desechos de residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos.

A3200 Material bituminoso (desechos de asfalto) con contenido de alquitrán resultantes de la construcción y el mantenimiento de carreteras (obsérvese el artículo correspondiente B2130 de la lista B).

A4 Desechos que pueden contener constituyentes inorgánicos u orgánicos

A4010 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.

A4020 Desechos clínicos y afines; es decir, desechos resultantes de prácticas médicas, de enfermería, dentales, veterinarias o actividades similares, y desechos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyectos de investigación.

A4030 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados⁷, en desuso⁸ o no aptos para el uso previsto originalmente.

A4040 Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera⁹.

A4050 Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:

¿ Cianuros inorgánicos, con excepción de residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos.

¿ Cianuros orgánicos.

A4060 Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

A4070 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010).

A4080 Desechos de carácter explosivo (pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B).

A4090 Desechos de soluciones ácidas o básicas, distintas de las especificadas en el apartado correspondiente de la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B2120).

A4100 Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los desechos especificados en la lista B.

A4110 Desechos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:

¿ Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados.

¿ Cualquier sustancia del grupo de las dibenzodioxinas policloradas.

A4120 Desechos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos

A4130 Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el Anexo I, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del Anexo III.

A4140 Desechos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados¹⁰ correspondientes a las categorías del anexo I, y que muestran las características peligrosas del Anexo III.

A4150 Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.

A4160 Carbono activado consumido no incluido en la lista B (véase el correspondiente apartado de la lista B B2060).

ANEXO III

CARACTERISTICAS DE PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS

1. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser corrosivo: Característica que hace que un residuo o desecho por acción química, pueda causar daños graves en los tejidos vivos que estén en contacto o en caso de fuga puede dañar gravemente otros materiales, y posee cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Ser acuoso y presentar un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5 unidades;
- b) Ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor de 6.35 mm por año a una temperatura de ensayo de 55 °C.

2. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser reactivo. Es aquella característica que presenta un residuo o desecho cuando al mezclarse o ponerse en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos tiene cualquiera de las siguientes propiedades:

- a) Generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud humana o al ambiente cuando se mezcla con agua;
- b) Poseer, entre sus componentes, sustancias tales como cianuros, sulfuros, peróxidos orgánicos que, por reacción, liberen gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo la salud humana o el ambiente;

c) Ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados;

d) Aquel que produce una reacción endotérmica o exotérmica al ponerse en contacto con el aire, el agua o cualquier otro elemento o sustancia;

e) Provocar o favorecer la combustión.

3. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser explosivo: Se considera que un residuo (o mezcla de residuos) es explosivo cuando en estado sólido o líquido de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la salud humana y/o al ambiente, y además presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

a) Formar mezclas potencialmente explosivas con el agua;

b) Ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a temperatura de 25 °C y presión de 1.0 atmósfera;

c) Ser una sustancia fabricada con el fin de producir una explosión o efecto pirotécnico.

4. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser inflamable: Característica que presenta un residuo o desecho cuando en presencia de una fuente de ignición, puede arder bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, o presentar cualquiera de las siguientes propiedades:

a) Ser un gas que a una temperatura de 20°C y 1.0 atmósfera de presión arde en una mezcla igual o menor al 13% del volumen del aire;

b) Ser un líquido cuyo punto de inflamación es inferior a 60°C de temperatura, con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen;

c) Ser un sólido con la capacidad bajo condiciones de temperatura de 25°C y presión de 1.0 atmósfera, de producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y quema vigorosa y persistentemente dificultando la extinción del fuego;

d) Ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.

5. Característica que hace a un residuo o desecho peligroso por ser infeccioso: Un residuo o desecho con características infecciosas se considera

peligroso cuando contiene agentes patógenos; los agentes patógenos son microorganismos (tales como bacterias, parásitos, virus, rickettsias y hongos) y otros agentes tales como priones, con suficiente virulencia y concentración como para causar enfermedades en los seres humanos o en los animales.

6. Característica que hace a un residuo peligroso por ser radiactivo: Se entiende por residuo radioactivo, cualquier material que contenga compuestos, elementos o isótopos, con una actividad radiactiva por unidad de masa superior a 70 K Bq/Kg (setenta kilo becquerelios por kilogramo) o 2nCi/g (dos nanocuries por gramo), capaces de emitir, de forma directa o indirecta, radiaciones ionizantes de naturaleza corpuscular o electromagnética que en su interacción con la materia produce ionización en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo.

7. Característica que hace a un residuo peligroso por ser tóxico: Se considera residuo o desecho tóxico aquel que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos puede causar daño a la salud humana y/o al ambiente. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos o desechos que se clasifican de acuerdo con los criterios de toxicidad (efectos agudos, retardados o crónicos y ecotóxicos) definidos a continuación y para los cuales, según sea necesario, las autoridades competentes establecerán los límites de control correspondiente:

- a) Dosis letal media oral (DL50) para ratas menor o igual a 200 mg/kg para sólidos y menor o igual a 500 mg/kg para líquidos, de peso corporal;
- b) Dosis letal media dérmica (DL50) para ratas menor o igual de 1.000 mg/kg de peso corporal;
- c) Concentración letal media inhalatoria (CL50) para ratas menor o igual a 10 mg/l;
- d) Alto potencial de irritación ocular, respiratoria y cutánea, capacidad corrosiva sobre tejidos vivos;
- e) Susceptibilidad de bioacumulación y biomagnificación en los seres vivos y en las cadenas tróficas;
- f) Carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad;
- g) Neurotoxicidad, inmunotoxicidad u otros efectos retardados;
- h) Toxicidad para organismos superiores y microorganismos terrestres y acuáticos;
- i) Otros que las autoridades competentes definan como criterios de riesgo de toxicidad humana o para el ambiente.

Anexo 3. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL DE LEOPOLD

Factores Ambientales		
Medio	Componentes	Aspectos ambientales
Físicos	Aire	Generación de gases y/o material particulado
		Generación de ruido
	Suelo	Generación de vibraciones
		Generación de residuos
	Agua	Calidad del agua
Biológicos	Flora	Remoción de cobertura vegetal
	Fauna	Interrupción de corredores biológicos
Cultural	Social	Salud

Acciones de esta actividad	
Fases de esta actividad	Acciones
Hallazgo	Maquinaria hallada
	Identificación de residuos
Operación	Quema de maquinaria y equipos
	Manejo inadecuado de los residuos
cierre	Desmonte y abandono

Categoría	Componente ambiental	Parámetros / Acciones		Maquinaria Hallada	Identificación de residuos	Manejo inadecuado de residuos	Quema de maquinaria y equipos	Desmonte y abandono	Impacto	Valores positivos	Valores negativos	Total de impacto
			Rel	a	b	c	d	e				
Física	Aire	Generación de gases y/o material particulado	a				-1		-1	0	-1	1
		Generación de ruido	b				-1		-1	0	-1	1
	Suelo	Generación de vibraciones	c				-1		-1	0	-1	1
		Generación de residuos	e			-1	-1	-1	-3	0	-3	2
	Agua	Calidad del agua	f			-1			-1	0	-1	1
Biológica	Fauna	Interrupción de corredores biológicos	i			-1			-1	0	-1	1
	Flora	Remoción de cobertura vegetal	j			-1			-1	0	-1	1
Cultural	Social	salud	m			-1	-1	-1	-3	0	-3	2
Resultado de acciones		Impacto		0	0	-5	-5	-2	-12			
		Valores positivos		0	0	0	0	0		0		
		Valores negativos		0	0	-5	-5	-2			-12	
		Total de impacto		0	0	5	5	2				10

		HALLAZGO										OPERACIÓN										CIERRE				
Parámetros / Acciones		Maquinaria hallada					Identificación de residuos					Manejo inadecuado de residuos					Quema de maquinaria y equipos					Desmonte y abandono				
	Rel.	a					b					c					d					e				
	Magn.	I	O	E	D	R	I	O	E	D	R	I	O	E	D	R	I	O	E	D	R	I	O	E	D	R
Generación de gases y/o material particulado	a																3	2	3	2	1					
Generación de ruido	b																3	2	3	1	1					
Generación de vibraciones	c																2	2	2	1	2					
Generación de residuos	d											3	3	3	3	2	3	3	3	3	1	3	2	2	2	1
Calidad del agua	e											3	3	3	3	1										
Interrupción de corredores biológicos	f											2	2	3	2	1										
Remoción de cobertura vegetal	g																									
salud	h											3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	2	2	2	2	1

IMPORTANCIA	
Alta	3
Media	2
Baja	1
OCURRENCIA	
Alta	3
Media	2
Baja	1
EXTENSION	
Regional	3
Local	2
Puntual	1
DURACION	
Permanente	3
Media	2
Corta	1
REVERSIBILIDAD	
Alta	3
Media	2
Baja	1

				HALLAZGO		OPERACIÓN		CIERRE	Resultado de acciones			
Categoría	Componente ambiental	Parámetros / Acciones		Maquinaria Hallada	Identificación de residuos	Manejo inadecuado de residuos	Quema de maquinaria y equipos	Desmonte y Abandono	Impacto	Valores positivos	Valores negativos	Total de impacto
			Rel	a	b	c	d	e				
Física	Aire	Generación de gases y/o material particulado	a	0	0	0	-11	0	-11	0	-11	11
		Generación de ruido	b	0	0	0	-10	0	-10	0	-10	10
	Suelo	Generación de vibraciones	c	0	0	0	-9	0	-9	0	-9	9
		Generación de residuos	d	0	0	-14	-13	-10	-37	0	-37	37
	Agua	Calidad del agua	e	0	0	-13	0	0	-13	0	-13	13
Biológica	Fauna	Interrupción de corredores biológicos	f	0	0	-10	0	0	-10	0	-10	10
	Flora	Remoción de cobertura vegetal	g	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cultural	Social	salud	h	0	0	-13	-13	-9	-35	0	-35	0
Resultado de acciones		Impacto		0	0	-50	-56	-19	-125			
		Valores positivos		0	0	0	0	0		0		
		Valores negativos		0	0	-50	-56	-19			-125	
		Total, de impacto		0	0	50	56	19				90

			HALLAZGO			OPERACIÓN		CIERRE	importancia ambiental
Categoría	Componente ambiental	Parámetros / Acciones		Maquinaria Hallada	Identificación de residuos	Manejo inadecuado de residuos	Quema de maquinaria y equipos	Desmonte y abandono	
			Rel	a	b	c	d	e	
Física	Aire	Generación de gases y/o material particulado	a				9		9
		Generación de ruido	b				8		8
	Suelo	Generación de vibraciones	c				8		8
		Generación de residuos	d			9	9	7	25
	Agua	Calidad del agua	e			10			10
Biológica	Fauna	Interrupción de corredores biológicos	f			7			7
	Flora	Remoción de cobertura vegetal	g			7			7
Cultural	Social	salud	h			9	8	7	24
IMPORTANCIA DE ACCIONES						42	42	14	98

				HALLAZG O		OPERACIÓN		CIERRE	Resultado de acciones			
Categoría	Componente ambiental	Parámetros / Acciones		Maquinaria Hallada	Identificación de residuos	Manejo inadecuado de residuos	Quema de maquinaria y equipos	Desmonte y abandono	Impacto	Valores	Valores negativos	Total, de impacto
			Rel	a	b	c	d	e				
Física	Aire	Generación de gases y/o material particulado	a			0	-99	0	-99	0	-99	99
		Generación de ruido	b			0	-80	0	-80	0	-80	80
	Suelo	Generación de vibraciones	c			0	-72	0	-72	0	-72	72
		Generación de residuos	d			-126	-117	-70	-313	0	-313	313
	Agua	Calidad del agua	e			-130	0	0	-130	0	-130	130
Biológica	Fauna	Interrupción de corredores biológicos	f			-70	0	0	-70	0	-70	70
	Flora	Remoción de cobertura vegetal	g			0	0	0	0	0	0	0
Cultural	Social	salud	h			-117	-104	-63	-284	0	-284	284
Resultado de acciones		Impacto				-443	-472	-133	-1048			
		Valores positivos				0	0	0		0		
		Valores negativos				-443	-472	-133			-1048	
		Total de impacto				443	472	133				1048

				HALLAZGO		OPERACIÓN		CIERRE
Categoría	Componente ambiental	Parámetros / Acciones		Maquinaria hallada	Identificación de residuos	Manejo inadecuado de residuos	Quema de maquinaria y equipos	Desmonte y abandono
			Rel	a	b	c	d	e
Física	Aire	Generación de gases y/o material particulado	a					
		Generación de ruido	b					
	Suelo	Generación de vibraciones	c					
		Generación de residuos	d					
	Agua	Calidad del agua	e					
Biológica	Fauna	Interrupción de corredores biológicos	f					
	Flora	Remoción de cobertura vegetal	g					
Cultural	Social	salud	h					

Rango	Calificación	Color
0-15	baja	
16-29	media	
51-76	alta	
76-100	critica	

Anexo 4. LISTA DE CHEQUEO PARA LA REALIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE MERCANCÍA PELIGROSA

EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA Brigada contra la Minería Ilegal				
Proceso: Operación militar contra la Minería Ilegal				
LISTA DE CHEQUEO: Proceso de transporte de mercancía peligrosa				
N°	REQUERIMIENTO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		CUMPLE	NO CUMPLE	
1	Existen medidas de aseguramiento para la sujeción de los contenedores			
2	Se cuenta con un plan de emergencia para reaccionar adecuadamente frente a un posible accidente			
3	Se cuenta con un plan de transporte			
4	Se cuenta con un sistema de información sobre movilización de mercancías			
5	El conductor del vehículo se encuentra certificado en el curso básico obligatorio de capacitación			
6	El conductor porta el certificado de realización del curso básico obligatorio de capacitación para conductores			
7	El conductor realiza la inspección del vehículo antes del transporte de la mercancía peligrosa			
8	Se encuentran en buen estado los rotulos de identificación del material transportado			
9	Se porta la tarjeta de registro nacional, requerida para el transporte de mercancías peligrosas			
10	El vehículo cuenta con elementos básicos de atención de emergencias (extintor, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipos de recolección y limpieza, material absorbente)			
11	El vehículo cuenta con los dos (2) extintores multipropósito ubicados en sitios de fácil acceso			

Anexo 5. MATRIZ DE INCOMPATIBILIDAD DE RESIDUOS PELIGROSOS POR CLASE DE RIESGO.

CLASE DE RIESGO		1	2.1	2.2	2,3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6	7	8	9
1	Explosivo														
2.1	Gas inflamable														
2.2	Gas comprimido no inflamable, no venenoso														
2.3	Gas venenoso por la inhalación														
3	Líquidos inflamables y líquidos combustibles														
4.1	Sólido inflamable														
4.2	Sustancia espontáneamente combustible														
4.3	Sustancia peligrosa cuando está mojada														
5.1	Oxidante														
5.2	Peróxido orgánico														
6	Sustancias tóxicas														
7	Sustancias radiactivas														
8	Sustancias corrosivas														
9	Sustancias peligrosas varias														

CONVENCIONES	
	Pueden almacenarse juntos
	Precaución. Revisar incompatibilidades individuales
	Pueden requerirse almacenes separados. Son incompatibles

Anexo 6. MANUAL PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.