

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**MANEJO AMBIENTAL DE DESECHOS PELIGROSOS EN LA PEQUEÑA
INDUSTRIA DE ZINCADO ELECTROLITICO.**

TESIS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO SANITARIO

PRESENTADA POR:
MAGNA MODESTA NEYRA CAMARENA.

1 997

LIMA - PERÚ.

*A mi padre, por haberme inculcado responsabilidad y disciplina.
ahora en el cielo. "Gracias por quererme tanto...".
Papá, su recuerdo lo llevo guardado en lo más profundo
de mi corazón.*

*A mi madre, por su comprensión y paciencia;
y hacer de mi, una profesional ingeniero.*

*A mi abuelita "Cleofé", por haberme cuidado
con amor y ternura.*

*A mis profesores, los ingenieros: Alfredo Zamalloa y Luis Malnatti,
quiénes pasaron a la vida celestial, grandes perdidas para
la Ingeniería Sanitaria.*

*A todos los jóvenes
que cada mañana renuevan las ganas de vivir
con alegría y esperanza;
que perseveran hasta conseguir convertir
la dificultad en un reto.*

AGRADEZCO:

- ◆ *A Dios por haberme ofrecido la dicha de vivir en paz. Seguir Tu camino es encontrar el amor y la felicidad.*

- ◆ *Enormemente a la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (DIGESA-MINSA), a su Director General Ing. Jorge Villena y a su personal de laboratorio por el apoyo técnico y financiero en la realización de los análisis fisicoquímicos de las muestras de agua residual, del caso en estudio.*

- ◆ *Al Ing. Otto Rosasco por haberme brindado su valioso tiempo en la asesoría, por sus consejos y por su maravillosa amistad.*

- ◆ *A mi 'Alma Mater' por brindarme una formación profesional, única en el país, realmente una experiencia inolvidable.*

- ◆ *Al Bach. Mario León, amigo desde cachimbo, gracias por tu impresora a color y por ofrecer alegría, siempre.*

- ◆ *A mis familiares, en especial a mi primo 'Domingo' por su apoyo moral y sus acertadas sugerencias.*

- ◆ *A todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron gentilmente en el desarrollo de la presente tesis.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción.	
Resumen.	1
Antecedentes.	iv
Objetivos.	ix
Metodología de trabajo.	x
CAPITULO I. GENERALIDADES.	1
1.1 Definición de los desechos peligrosos.	2
1.2 Características de los desechos peligrosos.	3
1.3 Definiciones importantes.	7
1.4 Procesos electroquímicos y celdas electrolíticas.	13
1.5 Electrólisis cuantitativa.	14
1.6 Reacciones químicas en procesos electrolíticos.	16
1.7 La industria de procesos electrolíticos.	20
1.7.1 Desbastado.	20
1.7.2 Pulido.	20
1.7.3 Decapado.	21
1.7.4 Desengrase.	22
1.8 Principales procesos electrolíticos	27
1.8.1 Anodización.	27
1.8.2 Electropulido.	27
CAPITULO II. MARCO JURÍDICO Y AMBIENTAL.	29
2.1 Marco jurídico.	30
2.2 Legislación ambiental.	30
2.2.1 Constitución Política del Perú.	30
2.2.2 Convenio de Basilea.	31
2.2.3 Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.	35
2.2.4 Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.	37
2.2.5 Código Sanitario.	38
2.2.6 Ley General de Aguas.	39
2.2.7 Código Penal.	40
2.2.8 Reglamento de Desagües Industriales.	41
2.2.9 Otros dispositivos.	43

CAPITULO III. GENERACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS.	45
3.1 Actividades generadoras.	46
3.2 Características de los efluentes de la industria de procesos electrolíticos.	61
3.2.1 Efluentes de plantas de decapado.	61
3.2.2 Efluentes de plantas de anodizado.	64
3.2.3 Efluentes de plantas de electrogalvanizado.	65
3.3 Manejo de desechos peligrosos en el país.	67
3.3.1 El sector industrial: Pequeña y Micro empresa.	67
3.3.1.1 La artesanía.	67
3.3.1.2 La micro industria.	68
3.3.1.3 La pequeña empresa industrial.	68
3.3.1.4 La mediana empresa industrial.	68
3.3.1.5 La gran industria.	69
3.3.2 Generación de desechos en la rama del zincado electrolítico (galvanizado).	70
3.3.2.1 Generación y destino de los desechos.	71
3.3.3 Proyección del volumen de desechos generados por la pequeña industria.	72
CAPITULO IV. IMPACTO SOBRE LA SALUD PÚBLICA Y AMBIENTAL.	75
4.1 Aspectos toxicológicos.	76
4.1.1 Relaciones dosis-efecto y dosis respuesta.	76
4.1.1.1 Dosis.	76
4.1.1.2 Efecto	76
4.1.1.3 Respuesta.	76
4.1.1.4 DL ₅₀ .	77
4.1.2 Metales tóxicos.	79
4.1.3 Compuestos de cianuro.	87
4.1.4 Riesgo para la salud humana.	90
4.1.4.1 Efectos carcinogénicos.	90
4.1.4.2 Efectos en la reproducción.	91
4.1.4.3 Efectos neurológicos.	92
4.2 Descripción de la actividad empresarial materia de estudio.	93
4.2.1 Equipamiento e insumos químicos.	96
4.2.2 Descripción de procesos y operaciones.	97
4.2.2.1 Desengrase.	97
4.2.2.2 Decapado.	98
4.2.2.3 Baño de zincado electrolítico.	99
4.2.2.4 Pasivado.	100

4.2.2.5	Secado.	100
4.2.3	Desechos generados.	101
4.2.4	Destino de los desechos.	102
4.2.5	Condiciones del ambiente de trabajo.	103
4.3	Parte experimental.	107
4.3.1	Muestreo.	107
4.3.2	Análisis de laboratorio.	112
4.4	Interpretación de resultados.	113
4.4.1	Estadística de datos.	117
4.4.2	Importancia sanitaria.	122
4.5	Metodología para identificación de impactos ambientales.	128
4.5.1	Calificación de impactos..	129
4.5.2	Impacto ambiental.	130
CAPITULO V. MANEJO AMBIENTAL DE DESECHOS PELIGROSOS.		139
5.1	Razones para el manejo ambiental de desechos peligrosos.	140
5.2	Principios del manejo ambiental de desechos.	140
5.2.1	Principio de reducción en la fuente.	141
5.2.2	Principio del ciclo vital integrado.	141
5.2.3	Principio de precaución.	141
5.2.4	Principio del control integrado de la contaminación.	141
5.2.5	Principio de normalización.	142
5.2.6	Principio de autosuficiencia.	142
5.2.7	Principio de proximidad.	142
5.2.8	Principio del menor movimiento transfronterizo.	142
5.2.9	Principio de quién contamina paga.	143
5.2.10	Principio de soberanía.	143
5.2.11	Principio de participación pública.	143
5.3	Manejo ambiental de desechos.	144
5.4	Estrategias sobre desechos peligrosos.	146
5.5	Estrategias para la prevención de la contaminación.	148
5.5.1	A nivel de gobierno.	148
5.5.2	A nivel institucional.	150
5.5.3	A nivel de políticas.	152
5.5.4	A nivel del sector industrial y otros sectores de la sociedad.	152
5.6	Alternativas tecnológicas.	154
5.6.1	Reducción.	154

5.6.1.1	Modificación de procesos y operaciones.	156
5.6.1.2	Sustitución de productos.	156
5.6.1.3	Recuperación y reciclaje.	156
5.6.1.4	Segregación en la fuente.	157
5.7	Tratamiento y destoxificación.	157
5.7.1	Tratamiento térmico.	158
5.7.2	Tratamientos biológicos.	159
5.7.3	Tratamientos químicos.	159
5.8	Disposición final.	160
5.8.1	Rellenos industriales.	161
5.8.2	Lagunas superficiales.	161
5.8.3	Inyección de pozos profundos.	161
5.8.4	Minas abandonadas.	161
5.8.5	Vertederos al mar.	162
 CAPITULO VI. PROPUESTA DE MANEJO AMBIENTAL DE DESECHOS PELIGROSOS.		163
6.1	En la legislación ambiental.	164
6.2	Mejoramiento de la salud pública y ambiental.	165
6.3	Estrategia para el manejo de los desechos peligrosos.	166
6.4	Asistencia técnica y capacitación.	167
6.5.	Manejo de desechos peligrosos para procesos de zincado electrolítico.	170
6.5.1	Estimación de la carga de desechos peligrosos.	170
6.5.2	Tratamiento de las aguas residuales.	175
6.5.2.1	Oxidación de cianuros.	177
6.5.2.2	Reducción de cromo (VI) a cromo (III).	178
6.5.2.3	Precipitación de metales tóxicos por neutralización.	178
6.5.2.4	Tratamiento de lodos.	184
6.5.2.5	Disposición final.	185
6.5.3	En la operación de desengrase.	189
6.5.4	En el proceso de decapado.	190
6.5.5	En el proceso de zincado electrolítico.	191
6.5.6	En las operaciones de enjuague.	191
6.6	Ventajas del manejo ambiental de los desechos peligrosos.	194
 CAPITULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		196
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.		202

ANEXOS.	209	
I-1	Convenio de Basilea (Anexo I). Categorías de desechos que hay que controlar.	210
I-2	Convenio de Basilea (Anexo II). Categorías de desechos que requieren una consideración especial.	212
I-3	Convenio de Basilea (Anexo III). Lista de características peligrosas.	213
I-4	Definición de residuos peligrosos (RCRA, USA, 1976).	216
I-5	Método de identificación de desechos peligrosos.	217
I-6	Clasificación de residuos sólidos según la ley japonesa.	218
I-7	Definición de residuos sólidos peligrosos (ley japonesa, 1970).	219
I-8	Prueba por lixiviación.	220
I-9	Principales diferencias del (PE) de EE.UU. y del Japón.	221
I-10	Sistema de clasificación de los residuos peligrosos según la RCRA.	221
I-11	Características de los residuos peligrosos según su clave CRETIB, (México, 1993).	222
I-12	Metodología para la prueba de extracción a fin de determinar la toxicidad de los residuos peligrosos.	223
I-13	Tabla 5. Características de lixiviado (PECT) que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	224
I-14	Tabla 6. Características de lixiviado (PECT) que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	225
I-15	Tabla 7. Características de lixiviado (PECT) que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	226
II-1	Valores límites para metales tóxicos y peligrosos según D.S. N° 007-83-SA, Ley General de Aguas.	227
III-1	Diagrama de flujo del proceso de anodizado.	228
IV-1	Rutas principales de daño por desechos peligrosos.	229
IV-2	Evaluación de carcinogenicidad de las sustancias y procesos químicos.	230
IV-3	Resultados de análisis físico químico de muestras de agua residual en pequeña planta de zincado electrolítico.	234
VI-1	Ciclo de vida de los desechos.	244
CUADROS	245	
Cuadro 1:	Exposición de poblaciones humanas a metales por la disposición inadecuada de residuos industriales.	246
Cuadro 2:	Ejemplos de exposición de poblaciones a confinamientos no controlados de residuos industriales.	246
Cuadro 3:	Tipos de residuos peligrosos.	247

Cuadro 4:	Accidentes químicos de mayor publicidad.	249
Cuadro 5:	Rutas posibles de exposición a través de distintos medios.	249
Cuadro 6:	Dosis tóxicas de referencia de algunas sustancias que se pueden encontrar en los residuos peligrosos.	250
Cuadro 7:	Desarrollo de cánceres por exposición de residuos peligrosos.	250
Cuadro 8:	Efectos reproductivos por exposición a residuos peligrosos.	251
Cuadro 9:	Residuos biológicos infecciosos.	251
Cuadro 10:	Formas potenciales de exposición de los trabajadores.	252
 GRAFICOS.		253
Gráfico I-A1:	Variación global de pH de campo.	254
Gráfico I-A2:	Variación global de temperatura.	255
Gráfico I-A3:	Variación global de conductividad.	256
Gráfico I-A4:	Variación global de alcalinidad.	257
Gráfico I-A5:	Variación global de acidez total.	258
Gráfico I-A6:	Variación global de Demanda Química de Oxígeno.	259
Gráfico I-A7:	Variación global de cianuro.	260
Gráfico I-A8:	Variación global de cloruros.	261
Gráfico I-A9:	Variación global de sulfatos.	262
Gráfico I-A10:	Variación global de cadmio.	263
Gráfico I-A11:	Variación global de cobre.	264
Gráfico I-A12:	Variación global de cromo.	265
Gráfico I-A13:	Variación global de hierro.	266
Gráfico I-A14:	Variación global de plomo.	267
Gráfico I-A15:	Variación global de níquel.	268
Gráfico I-A16:	Variación global de zinc.	269
Gráfico I-A17:	Variación global de sodio.	270
Gráfico I-A18:	Variación global de manganeso.	271
Gráfico I-A19:	Variación global de sólidos sedimentables.	272
Gráfico I-A20:	Variación global de aceites y grasas.	273
Gráfico II-B1:	Comportamiento de parámetros fisicoquímicos, según enjuague E1.	274
Gráfico II-B2 :	Comportamiento de parámetros fisicoquímicos, según enjuague E2.	277
Gráfico II-B3:	Comportamiento de parámetros fisicoquímicos, según enjuague E3.	280
Gráfico II-B4:	Comportamiento de parámetros fisicoquímicos, según licor concentrado LZ.	283
Gráfico II-B5:	Comportamiento de parámetros fisicoquímicos, según proceso - LA.	286
Gráfico III-A:	Población equivalente global mínima.	287
Gráfico III-B:	Población equivalente global máxima.	287

Gráfico III-B1:	Población equivalente, según proceso E1.	288
Gráfico III-B2:	Población equivalente, según proceso E2.	288
Gráfico III-B3:	Población equivalente, según proceso E3.	288
Gráfico III-B4:	Población equivalente, según proceso LZ.	289
Gráfico III-B5:	Población equivalente, según proceso LA.	289
FOTOGRAFIAS.		290
Fotografía nº 1:	Proceso de decapado.	291
Fotografía nº 2:	Operación de enjuague de decapado (E1).	291
Fotografía nº 3:	Proceso de zincado electrolítico.	292
Fotografía nº 4:	Operación de enjuague de zincado (E2).	292
Fotografía nº 5:	Proceso de pasivado.	293
Fotografía nº 6:	Operación de enjuague de pasivado (E3).	293
Fotografía nº 7:	Producto terminado.	294
Fotografía nº 8:	Ventilación y desorden.	294
ESQUEMAS Y PLANOS		295
Esquema :	Recuperación de aguas de enjuague por proceso de intercambio iónico.	296
Plano	Nueva disposición de planta.	297

INTRODUCCIÓN

La presente investigación ha sido realizada en una pequeña industria de zincado electrolítico, localizada en el área urbana de un sector de la Provincia Constitucional del Callao.

Como se puede inferir la actividad de la industria de galvanizado (zincado electrolítico) contribuye significativamente a la producción de desechos tóxicos en el medio ambiente.

Durante la etapa de estudio se ha comprobado la inexistencia de algún tratamiento de los desechos peligrosos antes de vertirlos al sistema de alcantarillado público.

Los procesos electrolíticos que se ha podido constatar en lo referente al zincado (actividad especializada por la pequeña empresa), el cual se utiliza compuestos orgánicos como solventes (gasolina) para el desengrase de piezas pequeñas, compuestos alcalinos de cianuros, soda cáustica y otros elementos patentados como abrillantadores; además de la utilización de ácido clorhídrico y nítrico para efectuar los procesos de decapado y pasivado respectivamente.

Las dimensiones de las piezas a procesar varían desde tuercas, clavos, anillos hasta tuberías de diferentes tamaños, alcanzando algunas veces dimensiones de 8 a 10 pulgadas de diámetro.

Los problemas prioritarios de salud ambiental asociados al manejo inadecuado de los desechos peligrosos y su control en las pequeñas y microempresas del país incluye, por un lado, la exposición de los

trabajadores y la vecindad, así como los productos químicos que se utilizan. Por otro lado, el problema del deterioro ambiental como resultado de las descargas incontroladas de los desechos peligrosos que afectan los cursos de agua superficial y subterráneas, los suelos y la cadena alimenticia; planteando serios riesgos para la salud humana y los organismos acuáticos.

Se pretende que la adopción de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, reduzcan la cantidad y concentración de desechos tóxicos y peligrosos. Por otro lado, la recuperación de residuos pueda ser retribuida en términos de beneficios económico, generando por otro lado, ganancias ambientales.

RESUMEN

La pequeña industria de galvanizado, abarca una serie de procesos electrolíticos en los que las formulaciones químicas para el preparado de los baños, resulta perjudicial, desde el punto de vista de salud pública, para el medio ambiente. Así por ejemplo para los baños de zincado se utilizan compuestos cianurados en medio alcalino como resultan ser el cianuro de sodio, soda cáustica y metales en disolución como óxido de zinc, además de otros aditivos que le son agregados con el fin de obtener un producto muy brillante y de hermoso acabado decorativo.

La heterogeneidad de los distintos estratos empresariales en nuestro país hace que exista diversos grados de contaminación. Si bien es cierto, que los problemas de contaminación en la pequeña industria son relativamente pequeños en el sentido que es más fácil detectar las fallas a fin de corregirlas; sin embargo, son críticos, debido a que dificulta la ausencia de tecnología apropiada que reduzca la generación de desechos peligrosos. De igual forma, la escasa disponibilidad económica y financiera dificultan una pronta solución. Por otro lado, si añadimos la ausencia de normatividad al respecto, los problemas tienden a agravarse aún más.

La actividad de galvanizado (zincado electrolítico) tiene la particularidad de utilizar ingentes cantidad de agua para las operaciones de enjuague luego de los proceso de decapado, zincado y pasivado, respectivamente. Para el caso de la pequeña industria en estudio se utilizan en promedio 200 a 350 m³ de agua proveniente del abastecimiento público; por lo que se hace necesario su recuperación.

Por otro lado, los desechos peligrosos presentan características de corrosividad, reactividad, toxicidad e inflamabilidad; estimándose en un

95,66% los desechos peligrosos (entre líquidos, sólidos y lodos) y sólo un 4,34 % constituyen desechos no peligrosos, en nuestro país.

Las descargas de los efluentes líquidos de la pequeña industria son vertidos a la alcantarilla pública sin tratamiento alguno. Así por ejemplo, se tienen en términos de carga, expresados en kilogramos por mes (Kg/mes): *Para el caso del enjuague de decapado (E1):* hierro (75,6), zinc (15,36). *Para el caso del enjuague de zincado (E2):* hierro (12,89), zinc (11,38). *Para el caso del enjuague de pasivado (E3):* hierro (9,25), zinc (1,58). *Licores concentrados:* zinc (241,38), Cianuro (161,87), para el caso de zincado electrolítico, y zinc (543,09), hierro (473,98) para el caso del ácido proveniente del proceso de decapado.

Por otro lado, en términos de población equivalente (expresados en habitantes), se tienen los máximos valores; así para el caso del enjuague (E1): hierro (560000), zinc (113791), cianuro (13088), plomo (2606); en el enjuague (E2): hierro (95452), zinc (84280), cobre (20227), cianuro (19051). En el enjuague (E3): hierro (68522), cianuro (13156), zinc (11689). En el licor concentrado (LZ): cianuro (479629), zinc (298000), hierro (18400), cromo (2147). En el licor concentrado (LA): zinc (1005734), hierro (877732), manganeso (35109), plomo (24556), cromo total (12495) y cobre (8284).

El impacto ambiental ha dado origen al desarrollo de tres submatrices: Procesos y operaciones, situación y tratamiento de desechos y la última referida a los accidentes; identificándose en la primera la contaminación del agua, suelo y el ambiente por sustancias peligrosas (tóxicas, corrosivas, reactivas e inflamables) que conllevan a efectos sobre el medio ambiente y a riesgos sobre la salud pública. En la segunda submatriz se identifica la contaminación de las aguas residuales por la presencia de elementos tóxicos (metales pesados y cianuros), corrosivos (ácidos),

inflamables (gasolina) objetables para la salud humana y el medio ambiente. La tercera submatriz identifica los riesgos de incendios (uso de gasolina) y explosión de los desechos peligrosos; presente cuando el baño de cianuro es recalentado más de 20 °C sobre la temperatura de trabajo.

La ausencia de eficiencia en cada uno de los procesos y operaciones hace que se produzca grandes cantidades de residuos, proponiéndose tecnologías de tratamiento que destruyan, en primer término, los cianuros; seguido de los metales como Fe y Zn en los enjuagues; Cr, Fe y Zn en el licor concentrado de zincado (LZ); Cu, Cr, Fe y Mn, Pb y Zn en el licor concentrado de ácido (LA); y finalmente los lodos y precipitados cuyas características de toxicidad ponen en riesgo la salud humana y el medio ambiente.

ANTECEDENTES

Los procesos de expansión urbana conjuntamente con las múltiples industrias de las ciudades metropolitanas en nuestro país, han acarreado un incremento considerable de la producción de residuos proveniente de estos procesos de industrialización.

La mayor parte de los establecimientos industriales tales como del sector curtiembre, galvanoplastía, textil, metal mecánica, siderurgia, refinerías de petróleo, producen cantidades significativas de desechos tóxicos y peligrosos. Se estima que entre el 1 y 4 % de los desechos industriales son tóxicos¹.

En el país no existen o son muy pocas las instalaciones destinadas a reciclar o disponer en forma segura de los desechos peligrosos. Por otro lado, el Ministerio de Salud a través de DIGESA y sus Direcciones Regionales de Salud vienen controlando los rellenos sanitarios existentes autorizados como tal, con supervisiones técnicas que detecten el incumplimiento de las normas sanitarias para dar las recomendaciones que permitan que los rellenos sanitarios funcionen adecuadamente.

Existen tres (03) rellenos sanitarios mecanizados en los conos Norte, Este y Sur : Zapallal, Huaycoloro y Portillo Grande; y dos (02) rellenos sanitarios manuales : Ancón en el cono Norte y Luis Felipe de las Casas en Ventanilla².

La institución responsable de la legislación en materia de desechos peligrosos corresponde al Ministerio de Industrias (MITINCI), órgano a

¹Condiciones de salud en las Américas. VIII versión. OPS, Washignton, 1990.

²Dirección de Ecología y Medio Ambiente - DIGESA. Setiembre, 1997.

quién le compete establecer un sistema de clasificación que aún no ha sido determinado³.

Los desechos peligrosos constituyen un gran problema que deben ser definidos por la actual legislación tan pronto como sea posible. Sin embargo, éstos son definidos a nivel internacional⁴ en base dos consideraciones especiales tales como : categorías que hay que controlar, las cuales involucra a 45 tipos de desechos y según las características que presenta el desecho (explosivos, corrosivos, inflamables, tóxicos, ecotóxicos, oxidantes, infecciosos).

Con respecto a los métodos de tratamiento de efluentes (ver tabla n° 1), en el país existen dos opciones: la de tratamiento previo (OT) a la descarga y la de no tratamiento de algún residuo (NT), en las diversas industrias citadas. Por ejemplo, para el caso del CIU 2892 y conforme a lo expuesto en este trabajo, los desechos generados por este tipo de rubro no son sometidos a ningún tratamiento previo a la descarga al sistema de alcantarillado (NT).

Tabla n° 1
Métodos de Tratamiento de Efluentes en el Perú

CIU/ACTIVIDAD	MÉTODO
2430 Textiles	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.
1722 Alfombras	NT= No tratamiento previo a la descarga en alcantarillado o cuerpo de agua.
1911 Curtiembres	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.
2101 Pulpa/papel	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.
2221 Imprentas	NT= No tratamiento previo a la descarga en alcantarillado o cuerpo de agua.
2411 Químicos Básicos	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.
2421 Fertilizantes/Pesticidas	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.

³Koning, Henk de; et. al (1994).

⁴Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Acta Final. PNUMA, 1989.

2413 Resinas/Plásticos Sintéticos	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.
2422 Pintura/Barnices	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.
2423 Drogas/Medicinas	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.
2320 Refinerías de Petróleo	OT= En algunos casos se lleva a cabo tratamiento previo a la descarga.
1010 Productos de Aceite/Carbón	NT= No tratamiento previo a la descarga en alcantarillado o cuerpo de agua.
2710 Hierro/Acero	NT = No tratamiento previo a la descarga en alcantarillado o cuerpo de agua.
2720 Metales No-Ferrosos	NT = No tratamiento previo a la descarga en alcantarillado o cuerpo de agua.
2892 Productos Metálicos	NT = No tratamiento previo a la descarga en alcantarillado o cuerpo de agua.

FUENTE: KONING, Henk de, et.al. (1994).

La preocupación de la tendencia al incremento de la producción de desechos peligrosos está en la probabilidad de que muchos de éstos, que contienen sustancias químicas tales como el tricloroetileno (TCE), cianuros, metales pesados (Pb, Cd, Zn, Cr), y otros elementos, pueden producir efectos adversos sobre la salud humana (carcinogénicos, mutagénicos, teratogénicos), y/o el medio ambiente (alteraciones en la cadena alimenticia, flora y fauna acuática, elementos paisajísticos, contaminación de las aguas para consumo humano, riego y recreación, contaminación de los suelos, contaminación atmosférica, etc).

Al respecto, se puede afirmar en la tabla n° 2 referente a los agentes de riesgo (plomo) se presentaron el año de 1995 cuatro (04) casos de absorción de plomo a niveles alarmantes en la industria metal mecánica, ciertamente muy relacionada con la actividad de galvanizado; y veinte (20) casos de absorción de plomo a nivel segura. Por otro lado, para el caso de Zn, Cd y cianuro se presentaron diez (10) casos normales en industrias no especificadas, constituyendo, en consecuencia, un indicio de riesgo para la salud humana.

Tabla n° 2
Diagnóstico de Enfermedades Profesionales por Actividad Económica en Lima Metropolitana.

Agente de riesgo	Diagnóstico de enfermedad profesional	Total trabajadores examinados	Actividad Económica					Otros
			Industria Minero Metalúrgica	Industria Metal Mecánica	Industria Química	Otras Industrias	Servicios	
Total de trabajadores		640	509	62	28	9	2	31
Sílice	Sílico tuberculosis	1	1					
	Silicosis							
	Primer grado	180	179					1
	Segundo grado	101	101					
	Tercer grado	11	11					
	Normal	216	216					1
Mercurio	Intoxicación mercurial	1	1					
	Normal	0	0					
Plomo	Absorción Pb nivel segura	20		20				
	Absorción Pb nivel alarma	4		4				
	Normal	46		38	8			
Asbesto	Asbestosis	1				1		
	Normal	0				0		
Ruido	Pérdida Auditiva							
	Primer grado	4			4			
	Segundo grado	2			2			
	Normal	14			14			
Zinc/Cadmio/ Cianuro	Normal	10				8	2	
Otros	Normal	29						29

FUENTE : MINISTERIO DE SALUD - Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), 1995.

TOMADO DE : PERÚ: ESTADÍSTICAS DEL MEDIO AMBIENTE 1997.

Finalmente, el problema de fondo no es precisamente el residuo peligroso en sí, sino que además de éste, el mayor problema está en el manejo inadecuado de estos desechos que involucra los incrementos en la generación, reuso, el reciclaje, el tratamiento y disposición ilegal; sumándose a todo ello la demora en la puesta en marcha de una definición, clasificación y de un sistema apropiado de manejo de desechos peligrosos así como también a la falta de una rigurosa vigilancia ambiental en nuestro país.

OBJETIVOS

GENERAL :

Proponer el manejo ambiental apropiado para reducir los desechos peligrosos, principalmente de los potencialmente productos tóxicos y ecotóxicos que conllevan a problemas sobre la salud pública y del deterioro ambiental.

ESPECÍFICOS :

1. Analizar la legislación ambiental concerniente al manejo de desechos peligrosos y su aplicabilidad en la actualidad.
2. Proporcionar el análisis de la situación de desechos peligrosos en el país (generación y control de desechos tóxicos en la pequeña industria).
3. Analizar los efectos en la salud ambiental debido al manejo inadecuado de los desechos peligrosos en la salud ambiental.
4. Identificar el impacto ambiental producido por las descargas de sustancias tóxicas y peligrosas sobre el medio ambiente y la salud pública.
5. Identificar los desechos peligrosos compatibles a la aplicación de tecnologías de recuperación, reutilización, reciclaje, tratamiento y eliminación.



METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología empleada para realizar el presente trabajo se puede simplificar en las siguientes etapas:

- Recopilación de información (general y específica).
- Recolección de muestras y análisis de laboratorio.
- Análisis e interpretación de datos.
- Evaluación de la aplicabilidad de criterios y tecnologías para el manejo ambiental de los desechos peligrosos.

Según las características de la actividad empresarial de la pequeña industria estudiada; ha sido necesario realizar la recolección de muestras instantáneas debido a que:

- Los flujos son intermitentes.
- Los caudales son pequeños que no permiten tomar muestras compuestas.
- Los procesos son variables en el tiempo.
- Los efluentes de licor concentrado de zincado (LZ) son vertidos con una frecuencia semanal, mientras que los efluentes de licor concentrado de ácido (LA) se realizan cada tres o cuatro meses; mientras que las aguas de enjuague se desechan diariamente y con intervalos de flujos muertos.
- La producción es variable, propia de la actividad informal.

**CAPITULO I:
GENERALIDADES**

1.1 DEFINICIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS.

Según el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, del cual el Perú es una de las Partes, se establecen dos criterios por los cuales se pueden definir a los desechos peligrosos. Así existen categorías de desechos que hay que controlar, (Anexo I), las que involucran a 45 tipos de desechos. De otro lado, existen desechos peligrosos según sus características de peligrosidad, (Anexo III), que detallan a 7 clases, según las Naciones Unidas, (ver anexos).

Los desechos que especifica el Anexo I, del mismo Convenio, varían desde el tipo clínico, que resultan de la atención médica que prestan los hospitales y demás establecimientos de salud; otros resultantes de la elaboración de productos farmacéuticos y una amplia variedad de desechos industriales.

Se ha elaborado la cuadro 1.1.1, en el cual se puede apreciar los tipos de desechos más importantes que se generan diariamente a nivel mundial; asimismo, puede observarse la fuente y/o el origen de los mismos.

Cuadro 1.1.1 : Categorías de desechos controlados según el Convenio de Basilea.

Tipos de desechos	Categoría	Fuente
• Clínicos.	Y1	Hospitales, clínicas, centros de salud.
• Medicamentos y productos farmacéuticos.	Y2,Y3	Centros de producción y elaboración ; laboratorios y droguerías y otros.
• Biocidas y productos fitofarmacéuticos.	Y4	Actividad agrícola, producción de fertilizantes, pesticidas, hogares.
• Preservantes de la madera.	Y5	Talleres de carpintería, y artículos de madera mueblerías, laboratorios químicos de producción.
• Disolventes orgánicos.	Y6	Centros de producción,

Tipos de desechos	Categoría	Fuente
		preparación, talleres de galvanizado, de pinturas y otros.
<ul style="list-style-type: none"> • Cianuros. 	Y7	Procesos de tratamiento térmico y operaciones de temple, procesos minero-metalúrgicos, industria de galvanoplastia.
<ul style="list-style-type: none"> • Mezclas y emulsiones de aceites y agua o hidrocarburos y agua. 	Y9	Procesos de refinación del petróleo, industria petroquímica y pesquera.
<ul style="list-style-type: none"> • Bifenilos policlorados (PCB's), trifenilos policlorados (PCT's) o bifenilos polibromados (PBB's). 	Y10	Industria de transformadores y fluidos dieléctricos, condensadores y otros equipos electrónicos aisladores de calor.
<ul style="list-style-type: none"> • Alquitranes 	Y11	Refinerías de petróleo, procesos de destilación, tratamiento pirolítico
<ul style="list-style-type: none"> • Tintas, colorantes, pigmentos, lacas o barnices. 	Y12	Ind. de pinturas, textil talleres de mueblería, imprentas, tintorerías.
<ul style="list-style-type: none"> • Resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos. 	Y13	Talleres de carpintería y mueblería, imprenta, pinturas.
<ul style="list-style-type: none"> • No identificado, cuyos efectos en el medio ambiente y en el ser humano no se conozcan. 	Y14	Centros de investigación, experimentación, actividades de la enseñanza científica y técnica.
<ul style="list-style-type: none"> • Explosivos. 	Y15	Industria bélica y material de guerra.
<ul style="list-style-type: none"> • Productos químicos y materiales para fines fotográficos. 	Y16	Industria fotográfica, centros de revelado fotográfico.
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de superficies de metales y plásticos. 	Y17	Industria de galvanizado y talleres de galvanoplastia.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS PELIGROSOS.

Se puede decir, que la humanidad ha tomado mayor conciencia con respecto, a los efectos tóxicos potenciales de los productos químicos en el ser humano y el grado de persistencia en el medio ambiente conlleva a un deterioro acumulativo y, a veces, hasta daños irreversibles en los ecosistemas. Así, los materiales de desecho debido a su cantidad, concentración o

características físicas, químicas o infecciosas, constituyen un riesgo para la salud y el ambiente.

Con el objeto, de señalar características a los desechos que les infieren peligrosidad¹ se presentan las siguientes

- ***Corrosivos***

Sustancias o desechos que, por acción química causan daño grave a los tejidos vivos.

- ***Tóxicos agudos***

Sustancias o desechos (sólidos, líquidos, gases) que pueden causar daños a la salud humana (lesiones graves, cáncer y muerte), si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.

- ***Ecotóxicos***

Sustancias o desechos que, si se liberan, pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o efectos tóxicos en los sistemas bióticos.

- ***Explosivos***

Toda sustancia o desecho (sólido, líquido o mezcla de sustancias o desechos) que, mediante una reacción química es capaz de emitir un gas a cierta temperatura, presión y velocidad de tal manera que pueda ocasionar daño a la zona circundante.

- ***Inflamables***

Desechos líquidos, o mezclas entre líquidos o líquidos con sólidos en solución o en suspensión que emiten vapores inflamables a temperaturas

¹ En esa parte sólo se mencionan las que se consideran más importantes. Se puede encontrar mayor detalle en el Anexo III del Convenio de Basilea.

menores de 60,5 °C o 65,6 °C en pruebas de cubeta abierta y cubeta cerrada, respectivamente.

Desechos sólidos que durante las condiciones del transporte son fácilmente combustibles o pueden causar o contribuir a incendios, debido a la fricción entre ellos.

- ***Infeciosos***

Desechos o sustancias que contienen microorganismos viables cuyos agentes son causantes de enfermedades en los animales y en el ser humano.

- ***Oxidantes***

Desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.

Los cuadros 1.1.2, 1.1.3 y 1.1.4, resumen las características de los desechos peligrosos.

Cuadro 1.1.2 : Propiedades físicas y químicas de los residuos peligrosos.

Físicas	Químicas
<ul style="list-style-type: none"> • Forma : líquida, sólida o gaseosa. • Color. • Olor. • Sabor. • Densidad o peso específico. • Solubilidad. • Coeficiente de partición lípido-agua. • Presión de vapor. • Temperatura de ebullición. • Temperatura de solidificación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disociación e ionización. • Corrosividad. • Reactividad. • Flamabilidad. • Descomposición térmica. • Compatibilidad. • Polimerización. • Oxidación. • Explosividad. • Degradabilidad.

FUENTE : SEDESOL. *Residuos peligrosos en el mundo y en México*. 1993.

Cuadro 1.1.3 : Residuos biológicos infecciosos.

Tipo de Residuo	Descripción
Cultivos y cepas.	Comprenden los cultivos y cepas de agentes infecciosos desechados por laboratorios médicos y patológicos, de investigación o industriales; vacunas vivas atenuadas; y cajas de cultivo o materiales empleados para transferir o inocular cultivos.
Residuos patológicos.	Órganos o tejidos de pacientes.
Sangre humana o productos sanguíneos.	Incluye sangre líquida desechada o subproductos, así como cualquier elemento saturado o embebido de sangre y sus contenedores.
Objetos punzocortantes.	Utilizados en el cuidado o tratamiento médico de pacientes o de animales enfermos en investigación o en laboratorios industriales. Incluye objetos de vidrio que hayan estado en contacto con agentes infecciosos.
Residuos animales.	Cadáveres, órganos o tejidos de animales expuestos a agentes infecciosos o empleados en evaluaciones toxicológicas.
Residuos aislados.	Residuos biológicos y materiales contaminados con sangre, excreciones, exudados o secreciones de seres humanos aislados por padecer enfermedades contagiosas o animales infectados.

FUENTE : Modificado de : National Tank Truck Carriers, Inc, C. *Cargo Tank Hazardous Material Regulations*. C. J. Harvison, J.L. Conley y L. Metcalfe Eds. p.155. EUA, 1992.

Cuadro 1.1.4 : Algunos residuos peligrosos, según sus propiedades.

Corrosivos	Reactivos	Explosivos	Tóxicos	Inflamables	Biológicos
Ácidos fuertes	Nitratos	Peróxidos	Cianuros	Hidrocarburos alifáticos	Sangre humana
Bases fuertes	Metales alcalinos	Cloratos	Arsénico y sales	Hidrocarburos aromáticos	Agentes infecciosos
Fenol	Fósgeno	Percloratos	Plomo	Alcoholes	Residuos de pacientes infecciosos
Bromo	Metil Isocianato	Ácido pícrico	Polifenoles	Éteres	Residuos patológicos
Hidracina	Magnesio	Trinitrotolueno	Fenol	Aldehídos	Material médico quirúrgico
	Cloruro de acetilo	Trinitrobenceno	Anilina	Cetonas	Objetos punzocortantes contaminados
	Hidruros metálicos	Permanganato de potasio	Nitrobenceno	Fósforo	

FUENTE : Gordon A. J. *The Chemist Composition. A handbook of Practical Data. Techniques and References.* John Wiley and Sons. New York, EUA, 1972.

1.3 DEFINICIONES IMPORTANTES.

Para efectos de homogenización y comprensión de conceptos el Convenio de Basilea define los siguientes términos

1.3.1 Desechos

Sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional.

1.3.2 Manejo

Comprende la recolección, el transporte y la eliminación de los desechos peligrosos o de otros desechos, incluida la vigilancia de los lugares de eliminación.

1.3.2 Movimiento transfronterizo

Se refiere a todo movimiento de desechos peligrosos o de otros desechos procedente de una zona sometida a la jurisdicción nacional de un Estado y destinado a una zona sometida a la jurisdicción nacional de otro Estado, o a través de esta zona, o a una zona no sometida a la jurisdicción nacional de ningún Estado, o a través de esta zona, siempre que el movimiento afecte a dos Estados por lo menos.

1.3.3 Eliminación

Está referido a cualquiera de las operaciones A y B, especificadas en el cuadro 1.3.3.1.

1.3.4 Lugar o instalación aprobado.

Un lugar o una instalación de eliminación de desechos peligrosos o de otros desechos que haya recibido una autorización o un permiso de explotación a tal efecto de una autoridad competente del estado en que esté situado el lugar o la instalación.

1.3.5 Autoridad competente.

Autoridad gubernamental designada por una parte para recibir, en la zona geográfica que la Parte considere conveniente, la notificación de un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos, así como cualquier información al respecto, y para responder a esa notificación, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 6.

Cuadro 1.3.3.1 : Operaciones de eliminación.

A. Operaciones que no pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa u otros usos^(a).		B. Operaciones que pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa y otros usos^(b).	
D1	Depósito dentro de la tierra (Ej. rellenos, etc.).	R1	Utilización como combustible (menos la incineración directa) u otros medios de generar energía.
D2	Tratamiento de la tierra (biodegradación de desperdicios líquidos o fangosos en suelos, etc.).	R2	Recuperación o regeneración de disolventes.
D3	Inyección profunda (Ej. inyección de desperdicios bombeables en pozos, domos de sal, fallas geológicas naturales, etc.).	R3	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes.
D4	Embalse superficial (Ej. vertido de desperdicios líquidos o fangosos en pozos, estanques, lagunas, etc.).	R4	Reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos.
D5	Rellenos especialmente diseñados (Ej. vertido en compartimientos, estanques separados, recubiertos y aislados unos de otros del ambiente).	R5	Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.
D6	Vertido en una extensión de agua, con excepción de mares y océanos.	R6	Regeneración de ácidos o bases.
D7	Vertido en mares y océanos, Inclusive la inserción en el lecho marino.	R7	Regeneración de componentes utilizados para reducir la contaminación.
D8	Tratamiento biológico, que dé lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones indicadas en la Sección A.	R8	Regeneración de componentes provenientes de catalizadores.
D9	Tratamiento fisicoquímico, que dé lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones indicadas en la	R9	Regeneración u otra reutilización de aceites usados.

A. Operaciones que no pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa u otros usos ^(a) .		B. Operaciones que pueden conducir a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa y otros usos ^(b) .	
	sección A (Ej. evaporación, secado, calcinación, neutralización, precipitación, etc.)		
D10	Incineración en la tierra.	R10	Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura o el mejoramiento ecológico.
D11	Incineración en el mar.	R11	Utilización de materiales residuales resultantes de cualquiera de las operaciones numeradas R1 a R10.
D12	Depósito permanente (Ej. colocación de contenedores en mina).	R12	Intercambio de desechos para someterlos a cualquiera de las operaciones numeradas R1 a R11.
D13	Combinación o mezcla previa a cualquiera de las operaciones indicadas en la Sección A.	R13	Acumulación de materiales destinados a cualquiera de las operaciones indicadas en la Sección B.
D14	Reempaque previo a cualquiera de las operaciones de la Sección A.	***	***
D15	Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones indicadas en la Sección A.	***	***

(a) Abarcan operaciones de eliminación que se realizan en la práctica.

(b) Comprenden 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.

1.3.6 Punto de contacto.

Es el organismo de una Parte, encargado de recibir y proporcionar información acerca de algún accidente ocurrido durante los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos o de otros desechos o su eliminación que pueda presentar riesgos para la salud humana y el medio ambiente en otros Estados así como también

información, resultados de las reuniones ordinarias de la Conferencia de las Partes.

1.3.7 Manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos o de otros desechos.

Adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que puedan derivarse de tales desechos.

1.3.8 Zona sometida a la jurisdicción nacional de un Estado.

Toda zona terrestre, marítima o del espacio aéreo en que un Estado ejerce, conforme al derecho internacional, competencias administrativas y normativas en relación con la protección de la salud humana o del medio ambiente.

1.3.9 Estado de exportación.

Toda Parte desde la cual se proyecte iniciar o se inicie un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos.

1.3.10 Estado de importación.

Toda parte hacia la cual se proyecte efectuar o se efectúe un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos con el propósito de eliminarlos en él o de proceder a su carga para su eliminación en una zona no sometida a la jurisdicción nacional de ningún Estado.

1.3.11 Estado de tránsito.

Todo Estado, distinto del Estado de exportación o del Estado de importación, a través del cual se proyecta efectuar o se efectúe un movimiento de desechos peligrosos o de otros desechos.

1.3.12 Estados interesados.

Se entienden las Partes que sean Estados de exportación o Estados de importación y los Estados de tránsito, sean o no Partes.

1.3.13 Persona.

Toda persona natural o jurídica.

1.3.14 Exportador.

Toda persona que organice la exportación de desechos peligrosos o de otros desechos y esté sometido a la jurisdicción del Estado de exportación.

1.3.15 Importador.

Toda persona que organice la importación de desechos peligrosos o de otros desechos y esté sometido a la jurisdicción del Estado de importación.

1.3.16 Transportista.

Toda persona que organice el transporte de desechos peligrosos o de otros desechos.

1.3.17 Generador.

Toda persona cuya actividad produzca desechos peligrosos u otros desechos que sean objeto de un movimiento transfronterizo, si esa persona es desconocida, la persona que esté en posesión de los desechos y/o los controle.

1.3.18 Eliminador.

Toda persona a la que se expidan desechos peligrosos u otros desechos y que ejecute la eliminación de tales desechos.

1.3.19 Organización de integración política y/o económica.

Toda organización constituida por Estados soberanos a la que sus Estados miembros la hayan transferido competencia en las esferas regidas por el Convenio de Basilea y que haya sido debidamente autorizada, de conformidad con sus procedimientos internos, para firmar, ratificar, aceptar, aprobar o confirmar formalmente el Convenio, o para adherirse a él.

1.3.20 Tráfico ilícito.

Cualquier movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos efectuado sin notificación a todos los Estados interesados, sin consentimiento de un Estado interesado, con falsificación o fraude del consentimiento obtenido de los Estados interesados, o vertido desechos peligrosos contraviniendo el Convenio de Basilea y los principios generales del derecho internacional.

1.4 PROCESOS ELECTROQUÍMICOS Y CELDAS ELECTROLÍTICAS.

Un proceso electroquímico es aquel en el cual se llevan a cabo reacciones de oxido reducción (**redox**) para producir un intercambio de la energía química y eléctrica. Se tienen dos tipos de procesos :

1. La generación de corriente eléctrica a partir de una reacción química (oxido-reducción).
2. El uso de la corriente eléctrica para producir algún cambio químico.

El primer proceso se realiza en un dispositivo llamada celda galvánica, la cual funciona mediante una reacción de oxido-reducción en donde la sustancia oxidante esta separada de la reductora de manera que los

electrones deben atravesar un alambre de la sustancia reductora hacia la oxidante.

En una celda galvánica el agente reductor pierde electrones, los cuales fluyen a través del alambre hacia el agente oxidante; y por lo tanto se oxida. El electrodo en donde se verifica la oxidación se llama **ánodo**. El otro electrodo en donde se verifica la reducción se llama **cátodo**. (Ver figura 1.4.1).

Una celda electrolítica es aquella en la cual se aplica determinada intensidad de corriente eléctrica para provocar reacciones de oxido-reducción, produciendo cierto cambio químico.

1.5 ELECTRÓLISIS CUANTITATIVA.

El tratamiento cuantitativo de la electrólisis fue desarrollado inicialmente por Michael Faraday (1791-1867), quién observó que la masa del producto formado (o de reactivo consumido) en el electrodo era proporcional a la cantidad de electricidad transferida al electrodo y a la masa molar de la sustancia en cuestión.

En un experimento de electrólisis generalmente se mide la corriente (en amperes, A) que pasa a través de una celda electrolítica en un intervalo de tiempo dado. La relación entre la carga (en coulombs, C) y la corriente es

$$1C = 1A \times 1s$$

Esto es, un coulomb es la cantidad de carga eléctrica que pasa en cualquier punto del circuito en un segundo cuando la corriente es de un ampere.

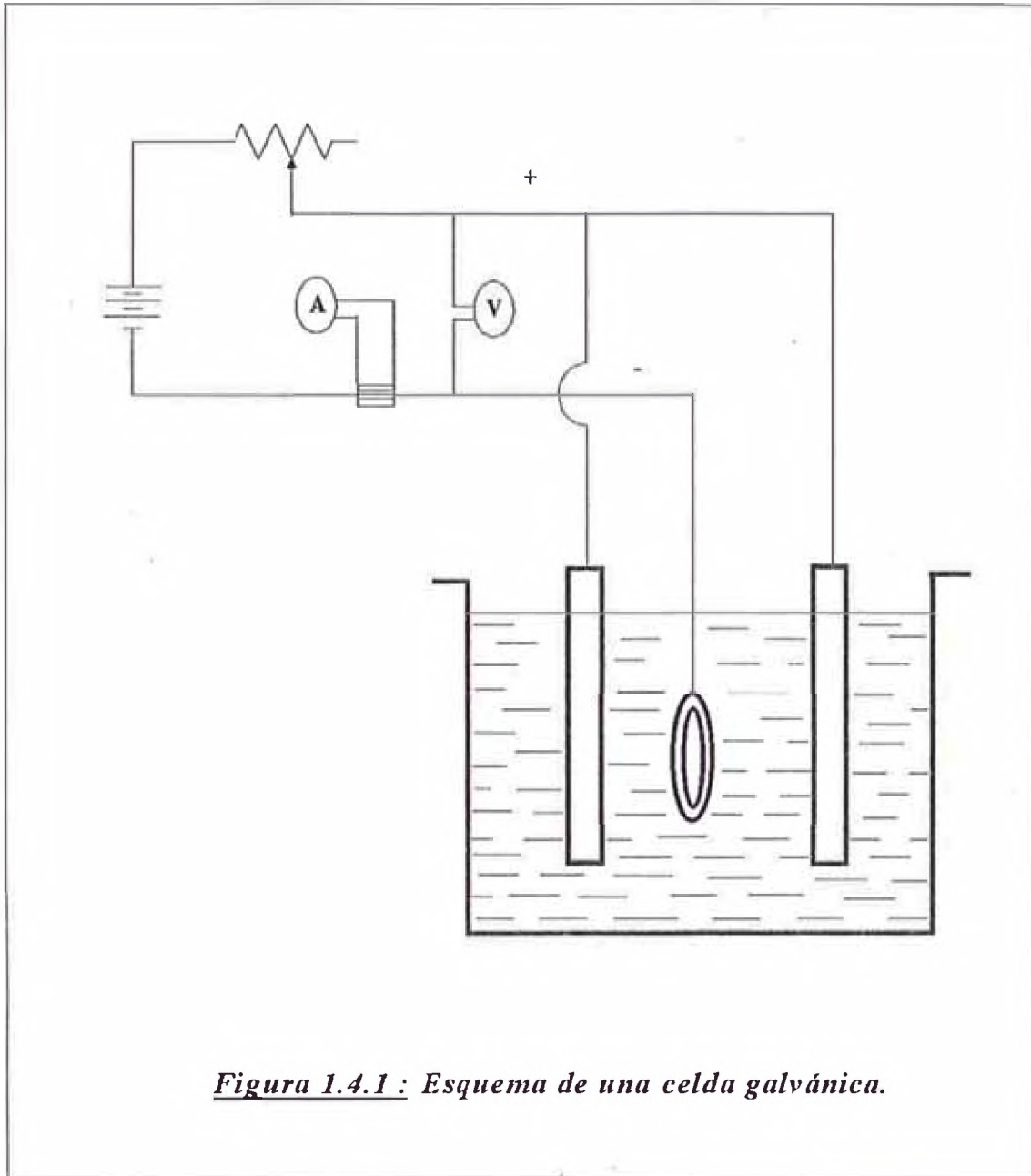


Figura 1.4.1 : Esquema de una celda galvánica.

La electrólisis cuantitativa también, permite determinar la carga de un ión. La carga se calcula electrolizando una disolución que contenga al ión y relacionando la cantidad del elemento producido (ya sea oxidado o reducido) con el número de coulombs que pasa a través de la celda.

El resultado de las investigaciones de Faraday dieron lugar a los siguientes principios

1. El peso (W) de un metal depositado es proporcional a la cantidad de electricidad consumida en un tiempo determinado,

$$W = I \times t$$

2. La intensidad (I) se expresa en amperes y el tiempo (t) se expresa en segundo.

Para la misma cantidad de corriente, el peso del material depositado es proporcional a sus equivalentes químicos.

Mediante la aplicación de estos principios se han fabricado diversos equipos para propiciar y controlar las diferentes variables (cantidad de corriente, voltaje, tiempo de deposición, entre otras) y, también se han diseñado diversas fórmulas para la preparación de los baños que se necesitan en un proceso electrolítico.

1.6 REACCIONES QUÍMICAS EN PROCESOS ELECTROLITICOS.

Durante el proceso electrolítico, se producen una serie de reacciones químicas de óxido-reducción, que a continuación se tratarán de explicar.

Cuando se realiza un recubrimiento de cobre, por ejemplo, sobre una superficie metálica sumergida en una disolución de sulfato de cobre, se produce las siguientes reacciones.

En primer lugar, el sulfato de cobre en contacto con el agua, se disocia de acuerdo a la siguiente reacción:



De la misma forma el agua también se disocia dando origen a la siguiente reacción:



Los iones presentes de manera independiente unos de otros en la disolución se encuentra eléctricamente en equilibrio (el número de cargas positivas y negativas son iguales).

Si a esta disolución se aplica un potencial de corriente eléctrica continua entre dos electrodos sumergidos, uno de ellos con corriente positiva y el otro con corriente negativa (ver figura 1.4.1); entonces se producirán cambios en su interior, de modo que los iones efectuarán un desplazamiento dentro de la disolución para encontrarse con los electrodos de carga opuesta, observándose que los iones cargados positivamente viajarán al cátodo o al electrodo negativo donde se descargan y depositan como metal o forman hidrógeno gaseoso al ganar electrones cedidos por el cátodo; mientras tanto los iones cargados negativamente viajarán al ánodo o electrodo positivo donde completan otras reacciones y ceden sus electrones para formar oxígeno. En la figura 1.6.1, se expresan gráficamente estas reacciones.

Los iones de cobre (Cu^{2+}) se descargan en el cátodo mediante una reacción química de reducción en la cual estos iones ganan dos electrones. Esta reacción se puede representar mediante la siguiente ecuación:

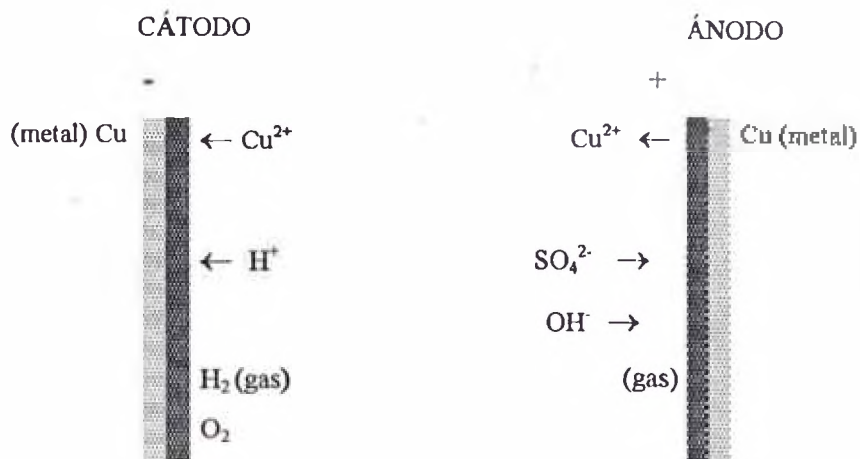


Figura 1.6.1 : Reacciones químicas en los electrodos.



Este cobre descargado sobre el cátodo forma una capa metálica cuya estructura se adhiere fuertemente a la pieza.

Los iones de hidrógeno que son atraídos sobre el cátodo ganan electrones proporcionados por la corriente eléctrica, descargándose en forma de gas que finalmente asciende hasta la superficie de la solución. Esta reacción se puede representar mediante las siguientes ecuaciones:



En el ánodo, las reacciones se producen de acuerdo al material de que está constituido, ya sea soluble como es el cobre del ejemplo o si es insoluble como cuando se emplea ánodos de acero inoxidable, plomo, entre otros. Cuando el ánodo es insoluble, los iones metálicos que se depositan sobre el cátodo provienen íntegramente de la solución electrolítica, en la cual previamente se han disuelto las sales que contienen el metal que se desea depositar.

Al mismo tiempo que se producen las reacciones químicas en el cátodo, los iones (OH⁻), así como los iones (SO₄)²⁻, se desplazan al ánodo.

Si la corriente eléctrica aplicada es de bajo potencial, se produce solamente la disolución del ánodo, mediante la reacción siguiente:



Pero si el potencial de celda se incrementa, se producen otras reacciones y en consecuencia se descarga el ión hidroxilo, dando lugar a la formación de oxígeno, de acuerdo a la siguiente reacción:



Los iones (SO₄)²⁻ que también son atraídos por el ánodo, no alcanzan a ser descargados en las condiciones normales de trabajo, debido al bajo potencial de corriente eléctrica que se aplica; aunque siempre existe la posibilidad de provocarlo si se trabaja con potencial de corriente más alto.

Si la cantidad de cobre que se deposita en el cátodo es igual a la que se disuelve en el ánodo, el contenido de cobre en la solución permanecerá constante; aunque, como es fácil de comprender en la zona adyacente al ánodo habrá gran concentración de iones de cobre, en tanto que en la vecindad del cátodo habrá deficiencia de iones metálicos, en la medida que éstos se depositan como cobre metálico en dicho cátodo.

Cuando se emplean ánodos insolubles, se producen reacciones similares al caso anterior, excepto las concernientes a la disolución del ánodo que obviamente no se produce.

1.7 LA INDUSTRIA DE PROCESOS ELECTROLITICOS.

El proceso electrolítico es realizado en una celda electrolítica. Las celdas electrolíticas están conformadas por tinas que contienen la solución electrolita (baño químico), y los electrodos (ánodos y cátodos); que al aplicárseles cierta intensidad de corriente eléctrica provoca una serie de reacciones químicas, las cuales dan lugar a la formación de un recubrimiento metálico sobre el cátodo o contrariamente dan lugar a la oxidación del ánodo. Entre los procesos electrolíticos se puede mencionar: zincado, cobreado, niquelado, cromado, plateado, dorado, y otros.

De otro lado, las piezas a tratar electrolíticamente, necesitan un acondicionamiento previo; es decir para quitarles la rebaba o escoria remanente de la fabricación ya sea para quitarle la grasa que arrastran o para alisarlo y pulirlo hasta que queden listas para el tratamiento final, vía proceso electrolítico .

Por lo tanto, en la preparación preliminar de las piezas se pueden identificar las siguientes operaciones principales: Desbastado, pulido, decapado y desengrase.

1.7.1 DESBASTADO

También se le conoce como esmerilado. Su objetivo es alisar y uniformizar la superficie de las piezas para eliminar las rebabas, escorias, poros u otras imperfecciones provenientes del proceso de fabricación. Se utilizan abrasivos para el desbastado de las piezas. Estos son materiales muy duros en forma de polvo clasificados en diferentes grados de granulometría y van desde la malla 40 hasta la malla 360.

1.7.2 PULIDO

Se le conoce también como lustrado o bruñido de las piezas. Consiste en un alisado fino de la superficie hasta lograra el acabado de tersura deseado (hasta el grado de lustre). El pulido se realiza con discos de tela que contienen una costra periférica con polvo abrasivo.

1.7.3 DECAPADO

Es un tratamiento que ha de aplicarse a las piezas que se encuentran oxidadas o con escorias antes de ser sometidas a los procesos electrolíticos e incluso antes de someterlas al pulido.

El decapado puede realizarse de tres formas :

- Decapado mecánico o arenado.
- Decapado químico.
- Decapado electroquímico.

El decapado mecánico o arenado, consiste en la eliminación de los óxidos mediante la aplicación de partículas abrasivas a gran velocidad sobre la superficie metálica. Se emplea para producir una superficie rugosa cuando se desea un acabado mate de los electrorecubrimientos. El abrasivo mayormente empleado es la arena. Sin embargo se encuentran otros abrasivos artificiales como las billas de vidrio, granallas de acero, entre otros.

El decapado químico, consiste en la eliminación de los óxidos por medio del ataque de productos químicos corrosivos. Este proceso se basa en la solubilidad que presentan los metales y aleaciones

metálicas sometidas a la acción de ácidos o mezclas de ácidos, diluidos o concentrados; como por ejemplo ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido clorhídrico, ácido crómico y mezclas sulfonítricas y fluonítricas.

En el caso del decapado electroquímico se aplica corriente eléctrica para acelerar el proceso de la acción corrosiva de la solución decapadora. La pieza puede actuar como ánodo o como cátodo, pero se recomienda el procedimiento anódico para reducir la tendencia a la fragilidad².

Se utiliza mayormente para aleaciones ferrosas, en cuyo caso puede ser una solución de ácido sulfúrico a 30-60% y a temperatura ambiente, aplicando una densidad de corriente de 5-10 A/dm².³

1.7.4 DESENGRASE

En esta fase se elimina toda la grasa remanente que pudiera existir sobre la superficie de las piezas en tratamiento. El desengrase de las piezas se efectúa de diversas maneras, así se tiene las principales:

- Desengrase físico-químico.
- Desengrase electrolítico.

El desengrase físico-químico, puede realizarse a su vez con solventes y soluciones alcalinas.

² Tratamiento electrolítico de superficies. Paredes Carrasco, Freddy. 1996. Pág. 57.

³ Idem.

El desengrase con solventes usa gasolina, tolueno, benceno entre otros; los cuales son muy eficaces para disolver las grasas. También se encuentran los hidrocarburos clorados que pueden trabajar en frío o al estado de vapor, y muchas veces se usan de manera combinada.

En el otro caso, se emplea disoluciones alcalinas, que tienen la propiedad de saponificar las grasas, para formar con ellas jabones solubles en agua; separándolas de esta manera de las piezas en tratamiento. Los aceites minerales no son saponificados por los álcalis; pero provocan en ellos una emulsión en la solución acuosa.

Como ilustración, la tabla 1.7.4.1, presenta las características de algunos solventes clorados más utilizados.

Tabla 1.7.4.1 : Características del solventes clorados típicos.

DISOLVENTE	COMPOSICIÓN	PESO ESPECÍFICO	PUNTO DE EBULLICIÓN
Dicloruro de metilo	CH_2Cl_2	1,35	42,0
Cloroformo	CHCl_3	1,50	61,2
Tetracloruro de carbono	CCl_4	1,62	76,8
Dicloroetano	$\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$	1,25	83,7
Tetracloroetano	$\text{CHCl}_2-\text{CHCl}_2$	1,60	145,0
Pentacloroetano	$\text{CHCl}_2-\text{CCl}_3$	1,69	154,0
Tricloroetileno	$\text{CHCl}=\text{CCl}_2$	1,47	86,7
Percloroetileno	$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	1,62	120,0

FUENTE : Paredes Carrasco, Freddy (1996).

Entre los álcalis que se emplean para la preparación de baños desengrasantes está la soda cáustica (NaOH) por su gran propiedad saponificadora y elevado pH que permite preparar soluciones fuertemente alcalinas. Se encuentran también la potasa cáustica (KOH), la cual presenta elevada conductividad eléctrica, pero el más barato es el carbonato de sodio.

En la tabla 1.7.4.2, se indican algunas de las formulaciones que se pueden utilizar para el desengrase por inmersión en baños preparados con productos alcalinos.

Tabla 1.7.4.2 : Formulaciones clásicas de desengrase alcalino.

METAL A TRATAR	COMPOSICIÓN DEL BAÑO ^{1/}					
	Soda cáustica	Carbonato de sodio	Fosfato trisódico	Silicato sódico	Agente tensoactivo	Temperatura ^{2/}
Aleaciones ferrosas .	30-40	20-30	5-8		1,2-1,8	80-95
Aleac. ferrosas y Aleac. de cobre.	10-15	20-30	10-15	10-15	0,5-1,0	70-90
Aleac. de cobre y Aleac. de zinc.			20-28	20-28	0,5-1,0	70-90
Aluminio y sus aleaciones.			10-15	20-28	0,5-1,0	60-90

FUENTE : Paredes Carrasco, Freddy (1996).

^{1/} en gramos por litro (g/l).

^{2/} en grados centígrados (°C).

De otro lado, el desengrase electrolítico; es aquel en el cual, además de la acción de productos químicos que constituyen el baño de desengrase,

interviene la acción de la corriente eléctrica que se aplica durante el proceso para ayudar a obtener mejor y más rápido desengrase.

El desengrase electrolítico, consiste en suspender las piezas en una solución alcalina y hacerlos actuar como electrodos con la aplicación de corriente continua. Generalmente los objetos a tratar actúan como cátodos bajo la aplicación de corriente entre 6-12 voltios y a 3-10 amperios/dm², aunque algunas veces también, es conveniente hacer trabajar a las piezas como ánodos.

Durante la electrólisis se forma álcali libre en el cátodo que favorece en parte al proceso mediante su acción desengrasante.

Por otra parte, el proceso electrolítico propicia la formación abundante de gases en los electrodos, que ayudan al arrastre mecánico de la grasa adherida a la superficie de las piezas.

Existen numerosas fórmulas clásicas, que se han utilizado por muchos años. En la tabla 1.7.4.3, se presentan algunas de las fórmulas clásicas para la preparación de baños de desengrase electrolítico.

Por otra parte, la tabla 1.7.4.4 muestra las características de los baños de desengrase electrolítico. Nótese que los baños de desengrase alcalino para el aluminio y sus aleaciones siempre trabajan en caliente.

Tabla 1.7.4.3 : Fórmulas clásicas para baños de desengrase electrolítico.

APLICACIÓN DEL DESENGRASE	COMPOSICIÓN QUÍMICA ^{1/}						
	NaCN	CuCN	NaOH	Na ₂ CO ₃	Na ₂ PO ₄ ·12 H ₂ O	Agente humectante	E.D.T.A. ^{2/}
Aleac. Ferrosas.	40		50	22		1	1
Aleac. Cobre.	42		42		50	1	1
Aleac. Zinc.	40		22	55		eventual	1-2
Para todo metal.	10-30	5-18	50-90			eventual	-
Aleac. Aluminio.				60	24	eventual	1-2
				15	25	eventual	1
				45	25	12	4-10

FUENTE : Paredes Carrasco, Freddy (1996)

1/ en gramos por litro (g/l)

2/ Etilen Diamino Tetra Acético (E.D.T.A).

Tabla 1.7.4.4 : Características eléctricas y de temperatura de los baños de desengrase electrolítico.

APLICACIÓN DEL DESENGRASE	VOLTAJE (Voltios)	DENSIDAD DE CORRIENTE (A/dm ²)	TEMPERATURA (°C)
Aleac. Ferrosas.	7	12	ambiente
Aleac. Cobre.	7-9	12	ambiente
Aleac. Zinc	6-9	12	ambiente
Cobreador (Para todo metal)	6-10	12	ambiente
Aleac. Aluminio.	6-10	5-12	50-90

FUENTE : Paredes Carrasco, Freddy (1996).

1.8 PRINCIPALES PROCESOS ELECTROLITICOS

1.8.1 ANODIZACIÓN.

Se conoce también como proceso de oxidación del aluminio. El proceso de anodizado consiste principalmente en la formación de abundante oxígeno sobre la superficie del aluminio y aleaciones cuando se aplica electrolíticamente corriente eléctrica. O sea, las piezas de aluminio actúan como ánodos bajo la acción de la corriente eléctrica; las cuales se encuentran inmersas en una solución de ácido sulfúrico o crómico, o mezclas de ácido sulfúrico y oxálico. El oxígeno que se forma en la superficie anódica reacciona con el aluminio dando lugar a la formación de una capa cristalina de óxido de aluminio

Su principal aplicación es proporcionar la suficiente dureza a las piezas de aluminio o sus aleaciones; las cuales pueden ser utilizadas en ciertos trabajos especiales de la industria aeronáutica y aeroespacial, donde se requiere materiales livianos pero con grandes cualidades de fuerza y resistencia.

1.8.2 ELECTROPULIDO.

El proceso de electropulido consiste en provocar la disolución controlada de las asperezas de las piezas, por acción de la corriente eléctrica, para obtener superficies lisas y brillantes. El brillo del material se debe a la formación de un óxido pasivo y uniforme sobre la superficie de las piezas procesadas.

El material que se somete al electropulido, actúa como ánodo sumergido en un electrolito constituido, generalmente, por una mezcla de ácidos concentrados, la misma que se selecciona según el tipo de material que debe ser procesado.

Al paso de la corriente eléctrica se forma una película viscosa de alta resistividad eléctrica que tiende a acumularse en los desniveles del material en proceso. La disolución del material se producirá con mayor rapidez en las zonas donde dicha película es más delgada o no exista; es decir en las protuberancias del metal.

De esta manera se disuelven primero todas las puntas y bordes de la pieza que se está procesando, luego continúa hacia toda la extensión de la pieza hasta el momento que se considera electropulida a satisfacción y luego se paraliza el proceso.

Mediante este procedimiento se efectúa el pulido electrolítico de muchos objetos en la industria, tales como en los aceros inoxidables. También se procesan piezas de aluminio y sus aleaciones; de cobre y sus aleaciones, entre otros. Se usa mucho en la fabricación de vajilla y utensilios de cocina.

/

**CAPITULO II:
MARCO JURIDICO
Y AMBIENTAL**

2.1 MARCO JURÍDICO

La base del sistema jurídico peruano se encuentra en la Constitución Política consultada en referéndum el 31 de octubre de 1993; la cual entró en vigencia el 28 de julio de 1995. Es la norma legal de mayor jerarquía. Le siguen los Tratados Internacionales, las Leyes promulgadas por el Congreso de la República, los Decretos Legislativos, los Reglamentos y las demás Normas Legales. (Ver figura 2.1.1)

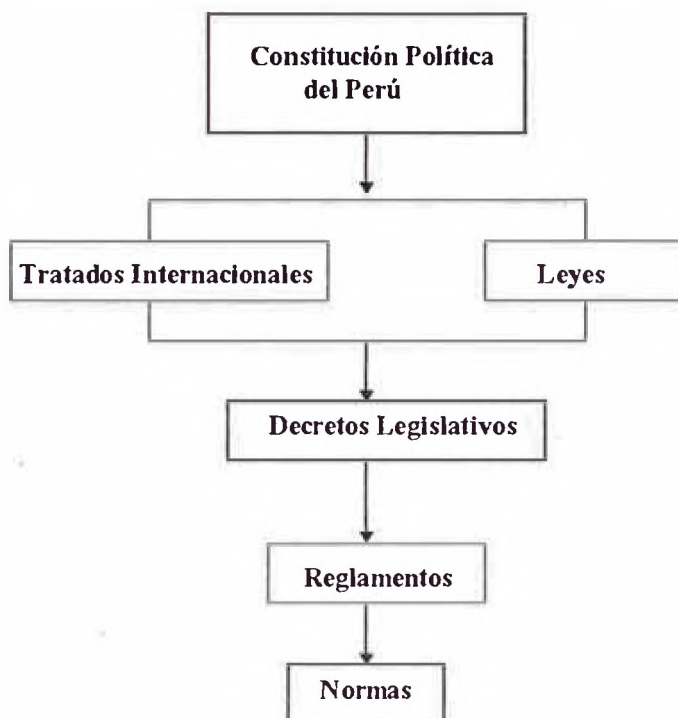


Figura 2.2.1: Sistema legal peruano.

2.2 LEGISLACIÓN AMBIENTAL

2.2.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL PERÚ.

La actual Constitución de 1993, ha limitado el concepto jurídico de *ambiente*. Así el art. 2.22; señala de manera bastante general :

“Toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida”.

Esta definición no considera el derecho a gozar de un ambiente saludable y el *derecho y el deber de todos* de conservar el ambiente sano; como así lo indicaba el art. 123º de la Constitución de 1979.

En el art. 7º de nuestra actual Constitución, se señala otro derecho importante de la persona

“Todos tienen el derecho a la protección de su salud, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa”.

Es decir que todos estamos obligados de defender nuestra salud. Si bien es cierto, se pone en relieve, la célebre frase de que “la salud no lo es todo, pero sin salud todo lo demás no es nada”¹.

2.2.2 CONVENIO DE BASILEA².

La necesidad de disminuir la generación de desechos peligrosos, de detener su vertimiento indiscriminado, sus traslados transfronterizos, y de controlar el tráfico mundial, reduciendo así, los serios riesgos ambientales que se derivan de un almacenamiento, traslado y destino final inadecuado; determinó la redacción de un convenio mundial que buscaba el cumplimiento de tales objetivos.

Desde 1987, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha venido realizando distintas acciones tendientes a la búsqueda de consensos sobre la materia. El 22 de marzo de 1989, luego de tres años de largas negociaciones, 35 Estados, y las Comunidades Europeas procedieron a firmar en Basilea, Suiza, un convenio mundial

¹ Halfdan Mahler, ex-Director General de la OMS.

² Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Entiéndase de ahora en adelante como Convenio de Basilea, o simplemente “Convenio” o “Basilea”.

sobre desechos peligrosos, el cual entró en rigor el 5 de junio de 1992; días después de celebrarse la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro, Brasil, más conocida como “Cumbre para la Tierra”.

Diversos países latinoamericanos ya lo han suscrito. Tales son los casos de Bolivia, Colombia, Ecuador, Guatemala, México, Panamá, Perú, Uruguay, Venezuela, entre otros.

El Congreso de la República ha ratificado con fecha del 19 de octubre de 1993, el Convenio de Basilea mediante Resolución Legislativa N° 26234, entrando en vigor en nuestro país el 21 de febrero de 1994.

Este Convenio tiene como principales objetivos

- Reducir los movimientos transfronterizos de desechos sometidos al Convenio de Basilea a un mínimo compatible con la gestión eficiente y ambientalmente idónea de esos desechos.
- Reducir al mínimo la cantidad y toxicidad de los desechos peligrosos generados y garantizar su manejo ambientalmente idóneo (incluidas las operaciones de eliminación y recuperación) tan cerca como sea posible de la fuente de generación.
- Asistir a los países en desarrollo en el manejo ambientalmente idóneo de los desechos peligrosos y de otro tipo que generen.

La estructura del Convenio de Basilea consta de 29 artículos y 6 anexos.

Los principios básicos en que se sustenta este tratado internacional son los siguientes

- Todos los países tienen el derecho soberano de prohibir la importación de desechos peligrosos.
- Reducir en el corto plazo la generación de residuos peligrosos.
- Disminuir el movimiento transfronterizo, autorizándolo sólo en circunstancias muy concretas y en las condiciones ambientales estipuladas en el Convenio. Se persigue el objetivo de que los desechos se eliminen en el país de origen.
- Brindar asistencia técnica a los países en desarrollo que hayan firmado el Convenio, para que puedan llevar a cabo un manejo eficaz de los desechos peligrosos.

El documento también contiene una serie de materias de fundamental importancia relacionado con

- Prohibición de embarques de desechos peligrosos a países que no hayan suscrito el acuerdo.
- Es deber de los Estados exportadores recibir de vuelta los desechos cuando el importador no cuenta con las condiciones para eliminarlos en forma segura.
- Aprobación internacional del embalaje, etiquetado y transporte de los embarques de desechos.
- Existencia de una secretaria en Ginebra que se preocupará de ayudar a asegurar el cumplimiento del Convenio.

Sin embargo, algunas organizaciones ecologistas han planteado una postura crítica frente al Convenio de Basilea por significar éste una forma de regular el comercio internacional de desechos peligrosos y no de prohibirlo. También piensan

que los esfuerzos para librar al mundo de este tráfico pernicioso están amenazados por los que defienden el “libre comercio” y por los industriales que quieren poner el nombre “comercio del reciclaje” al tráfico de desechos. La pregunta básica permanece, si los productores de desechos van a resolver su crisis o simplemente van a descargarlos en los países subdesarrollados.

Sin duda, el Convenio de Basilea es un avance en la restricción del comercio de residuos peligrosos. Para que logre los mejores resultados es necesario que los principales países productores de estos desechos los suscriban.

El Convenio de Basilea es también un importante apoyo para las iniciativas que en América Latina apuntan hacia la reducción de los riesgos asociados al tráfico de desechos peligrosos.

En este sentido, es necesario que los países de la región³ manifiesten su postura frente a un instrumento que fue redactado y suscrito por los países productores de desechos peligrosos.

Es posible, que nuestros países aprovechen el acuerdo en su propio beneficio, exigiendo el control de su cumplimiento en la región, clarificando previamente sus posiciones frente al Convenio y hecho las precisiones necesarias para adaptarlo a sus necesidades. Tales iniciativas se verían aún más fortalecidas si los países latinoamericanos,

³ América Latina y el Caribe.

en conjunto, elaboren un tratado de no ingreso de desechos peligrosos al continente.

2.2.3 CÓDIGO DEL MEDIO AMBIENTE Y LOS RECURSOS NATURALES (CMARN).

La publicación del CMARN el 8 de setiembre de 1990, aprobado por Decreto Legislativo N° 613, ha dado lugar a la creación del “derecho ambiental peruano”, el cual ha introducido en la legislación nacional, principios, conceptos e instituciones jurídicas.

En su Título Preliminar (I), señala que : “Toda persona tiene el derecho irrenunciable a gozar de un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, y así mismo, a la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente...”

Indica también que es el Estado quien tiene la obligación de mantener la calidad de vida de las personas a un nivel compatible con la dignidad humana. En general, *todos* tenemos la obligación de contribuir a prevenir la contaminación ambiental, dado que el medio ambiente constituye el patrimonio común de la Nación.

En lo referente a los movimientos transfronterizos de desechos; es importante señalar el ítem V del Título Preliminar, el cual fue derogado por el D.L.N° 757 que indicaba: “*Son actividades ilegales, violatorias de los derechos a la salud y a un medio ambiente saludable, los movimientos transfronterizos de residuos o desechos*”.

En el Capítulo IV. De las Medidas de Seguridad, existen otros artículos referentes a desechos y desechos peligrosos; los cuales detallan la:

- Prohibición de descargar sustancias contaminantes.

“Es prohibida la descarga de sustancias contaminantes que provoquen degradación de los ecosistemas o alteren la calidad del ambiente, sin adoptarse las precauciones para la depuración.

La autoridad competente⁴ se encargará de aplicar las medidas de control y muestreo para velar por el cumplimiento de esta disposición.” (Art. 14°)

- Prohibición de verter o emitir residuos que alteren los cuerpos acuáticos.

“Queda prohibido verter o emitir residuos sólidos, líquidos o gaseosos u otras formas de materia o de energía que alteren las aguas en proporción capaz de hacer peligrosa su utilización. La autoridad competente efectuará muestreos periódicos de las aguas para velar por el cumplimiento de esta norma.” (Art. 15°)

- Prohibición de internar residuos o desechos.

“Está prohibido internar al territorio nacional residuos o desechos, cualquiera sea su origen o estado material.”⁵ (Art. 16°)

- Prohibición de importar productos químicos sin autorización.

⁴ Véase artículo 50° y Novena Disposición Complementaria del D.L. N° 757, “Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada”.

⁵ De vigencia suspendida por el D.S. N° 036-90-ICTI/ND (05-01-91) hasta el 30-06-91. El D.S. N° 031-91-ICTI (06-11-91) prorrogó la vigencia suspendida por el D.S. anterior hasta que se elabore el Reglamento del art 16° del D.L. N° 613.

“Está igualmente prohibida la importación de productos químicos que carezcan de autorización por la autoridad competente”⁶. (Art. 17º)

2.2.4 LEY MARCO PARA EL CRECIMIENTO DE LA INVERSIÓN PRIVADA.

(Aprobado por Decreto Legislativo N° 757. Entra en vigencia el 13 de noviembre de 1991). Esta Ley contempla aspectos concernientes a promover la armonía entre el desarrollo socioeconómico y la protección ambiental, garantizando la seguridad jurídica por parte del Estado en la conservación del medio ambiente.

“El Estado estimula el equilibrio racional entre el desarrollo socioeconómico, la conservación del medio ambiente y el uso sostenido de los recursos naturales, garantizando la debida seguridad jurídica a los inversionistas mediante el establecimiento de normas claras de protección del medio ambiente.

En consecuencia, el Estado promueve la participación de las empresas o instituciones privadas en las actividades destinadas a la protección del medio ambiente y la reducción de la contaminación ambiental”. (Art. 49º)

Por otro lado, señala la competencia de aquellas autoridades encargadas del cumplimiento de los dispositivos del CMARN: *“Las autoridades sectoriales competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de los disposiciones del Código del Medio Ambiente y los*

⁶ Artículo derogado por la Primera Disposición Final del D.L. N° 757 (13-11-91), “Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.”

Recursos Naturales son los Ministerios de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a los Gobiernos Regionales y Locales conforme a los dispuestos en la Constitución Política.

En caso de que la empresa desarrollara dos o más actividades de competencia de distintos sectores, será la autoridad sectorial competente la que corresponda a la actividad de la empresa por la que se generen mayores brutos anuales". (Art. 50°)

También norma desde un enfoque ambiental y productivo los desechos peligrosos. En consecuencia, el art. 55° señala :*"Está prohibido internar al territorio nacional residuos o desechos, cualquiera que sea su origen o estado material, que por su naturaleza, usos o fines, resultaren peligrosos o radiactivos. Por Decreto Supremo que cuente con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros se establecerá la relación de dichos bienes.*

El internamiento de cualquier otro tipo de residuos o desechos sólo podrá estar destinado a su reciclaje, reutilización o transformación".

2.2.5 CÓDIGO SANITARIO.

(Aprobado por Decreto Ley N° 17505). Este Código data del año 1969 y contempla la potestad y competencias de la Autoridad de Salud, así como de medidas ha adoptarse en relación a la protección de la salud, salud mental, saneamiento ambiental y de principios básicos que debe perseguir las normas de salud humana y pública; poniendo en énfasis que la

Salud es el principal componente del bienestar humano; la cual es indispensable en el desarrollo y el progreso de los pueblos.

De esta forma, el campo del Saneamiento Ambiental comprende el control sanitario del aire, los ruidos, las aguas, las tierras y los desperdicios. Además del

- Aprovechamiento de las aguas negras y basuras.

“Las aguas negras y las basuras constituyen recursos susceptibles de aprovechamiento, mediante adecuados procedimientos técnicos sanitarios.” (Art. 143º)

- Conservación y preservación de los recursos acuáticos.

“Los recursos de agua deben ser conservados y preservados, no debiendo ser alteradas sus condiciones naturales por causas externas que modifiquen sus propiedades con peligro para la salud pública.” (Art. 145º)

- Obligación de acatar las Normas de Salud Pública.

“Las industrias, las instituciones, las entidades nacionales o extranjeras y todas las personas deben acatar bajo responsabilidad las Normas de Salud Pública para preservar los cursos de agua.”

2.2.6 LEY GENERAL DE AGUAS.

(Aprobado por D.L. Nº 17752). Esta norma pone en evidencia la calidad de los cuerpos acuáticos; de allí que las clasifica en seis tipos de uso que se puedan dar a las aguas. También dispone principios para la protección de las aguas; declarando en muchas de ellas, zonas de protección en las que se prohíben realizar cualquier actividad que les generen algún efecto adverso.

En el aspecto de la Preservación el art. 22º, indica que :

“Nadie está prohibido de verter o emitir cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o el normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para otros usos. Podrán descargarse únicamente cuando:

- a) Sean sometidos a los necesarios tratamientos previos.*
- b) Se compruebe que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.*
- c) Se compruebe que con su lanzamiento submarino no se causará perjuicio a otro uso.”*

En el anexo II-1, se presenta los valores límites para sustancias tóxicas y peligrosas, según el cuerpo receptor.

2.2.7 CÓDIGO PENAL.

Este dispositivo (D.L. N° 635), sanciona penalmente los casos tipificados como delitos contra la ecología (Título XIII); es decir contra los recursos naturales y el medio ambiente. A continuación se ha elaborado el cuadro 2.2.7.1 que, a manera de resumen, contiene los principales artículos del Código Penal que señalan las causales y sanciones para delitos contra el medio ambiente y recursos naturales.

Cuadro 2.2.7.1 : Causales y sanciones del Código Penal.

Art.	Causales	Sanción	
		Penal Privativa	Multa (días-multa)
304	Infracción a normas de protección ambiental, el que contamina, vierte residuos sólidos, líquidos o gaseosos por encima de los límites establecidos que causen o puedan causar perjuicio o	1 a 4 años	180 - 365

Art.	Causales	Sanción	
		Penas Privativas	Multa (días-multa)
	alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos.		
305	<ul style="list-style-type: none"> - Actos previstos en art. 304° que ocasionen peligro para la salud humana y bienes. - Si los daños adquieren carácter catastrófico. - Si el agente actuó clandestinamente. - Si los actos contaminantes afectan gravemente a los recursos naturales. - Si como efecto de la actividad contaminante se producen lesiones graves. - Si como efecto de la actividad contaminante se producen la muerte. 	<ul style="list-style-type: none"> 2 a 4 años 2 a 4 años 2 a 4 años 2 a 4 años 3 a 6 años 4 a 8 años 	<ul style="list-style-type: none"> 365 - 730 365 - 730 365 - 730 365 - 730 365 - 700 730 - 1460
307	<ul style="list-style-type: none"> -El que deposita, comercializa o vierte desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir las normas sanitarias y de protección ambiental. -Si el agente es funcionario o servidor público. -Si el agente contraviene las leyes, reglamentos o disposiciones establecidas y utiliza desechos sólidos para la alimentación de animales destinados al consumo humano. 	<ul style="list-style-type: none"> < 2 años 1 a 2 años 2 a 4 años 	<ul style="list-style-type: none"> 180 a 365

2.2.8 REGLAMENTO DE DESAGÜES INDUSTRIALES.

Dentro de la legislación peruana, también se encuentra este dispositivo (D.S.N° 28/60-SAPL); que antes de hacer factible investigaciones y determinaciones analíticas, fijan límites máximos aceptables en las redes de colectores públicos; de tal manera que los efluentes industriales no causen problemas en la operación y mantenimiento de las mismas. Así en el año 1960, se reglamentó las descargas industriales con el fin de facilitar acciones concretas por parte

de la Autoridad⁷, para sancionar al contaminador. Asimismo, protege las redes de alcantarillado y el cuerpo de agua receptor.

Este dispositivo, establece que ninguna industria podrá lanzar al colector público una descarga de Población Equivalente (PE) a 2000 personas, considerándose una dotación de descarga por persona de 250 lt/día⁸.

A continuación, en la Tabla 2.2.8.1, se presentan los Límites Máximos de los desechos industriales que se pueden admitir en las redes de alcantarillado.

Tabla 2.2.8.1 : Límites máximos de los residuos industriales admisibles en las redes.

PARÁMETRO	VALOR LIMITE
• Temperatura	< 35°C
• Grasas	< 0,1 g/l
• Sustancias inflamables	punto de ignición > 90°C concentración < 1,0 g/l
• pH	<5,0 - 8,5>
• Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	< 1000 mg/l
• Sólidos sedimentables	< 8,5 mg/l/H

Como puede apreciarse en la tabla anterior; sólo se está controlando 6 parámetros, sin reglamentar aún las descargas de sustancias tóxicas y peligrosas para la salud humana y el

⁷ Ente técnico estatal encargado de la aplicación del presente Reglamento. Esta labor ha sido encomendada al Servicio de Agua y Alcantarillado de Lima - SEDAPAL.

⁸ Véase artículo 403 del Reglamento de desagües Industriales.

ambiente, producidas por la industria en general. Sin embargo este Reglamento señala restricciones para que los residuos industriales puedan ser admitidos directamente en las redes de alcantarillado. El cuadro 2.2.8.1, presenta estas restricciones.

Cuadro 2.2.8.1 : Residuos industriales no admisibles en las Redes.

Tipo de Residuo
<ul style="list-style-type: none"> • Aguas de lavado de pisos de talleres y fábricas. • Aguas sobrantes de la construcción civil. • Basuras o restos de comida. • Gasolina y solventes industriales. • Barros y arenas. • Alquitranes, materiales bituminosos y viscosos. • Pegamentos y cementos. • Plumas, huesos, trapos é hilazas. • Trozos de metal, vidrio, madera, cerámica y materiales similares. • Gases malolientes o peligrosos para la vida y la salud. • Productos residuales del petróleo. • Aceites volátiles, minerales. • Residuos tóxicos o mezcla con ácidos propios del desagüe: cianuros, fenoles, arseniatos, entre otros. • Residuos corrosivos e incrustantes. • Residuos con alta concentración de sulfuros, sulfitos y sulfatos. • Residuos con iones de metales pesados.

2.2.9 OTROS DISPOSITIVOS.

En la literatura recopilada se encontró la **Resolución Ministerial N° 141-88-SA-DM**, que prohíbe la importación de toda clase de residuos peligrosos y define a los residuos peligrosos como

aquéllos residuos sólidos o mezclas de residuos sólidos y líquidos que tienen características de inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad o patogenicidad, pueden presentar riesgo a la salud pública, provocando o contribuyendo al aumento de mortalidad, a la incidencia de enfermedades o presentar efectos adversos al medio ambiente, cuando son manipulados o dispuestos en forma inadecuada.

Por otra parte, algunas municipalidades del país han ordenado algunos dispositivos relativos a la prohibición de vertimientos de residuos tóxicos y peligrosos a los cauces de los ríos, a las aguas de mar y playas, que causen daños a la salud y al medio ambiente; sancionando a los generadores de tales desechos. Es el caso de la Municipalidad de Chancay, Pachacamac, Carmen de la Legua, La Perla, Chorrillos, Santa María de Huachipa, Lima Metropolitana, Miraflores, Magdalena, entre otras; obligando a que los productores de residuos tóxicos y peligrosos adopten medidas necesarias para asegurar que las operaciones de transporte, tratamiento, eliminación y disposición final no involucren riesgo para la salud de las personas.

**CAPITULO III:
GENERACION DE
DESECHOS PELIGROSOS**

3.1 ACTIVIDADES GENERADORAS

En esta parte, el interés se centra en aquellas actividades que son potencialmente generadoras de desechos peligrosos. Así de acuerdo a los criterios¹ que definen a los desechos peligrosos, discutidos en el capítulo anterior, se puede identificar diversas operaciones industriales, mineras, metalúrgicas, agropecuarias, establecimientos de salud (centros médicos, clínicas, hospitales), talleres de carpintería, metal mecánica, mecánicas, galvánicas, curtiembres entre otros.

Resumiendo, las principales actividades generadoras de desechos peligrosos que se presentan en el cuadro 3.1.1 están acompañadas por el respectivo código CIU². Entre ellas están las siguientes

- I. Actividades agropecuarias y forestales.
- II. Actividades industriales y manufactureras.
- III. Actividades comerciales.
- IV. Actividades domésticas y públicas.

Cuadro 3.1.1: Actividades que generan desechos tóxicos y peligrosos.

Cód.	Actividades
CIU	I. ACTIVIDADES AGROPECUARIAS Y FORESTALES
01	AGRICULTURA
0111	Cultivo de cereales.
0112	Cultivo de leguminosas.
0112	Cultivo de hortalizas.
0113	Cultivo de frutas.
01	GANADERÍA
0121	Explotación del ganado bovino.
0121	Explotación del ganado ovino.
0121	Explotación del ganado caprino.
0122	Explotación del ganado porcino.
0130	Ganadería y servicios agroganaderos.
02	FORESTAL
0200	Silvicultura.
0200	Servicios forestales.
05	PESCA
0500	Pesca y silvicultura en agua dulce.
15	INDUSTRIA AGROALIMENTICIA, PRODUCTOS ANIMALES Y VEGETALES

¹ Anexos I y III del Convenio de Basilea.

² Clasificación Internacional Industrial Uniforme, aprobada por las Naciones Unidas, versión 3.

1511	Industria de la carne, mataderos y descuartizadores de reses.
1512	Fabricación de conservas de pescado y otros productos marinos.
1513	Fabricación de jugos y conservas vegetales.
1514	Industria de aceites.
1514	Fabricación de aceite de oliva.
1520	Industria lechera.
1533	Fabricación de alimentos para animales.
1542	Fabricación de azúcar.
1544	Fabricación de pastas alimenticias y productos amiláceos.
1551	Industria de bebidas.
1551	Destilación de alcohol y aguardiente.
1551	Industria de alcoholes etílicos de fermentación.
1552	Industria vinícola.
1553	Fabricación de cerveza.
1600	Industria del tabaco.
CIU	II. ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y MANUFACTURERA
	PRODUCCIÓN DE ENERGÍA
1010	Industria del carbón.
1010	Extracción y preparación del carbón y de los productos carboníferos (hulla, antracita, lignito, coqueficación).
1110	Industria del petróleo.
1110	Extracción del petróleo.
1110	Extracción de gas natural.
1110	Almacenamiento de petróleo.
1120	Prospección.
2320	Refinación del petróleo.
4010	Producción de electricidad.
4010	Centrales térmicas.
4010	Centrales hidráulicas
4010	Centrales nucleares.
4020	Fabricación y distribución de gas.
1200	Extracción y transformación de minerales radiactivos.
	METALÚRGICAS Y ELÉCTRICAS
1310	Extracción de minerales metálicos.
1310	Extracción de minerales de hierro.
1320	Extracción de minerales metálicos no ferrosos.
2710	Siderurgia.
2710	Producción de acero.
2720	Metalurgia de metales no ferrosos.
2720	Metalurgia del aluminio.
2720	Metalurgia del plomo.
2720	Metalurgia del zinc.
2720	Metalurgia de metales preciosos.
2720	Metalurgia del cobre.
2720	Fusión, colada y conformado de metales.
2720	Trefilado, estirado, perfilado, laminado.
2892	Tratamiento térmico.
2892	Tratamiento superficial.
2892	Aplicación de pintura.
3130	Fabricación de hilos y cables eléctricos (envainado, aislamiento).
3140	Fabricación de pilas y acumuladores.
	CONSTRUCCIÓN Y MINERALES NO METALICOS
1410	Extracción de minerales de construcción.
1421	Extracción de sales potásicas, fosfatos y nitratos.
1421	Extracción de piritas y de azufre.

1429	Extracción de minerales no metálicos.
1429	Extracción de asfaltos.
2610	Industria del vidrio.
2694	Fabricación de cemento.
2694	Fabricación de cal.
2694	Fabricación de yeso.
2699	Fabricación de productos en amianto-cemento.
INDUSTRIA QUÍMICA	
2411	Fabricación de productos químicos.
2411	Industria del cloro.
2412	Fabricación de abonos.
2320	Petroquímica.
2413	Fabricación de caucho y látex sintético.
2413	Fabricación de plásticos.
2421	Fabricación de plaguicidas.
2423	Fabricación de productos farmacéuticos.
2424	Fabricación de productos básicos para detergentes.
2429	Fabricación de artículos pirotécnicos, cerillas y fósforos.
2430	Fabricación de fibras sintéticas.
INDUSTRIA PARAQUÍMICA	
2422	Fabricación de tintes.
2422	Fabricación de pinturas.
2422	Fabricación de colorantes y pigmentos.
2422	Fabricación de barnices y lacas.
2424	Fabricación de ceras.
2424	Fabricación de perfumes.
2424	Fabricación de jabones.
2424	Fabricación de detergentes.
2424	Fabricación de jabón de tocador.
2424	Fabricación de aceites esenciales y sustancias aromáticas sintéticas.
2429	Fabricación de colas.
2429	Fabricación de pólvoras y explosivos.
2519	Transformación de caucho.
INDUSTRIA TEXTIL Y DEL CUERO	
1711	Algodón.
1711	Lanas.
1711	Hilado, hilandería y tejido.
1712	Blanqueado, teñido, estampado.
1722	Fabricación de alfombras.
1723	Industria de fibras duras y mezclas.
1810	Fabricación de prendas de vestir.
1911	Curtido.
1911	Peletería.
1912	Fabricación de calzado.
1920	Fabricación de artículos de cuero.
INDUSTRIA DE LA MADERA Y MUEBLE	
2010	Aserraderos.
2021	Fabricación de productos semielaborados de madera.
2029	Fabricación de productos de corcho.
2029	Fabricación de artículos de junco y caña, brochas, cepillos.
3610	Fabricación de muebles.
INDUSTRIAS RELACIONADAS CON LA ARTESANÍA	
3691	Joyería y bisutería.
3692	Fabricación de instrumentos de música.

3693	Fabricación de artículos de deporte.
3694	Fabricación de juegos, juguetes.
	INDUSTRIA PAPELERA
2101	Fabricación de pulpa de papel.
2101	Fabricación de pulpa de papel y cartón.
2102	Transformación de papel y cartón.
2211	Edición.
2219	Artes gráficas.
2221	Impresión
CIU	III. ACTIVIDADES COMERCIALES
5260	Tintorerías.
5260	Reparación de artículos eléctricos.
5020	Reparación y mantenimiento de automóviles.
5510	Hostelería.
5520	Restaurantes.
6010	Transporte por ferrocarril.
6021	Transporte urbano de viajeros.
6023	Transporte de mercancías por carretera.
6030	Transporte por tubería.
6110	Transporte marítimo y por vías navegables.
6210	Transporte aéreo.
CIU	IV. ACTIVIDADES DOMÉSTICAS Y PÚBLICAS
9000	Servicios de limpieza pública y saneamiento.
9301	Lavanderías.
9302	Peluquería y centros de belleza.
9309	Renovadoras de calzado.
7320	Laboratorios de experimentación.
8022	Investigación y enseñanza.
8030	Centros universitarios y superiores.
7522	Defensa nacional.
8511	Hospitales.
8512	Clínicas y centros médicos.
8512	Centros odontológicos.
8520	Clínicas veterinarias.

No debemos olvidar, que también el vertiginoso incremento de la población mundial, y sobretodo, las actividades industriales de los países desarrollados aportan contingentes volúmenes de tales desechos. Sin embargo, los problemas suelen ser más graves en los países industrializados; dado que las condiciones económicas tienden a postergar el establecimiento de instalaciones adecuadas de tratamiento y eliminación de desechos peligrosos. Se tienen varios casos en que los cuerpos receptores (agua, aire y suelo) se han convertido en verdaderos “sumideros” de productos químicos tóxicos ocasionando daños irreversibles en tales ecosistemas, porque muchas

veces se desconoce la magnitud³ del daño. En el Capítulo IV, se podrá identificar el impacto ocasionado por los desechos peligrosos de los efluentes de talleres de zincado electrolítico (galvanizado).

A manera de ilustración el cuadro 3.1.2, presenta las principales actividades industriales y sus contaminantes más representativos, con sus respectivos procesos de transformación y/o manufactura.

Cuadro 3.1.2 : Actividades industriales contaminantes

Actividades	Descripción
INDUSTRIA AGROALIMENTICIA	TIPO DE CONTAMINANTE
Fabricación de azúcar - Secaderos. - Jugos con expulsión de CO ₂ - Fermentación. - Destilación. - Transporte.	Lodos de sedimentos, lodos de carbonatación, tierra de remolachas, álcalis, aminoácidos, espumas de carbonatación, alta materia orgánica, gases de CO ₂ , polvos.
Fabricación de cerveza - Envasado. - Malteado. - Cocimiento. - Remojo. - Lavado de envases. - Limpieza de malta, cebada. - Clasificación. - Refrigeración, generación de frío. - Transformado de materias primas y recepción. - Fermentación y germinación. - Dsecación. - Transporte.	Altas temperaturas, sólidos suspendidos en gran cantidad, turbidez, espumas, detergentes, álcalis, olores, sedimentos, alta materia orgánica, sales diversas, gases de CO ₂ , polvos de cebada, sustancias odoríferas.
Fabricación de conservas - Selección. - Pelado físico. - Pelado químico. - Deshuesado. - Desalado. - Remojo de legumbres. - Fermentación de salmuera. - Cocido. - Lavado posterior al cocido. - Secado. - Lavado de latas y contenedores. - Empaquetado. - Relleno y adición de líquidos de gobierno. - Limpieza de materia prima. - Salazón.	Lodos y sedimentos, elevada materia orgánica, aceites y grasas, ácidos, altas temperaturas, sólidos suspendidos, olores, color, recortes metálicos.

³ Referida a la dimensión del impacto en términos absolutos.

<ul style="list-style-type: none"> - Esterilización. - Molturación de aceituna. - Conservas de pescado. - Conservas de fruta y verduras. - Conservas de carne. 	
<p>Industrias de fermentación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de alcohol etílico. - Fabricación de alcohol butílico y acetona. - Fabricación de ácido acético y vinagre. - Fabricación de ácido cítrico. - Fabricación de ácido láctico. 	<p>Alta materia orgánica, aguas ácidas, olores, vapores de acetona, alcoholes mayores, metanol.</p>
<p>Fabricación de harinas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limpieza de trigo. - Molienda. - Lavado. - Mojado y ablandamiento. - Almacenaje. - Obtención de pastas y sémolas. - Fabricación de harina de pescado. - Fabricación de harinas de origen animal. 	<p>Alta materia orgánica, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, olores, aceites y grasas, aguas ácidas, lodos de sedimentos polvos de trigo.</p>
<p>INDUSTRIA MINERO-ENERGETICA METALÚRGIA Y SIDERURGIA</p>	<p>TIPO DE CONTAMINANTE</p>
<p>Minería del carbón</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minas ácidas o ferruginosas. - Minas alcalinas. - Explotación del carbón a cielo abierto. - Explotación del carbón subterráneo. - Lavado del carbón. - Drenaje de mina de carbón subterránea. - Clasificación de carbón. - Drenaje de mina de carbón a cielo abierto. - Aglomerado de carbón. - Tratamiento. - Plantas de preparación del carbón. - Restauración de espacios mineros. 	<p>Residuos de alquitrán, compuestos orgánicos (fenol, amoníaco, metanol), aguas ácidas orgánicas, sedimentos, sales disueltas, materia orgánica, sólidos suspendidos, sustancias inorgánicas cianuros y sulfuros, ácidos orgánicos volátiles (ácido acético), color, gases de CO₂, polvos, negro de humo.</p>
<p>Destilación seca del carbón</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obtención de coque. - Obtención de breas. - Obtención de alquitrán. - Obtención de aceites ligeros. - Obtención de gas de carbón. 	<p>Residuos de alquitrán, polvos, negro de humo, gases (CO, CO₂), aceites.</p>
<p>Refinerías de petróleo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento de crudos y productos. - Calderas y procesos de calor. - Aguas de deslastre. - Desalado de crudos. - Destilación fraccionada. - Cracking. - Polimerización. - Alquilación. - Coking fluidificado. - Isomerización. - Reforming. - Refinado mediante disolventes. - Hidrotratamiento. 	<p>Gases de hidrocarburos, CO, CO₂, olores, partículas, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), CO₂, sulfuro de hidrógeno (H₂S), gases residuales de olor desagradable, lodos de borras, sulfuros, sólidos en suspensión, aguas ácidas y remanentes de hidrocarburos, aceites y grasas, cloruros, altas temperaturas, lodos calientes con contenido de ácido sulfúrico, chatarra, asbesto, aguas de limpieza de los buques,</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de aceites lubricantes. - Producción de asfaltos. - Secado y desmercaptanización. - Purificación final de aceites lubricantes. - Mezclado y envasado. - Fabricación de hidrógeno. - Desulfuración. - Fabricación de productos básicos para síntesis o polimerización. - Destilación a vacío. - Concentración de gases. 	<p>remanentes de asfaltos, bario, plomo, ruido.</p>
<p>Centrales térmicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combustible sólido en circuito abierto. - Combustible sólido en circuito cerrado. - Combustible líquido en circuito abierto. - Combustible líquido en circuito cerrado. - Limpieza en sistemas de refrigeración. - Transporte de cenizas. - Limpieza de la caldera. - Limpieza de equipos. - Lavado de gases. 	<p>Aguas con sustancias refrigerantes (freón), solventes orgánicos, aguas carbonatadas, altas temperaturas, gases de hidrocarburos, CO, CO₂, negro de humo, polvos de ceniza.</p>
<p>Minería metálica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minería plomo-zinc. - Molienda y trituración. - Sinterización CO₃Mg. - Flotación. - Minería del aluminio. - Minería del cobre. - Minería del mercurio. - Minería de metales preciosos. 	<p>Polvos metálicos, gases (CO₂, Cl₂, fluoruros), aguas del drenaje ácido de minas, aguas de relave, sólidos en suspensión, reactivos del proceso (ácidos, cianuros), color, aceites, ruido.</p>
<p>Metalurgia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesos pirometalúrgicos en general. - Procesos hidrometalúrgicos en general. - Aluminio-molienda bauxita. - Aluminio-calcinación hidróxido aluminio. - Aluminio-horno de cocción. - Aluminio-celda reducción de pre-cocción. - Bronce/latón-inducción eléctrica. - Bronce/latón-crisol. - Bronce/latón-cubilote. - Bronce/latón-reverbero. - Bronce/latón-horno rotatorio. - Zinc-fundición tostación. - Zinc-fundición sinterizado. - Zinc-fundición-retortas horizontales. - Zinc-fundición-retortas verticales. - Zinc-procesado secundario-horno de retorta reducción. - Zinc-procesado secundario-mufla. - Zinc-procesado secundario-horno de sales (crisol). - Zinc-procesado secundario-cuba galvanizado. - Zinc-procesado secundario-horno calcinación. - Cobre-tostación. - Cobre-fusión (horno de reverbero). - Cobre-conversión. 	<p>Metales pesados en solución (plomo, cobre, zinc, fierro, aluminio), arsénico, cianuros, sólidos suspendidos, altas temperaturas, aguas ácidas, escorias, dióxido de silicio, gases (óxidos de azufre, SO₂, fluoruro, CO, CO₂), partículas en suspensión, plomo, arsénico, humos de óxidos metálicos, polvos de azufre y otros tóxicos, ruido.</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Cobre-afino. - Latón. - Magnesio-fundición secundaria-horno de sales. - Plomo-fundición-sinterizado. - Plomo-fundición-alto horno. - Plomo-fundición-horno de reverbero. - Plomo-fundición secundaria-horno de sales. - Plomo-fundición secundaria-horno de reverbero. - Plomo-fundición secundaria-reverbero rotatorio. - Aluminio-segunda fusión. - Laminación de aluminio con aceites. - Laminación de aluminio con emulsiones. - Extrusión del aluminio. - Forja del aluminio. - Tratamiento de superficie del aluminio. - Fusión de metales preciosos. - Tratamiento de secado. - Calderas de calefacción. - Decapado de metales no féreos. - Conformado. - Fusión. - Colada en lingotes y moldes. - Terminado superficial. - Electrólisis en general. - Pulido. - Desmoldeado de piezas. - Impregnación. - Afinado de metales. - Fabricación de sales. - Esmaltes sobre aluminio. - Esmaltes sobre cobre. 	
<p>Siderurgia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de coque. - Fabricación de sinterización y peletización. - Hornos altos. - Convertidores. - Hornos de inyección de oxígeno. - Fundición de hierro-cubilote. - Fundición de hierro-reverbero. - Fundición de hierro-inducción. - Fundición de acero-arco eléctrico. - Fundición de acero-inducción. - Hornos de solera abierta. - Hornos de arco eléctrico. - Desgasificación al vacío. - A fino en cuchara. - Fusión. - Colada en lingotes y moldes. - Colada continua. - Laminación en caliente. - Fabricación de tubos. - Laminado en frío. - Recubrimientos galvanizados. - Tratamientos superficiales. - Recubrimiento plomo-estaño. 	<p>Alta materia orgánica, amoniaco, aguas de color, compuestos orgánicos, fenoles, sulfuros, nitratos, cianuros, fluoruros, gases de combustión (CO, CO₂), gases (óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, amoniaco, fluoruro), altas temperaturas, aguas ácidas, sales de magnesio, aguas alcalinas, escorias, ruido.</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Ferroaleaciones-silicato metal. - Ferroaleaciones-silicio manganeso. - Ferro-manganeso. - Ferro-silicio. - Decapado. - Forja. - Maldería. - Mecanizado. - Terminado superficial. - Esmaltes sobre acero. - Esmaltes sobre fundición de hierro. 	
INDUSTRIA ELÉCTRICA	TIPO DE CONTAMINANTE
<p>Galvanizado</p> <ul style="list-style-type: none"> - General de galvanizados. - Desbastado (esmerilado). - Pulido. - Decapado y oxidación anódica. - Oxidación alcalina. - Desengrasado. - Limpiezas en emulsión. - Pasivado. - Aplicación y secado de pintura. 	<p>Recortes de metal, polvos metálicos, nieblas y vapores: de ácido clorhídrico, de solventes orgánicos clorados, de cianuro, alcalinos, de hidrocarburos, de ácido nítrico; aguas ácidas y alcalinas, aguas con metales pesados, con alto contenido de cianuro, sedimentos, sólidos en suspensión, escorias de metal.</p>
<p>Fabricación de pilas y baterías</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción de pilas con ánodo de cadmio. - Producción de pilas con ánodo de calcio. - Producción de pilas con ánodo de plomo. - Producción de pilas con ánodo de zinc. - Producción de pilas con ánodo de litio. - Producción de pilas con ánodo de magnesio. 	<p>Aguas ácidas, aguas alcalinas, metales tóxicos (cadmio, mercurio, plomo), metales pesados (plomo, zinc), lodos de sedimentos, polvos metálicos, residuos de níquel y cadmio, humos metálicos polvos, nieblas y vapores tóxicos.</p>
<p>Fabricación de componentes eléctricos y electrónicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de semiconductores. - Fabricación de cristales electrónicos. - Fabricación de tubos electrónicos. - Fabricación de recubrimientos fosforescentes. - Fabricación de capacitancias. - Fabricación de productos de carbón y grafitos. - Fabricación de papel de mica. - Fabricación de lámparas. - Fabricación de grupos electrógenos. - Fabricación de recubrimientos magnéticos. - Fabricación de resistencias y resistores. - Fabricación de transformadores con fluido dieléctrico. - Fabricación de aislantes plásticos. - Fabricación de cables aislados no férreos. - Fabricación de piezas electrónicas con ferrita. - Fabricación de motores, generadores y alternadores. - Fabricación de calentadores de resistencia. - Fabricación de interruptores y aparatos de control de fluido eléctrico o protección de equipos. 	<p>Aguas con contenido de bifenilos policlorados (PCB's), recortes de cobre, aguas ácidas, desechos de cable eléctrico, aceites de transformadores, aceites de combustibles, polvos, humos, nieblas y vapores de solventes.</p>

INDUSTRIAS RELACIONADAS CON LA CONSTRUCCIÓN	TIPO DE CONTAMINANTE
<p>Fabricación de cal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Clasificación. - Calcinación. - Molienda. 	<p>Partículas de polvos, calor, gases de óxidos de azufre, lodos de cal, ruido.</p>
<p>Fabricación de yeso</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hornos rotativos. - Fabricación de SO₂Na. - Fabricación de óxido de magnesio. 	<p>Partículas, ruido, calor, lodos de yeso, gases de combustión.</p>
<p>Fabricación de cemento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proceso de vía seca. - Proceso de vía húmeda. - Trituraciones. - Molinos. - Hornos. - Enfriadoras. - Homogenización. - Cocción. - Almacenaje. - Envasado, ensacado, carga, descarga. - Transporte, distribución, expedición, granel. 	<p>Partículas de polvo, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, calor, ruido.</p>
<p>Fabricación de productos a base de amianto.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de cartón con asbestos. - Recuperación de disolventes. - Procesado textil. - Laminado de planchas. - Combustión. - Purificación de gases. - Producción de amianto. - Fabricación de placas de fibrocemento. - Fabricación de fibrocemento. - Fabricación de amianto cemento. - Fabricación planchas poliéster. - Fabricación de asbestos con polivinilo. - Fraguado. - Mecanizado de tubería. 	<p>Partículas, fibras de asbestos, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, residuos de cartón, aguas ácidas.</p>
INDUSTRIA QUÍMICA	TIPO DE CONTAMINANTE
<p>Industria petroquímica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secado y lavado. - Transporte y saneamiento. - Polinización. - Absorción. - Licor de reservas. - Sales fundadas. - Oleum. - Sulfato amónico. - Catálisis. - Destilación. - Oxidación. - Anhídrido ftálico. - Polietileno y polipropileno. - Incineración. - Ácido nítrico. - Alcoholes. 	<p>Sustancias aromáticas como benceno, compuestos orgánicos (fenoles, disulfuro de carbono), olores, oleofinas, aceites y grasas, partículas, gases de combustión, aguas de color, aguas sulfatadas, aguas ácidas, innumerables formas de contaminación química atmosférica, ruido.</p>

<p>- Filtración.</p>	
<p>Carboquímica - Producción de carbono amorfo. - Producción de carbono activo. - Producción de carbono de sodio. - Producción de carbono cálcico.</p>	<p>Altas temperaturas, aguas ácidas, óxidos de zinc, sedimentos.</p>
<p>Industria química inorgánica - Fabricación de ácido nítrico. - Reformado con vapor. - Recuperación de hidrógeno. - Síntesis de amoníaco. - Denitración de basuras. - Nitración glicerina. - Nitración tolueno. - Ácido sulfúrico. - Ácido sulfúrico por contacto. - Ácido sulfúrico por cámaras. - Horno de secado. - Tostación de piritas. - Depuración de gases. - Absorción. - Purificación de ácidos. - Fabricación de anhídrido sulfurosos líquido. - Fabricación de abonos fosfatados. - Ácido fosfórico. - Ácido fosfórico vía húmeda. - Fabricación de fosfato monoamónico. - Fabricación de fosfato diamónico. - Fabricación de superfosfatos. - Mezcla de materia prima. - Fabricación de sal común. - Fabricación de sulfato sódico. - Fabricación de bisulfito y sulfito sódico. - Fabricación de sulfato amónico. - Fabricación de úrea. - Fabricación de ciarnida cálcica. - Fabricación de fosfato potásico. - Fabricación de sulfato potásico. - Fabricación de fluosilicato sódico. - Fabricación de fosfato trisódico. - Fabricación de polifosfato. - Fabricación de fosfato bicálcico. - Secado. - Separación por vía húmeda. - Sistema de evacuación de yeso. - Retrogradados. - Calcinación. - Molienda. - Granulación. - Síntesis de clorhídrico. - Destilación de ácidos. - Producción de soda cáustica sólida. - Producción electrolítica de soda cáustica. - Producción electrolítica de cloro. - Producción de hipoclorito sódico absorción.</p>	<p>Aguas ácidas (nítrico, sulfúrico, clorhídrico), aguas alcalinas, aceites y grasas, lodos de sedimentos, aguas de refrigeración, amoníaco, gases (NO_x, SO_x, CO, CO₂, H₂S, NH₃), aceites minerales, lodos arsénicos, fosfatos, sulfatos, carbonatos, cianuros, metales pesados (zinc, cromo, cobre), cloruros, sulfuros, aguas de color, altas temperaturas, vapores de ácidos/ álcalis, ruido.</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Producción de clorito sódico. - Producción de clorato sódico. - Fabricación de nitratos. - Filtración. - Ácido cianhídrico y obtención de cianuros. - Fabricación de dióxido de titanio. - Fabricación de sulfato de cobre. - Fabricación de sulfato de níquel. - Fabricación de dicromato sódico. - Producción de sulfato de aluminio. - Producción de bórax. - Producción de carbonato cálcico. - Electrólisis. - Pirólisis clorada. - Obtención de dicloruro de etileno. - Obtención de bicarbonato y carbonato sódico. - Condensación ácido fluorhídrico. - Rebajado de ácidos. - Secado. - Transporte. - Producción de fluoruros. - Fabricación de ácido bórico. - Fabricación de pigmentos de cromo. - Calcinación pigmentos. - Precipitación. - Hidrogenación cetolítica. - Deshidratación. - Rectificación. - Fabricación de cloruro amónico. - Fabricación de tricloroetileno. - Fabricación de tetracloruro de carbono. - Fabricación de óxido de zinc. - Fabricación de tripolifosfatos sódicos. - Producción de dióxido de carbono. - Producción de hidrógeno. - Producción de nitrógeno. - Producción de oxígeno. - Producción de argón. - Producción de helio. - Producción de acetileno. - Producción de monóxido de carbono. - Producción de dióxido de azufre. 	
<p>Industria química orgánica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción de derivados del benceno, tolueno, naftaleno y otros productos cíclicos. - Producción de tintas orgánicas sintéticas. - Producción de pigmentos y colorantes orgánicos sintéticos. - Producción de crudos cíclicos a partir del alquitrán. - Producción de productos orgánicos no cíclicos. - Producción de disolventes. - Producción de alcoholes polihídricos. - Producción de perfumes y sabores sintéticos. - Fabricación de productos químicos. 	<p>Ácidos orgánicos, aguas de color, vapores de sustancias volátiles, aguas ácidas y alcalinas, aceites y grasas.</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de productos químicos para transformación del caucho. - Producción de plastificantes. - Producción de productos sintéticos para curtidos. - Producción de ésteres y aminas de alcoholes polihídricos y ácidos grasos. 	
<p>Fabricación de materias plásticas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción de resinas fenólicas. - Producción de úrea-formaldehído. - Producción de melamina. - Producción de resinas de acetato de celulosa. - Producción de resinas acrílicas. - Producción de resinas alquídicas. - Producción de resinas epoxi. - Producción de resinas de poliamida. - Producción de resinas hidrocarburos del petróleo. - Producción de resinas de policrilato/metacrilato. - Producción de resinas de poliéster. - Producción de resinas de polietileno. - Producción de resinas de polipropileno. - Producción de resinas de poliestireno. - Producción de resinas de acetato de polivinilo. - Producción de resinas de alcohol vinílico. - Fabricación de cloruro de polivinilo. - Fabricación de resinas de estireno/butadieno. - Fabricación de resinas de poliésteres no saturados. 	<p>Sulfuro de carbono, desechos sólidos y líquidos con compuestos orgánicos, aguas ácidas y alcalinas, compuestos sulfúricos, residuos de catalizadores metálicos, hipoclorito y sulfato de sodio, aguas de color (rojo), formaldehidos, aguas con poliacrilonitrilo, alta materia orgánica, compuestos orgánicos (formoamida, dimetilcica), dioxanos y alcohol dioxánico, desechos de espuma, poliestireno.</p>
<p>Fabricación de productos farmacéuticos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Productos de fermentación. - Productos biológicos y de extracción natural. - Productos de síntesis química. - Formulación de productos. - Investigación farmacéutica. - Mezcla. - Incinerador. - Fermentación antibióticos y enzimas. - Filtración de antibióticos. - Refino de antibiótico y enzimas. - Preparación y dosificación de soluciones y emulsiones. - Síntesis. - Envasado y lavado. - Fabricación de jarabes y pomadas. - Fabricación de inyectables y líquidos. - Fabricación de hematológicos. - Fraccionamiento plasma humano. - Secado. - Grageados preparación comprimidos. - Granulado. - Precipitación de geles. - Extracción. - Descalcificador. - Recuperación disolvente. - Producción agua osmótica. - Reutilización y/o eliminación de productos caducados. 	<p>Alta materia orgánica, ácidos orgánicos, residuos de carbohidratos, aguas ácidas, lodos de diatomeas, remanente de acetona (amilacetato, dicloro acetato), olores, sustancias volátiles, sedimentos, cloruros, propanona, etilenglicol, tetrahidrofurano, gases de combustión.</p>

<p>Fabricación de plaguicidas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Formulación y envasado de pesticidas. - Producción de herbicidas. - Producción de fungicidas. - Producción de insecticidas. - Producción de aracnidas. - Producción de molusquicidas. - Producción de algicidas. - Obtención de pesticidas carbonatados. - Obtención de herbicidas benzoicos. - Obtención de herbicidas fenoxilicos. - Obtención de pesticidas de hidrocarburos policlorados. - Obtención de pesticidas nítricos. - Obtención de pesticidas con arsénico o arseniatos. - Obtención de pesticidas con mercurio. 	<p>Aguas alcalinas, sulfuros en solución, compuestos orgánicos, fenoles, metales tóxicos, aguas de color, sólidos suspendidos, sólidos en suspensión, sólidos disueltos, cromo total, sulfatos, fosfatos, úrea, aceites y grasas, sales de amonio, cianuros, gases (CO₂, NO_x, H₂, N₂, NH₃), fluoruros, partículas de polvo.</p>
<p>INDUSTRIA PARAQUÍMICA</p>	<p>TIPO DE CONTAMINANTE</p>
<p>Fabricación de productos fotográficos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de superficies sensibles. - Fabricación de productos químicos de revelado. - Fabricación de productos térmicos. 	<p>Desechos de película y celuloide, aguas ácidas.</p>
<p>Industria del caucho</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de neumáticos. - Polimerización por emulsión. - Polimerización por solución. - Producción de látex. - Elaboración, extrusión y fabricación de productos de caucho. - Elaboración, extrusión y fabricación de productos de látex. - Preparación y mezclas de caucho. - Preparación de productos químicos. 	<p>Lodos de látex, desechos de caucho, dioxano, alcohol dioxánico, polvo de hules, granulado de hules.</p>
<p>Fabricación de pólvoras y explosivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción de nitroglicerina y dinamita. - Producción de nitrocelulosa. - Producción de trinitrotolueno. - Producción de tetryl. - Producción de ácido picnico y picnato amónico. - Producción defulminato de mercurio. - Producción de productores de humos. - Producción de productos pirotécnicos. - Producción de cerillas y fósforos. - Mezcla y empaquetado de explosivos. 	<p>Azufre, aguas ácidas, alta materia orgánica, aguas con contenido de mercurio, eterdietileno, otros olores alifáticos.</p>
<p>Fabricación de tintes, barnices, pinturas y colas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lavado de tanques. 	<p>Aguas de color, metanol, aceites, lodos de sedimentos, acetato de metilo, aminas aromáticas, aminas alifáticas, solventes, residuos de resinas, gomas, hidrocarburos.</p>
<p>Fabricación de jabones y detergentes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción de jabones en caldera. - Producción de ácidos grasos. - Producción de jabones por neutralización de ácidos grasos. - Concentración de glicerina. 	<p>Aguas ácidas, aguas alcalinas, soda cáustica, aceites y grasas, aguas con glicerol, aguas de color, peróxidos de nitrógeno, hipoclorito de sodio, altas temperaturas olores, sólidos en</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Destilación de glicerina. - Fabricación de jabón. - Sulfuración con óleo. - Sulfatación con óleo. - Sulfatación con aire y SO₃ - Sulfatación en vacío y SO₃ disuelto. - Sulfatación con ácido sulfónico. - Sulfatación con ácido clorosulfosónico. - Neutralización de ácidos sulfónicos. - Fabricación de detergentes en polvo. - Fabricación de detergentes en líquidos. - Mezcla de detergentes en polvo. - Fabricación de detergentes en barra. 	<p>suspensión, espumas, sulfatos, polvos de detergentes, aguas carbonatadas, gases de combustión.</p>
INDUSTRIA TEXTIL	TIPO DE CONTAMINANTE
<p>Industria textil y del vestido</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lavado de lana. - Peinado de lana. - Limpieza de lana. - Lavado de fibra. - Lavado de fibra sintética y artificial. - Tintado de fibra sintética y artificial. - Acabado de fibra sintética y artificial. - Bobinado de hilados. - Aprestado. - Vaporización. - Secado. - Encolado. - Tisaje. - Climatización. - Carbonizado. - Blanqueado. - Teñido. - Estampado. - Fabricación y confección de prendas de vestir. 	<p>Aguas alcalinas, aguas ácidas, alta materia orgánica, detergentes, aguas de color, tintes, pigmentos, aceites residuales no emulsionados, solventes no halogenados, desechos de poliamidas, de poliestireno, de poliacrilato, de celulosa, de lana, de fibras sintética, grasa de lana, lodos de sedimentos (tintorería y lavandería), gases de combustión, ruido.</p>
INDUSTRIA DEL CURTIDO	TIPO DE CONTAMINANTE
<ul style="list-style-type: none"> - Industrias con pelado mecánico. - Curtición al cromo. - Industrias con pelado químico por disolución. - Curtición sin cromo. - Industrias de recurtición y acabado. - Industrias de curtición de pieles sin pelo. - Piquelado. - Pigmentadoras. 	<p>Aguas alcalinas, aguas ácidas, materia orgánica elevada, materia inorgánica, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sedimentos, aceites y grasas, sales de cromo, cromo (+3, +6), lodos de curtido, solventes halogenados y no halogenados, aguas de color, olores, polvos de cuero.</p>
INDUSTRIA MADERERA	TIPO DE CONTAMINANTE
<ul style="list-style-type: none"> - Preservación de la madera. - Fabricación de paneles aislantes. - Fabricación de paneles endurecidos. - Fabricación de productos semielaborados en madera. 	<p>Alta materia orgánica, sólidos suspendidos, sedimentos, aguas ácidas y alcalinas, solventes no halogenados, aguas de color, polvo de lija, ruido.</p>
INDUSTRIA PAPELERA	TIPO DE CONTAMINANTE
<ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de pulpa de papel. - Preparación de madera. - Desfibrado mecánico. 	<p>Aguas ácidas y alcalinas, sustancias inorgánicas, arcilla, caolin, titanio, barita, cloruros, aguas de color,</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Cocción de la madera. - Lavado y depurado de pulpa. - Blanqueo de pulpa. - Secado. - Recuperación de lejías. - Evaporación de licor negro. - Combustión de licor negro. - Horno de cal. - Fabricación de pasta Kraft. - Fabricación de papel. - Tratamiento de productos químicos de blanqueo. - Fabricación de pasta al bisulfito. - Fabricación de pasta de papeles recuperados. - Fabricación de pasta mecánica. - Fabricación de pasta mecánica y papel. 	<p>tintes y pigmentos, material suspendido, sulfitos, sulfatos, alta materia orgánica, lodos de látex, sales de mercurio, solventes halogenados y no halogenados, lodos de metales pesados, lodos ácidos, aceites residuales, sedimentos de fondos de tanques, resinas, lodos de celulosa, lodos de sulfato de bario, olores de mercaptanos, sulfuros de metilo, sulfuro de dimetilo, ácido sulfhídrico (H₂S).</p>
--	---

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS EFLUENTES DE LA INDUSTRIA DE PROCESOS ELECTROLÍTICOS.

Tal como se ha podido observar anteriormente, en los distintos procesos electrolíticos se obtienen diferentes soluciones provenientes de los distintos baños químicos los cuales contienen sales de cianuro y cromato, o de los respectivos enjuagues de las piezas tratadas en estos baños; produciéndose aguas residuales, por cierto, muy venenosas y tóxicas para el medio ambiente y la salud pública.

Sin embargo, se ha considerado conveniente indagar ciertas características atribuibles a los efluentes de plantas de decapado, anodizado y electrogalvanizado.

3.2.1 Efluentes de plantas de decapado

Las piezas de fierro provenientes de las plantas de laminación (alambres, tiras, láminas), tienen una capa superficial de óxido, la cual se elimina mediante

- Desengrasado y
- Decapado

El desengrasado se realiza mediante tres procesos térmico, químico y electroquímico.

El desengrasado térmico, se efectúa con solventes orgánicos (bencina, kerosene, tricloroetano).

El desengrasado químico, se realiza con solventes alcalinos.

Para *el desengrasado electroquímico*, se utiliza hidróxido de sodio, fosfatos, silicatos, carbonatos y detergentes sintéticos. Luego de estos procesos de desengrasado siempre debe efectuarse un proceso de lavado en agua caliente y fría.

El decapado de fierro se efectúa en plantas de estirado, laminadoras; plantas de galvanizado y estañado, plantas de prensado, punzonado y esmaltado; etc. Para eliminar las capas de óxido (mezcla de FeO y Fe_2O_3 , Fe_3O_4), que según el proceso al que hayan sido sometidos los materiales, reciben los nombres de costra de forjadura, laminillas de fierro, escoria de fragua, yesca o sínter. Normalmente, se usan baños de inmersión con ácido sulfúrico o clorhídrico diluido, ácido nítrico sólo o con adición de éstos ácidos. Estos elementos causan una disolución puramente química de las capas de óxido, junto con la formación de las sales de hierro correspondiente.

La concentración de las mezclas licorales de baños frescos varía según el tipo de ácidos usados y los materiales que sufren el proceso (5 y 20% del peso) este contenido de ácido se consume hasta que queda entre un 2 - 7% del peso. En general, para estos baños se utiliza ácido clorhídrico a baja temperatura ($< 80^{\circ}C$)⁴.

El proceso de decapado da como resultado dos tipos principales de efluentes: licorales residuales concentrados y aguas de enjuague diluidas. Los primeros se descargan en bloque al momento

⁴ Cooperación Técnica Alemana. Manual de Disposición de Aguas Residuales, pág. 68.

de drenar los baños, por completo; mientras que el agua de enjuague fluye de manera continua. *La cantidad y concentración* dependen del tipo de trabajo, por lo que, en general, no es factible establecer datos válidos para todo tipo de planta.

Según Meinck et al., en una planta de galvanizado de tamaño mediano, con un consumo de 0,6 - 1 tonelada de ácido clorhídrico, se descargan 7 m³ de agua de enjuague diariamente. El consumo de ácido sulfúrico varía según el tipo de material que recibirá el baño entre 30 a 50 kg. por tonelada de hierro, la que puede reducirse entre 10-15 kg. por tonelada de hierro mediante la instalación de *plantas de recuperación*.

El cuadro 3.2.1.1, se presentan los principales productos químicos y características de los efluentes (desechos) de las operaciones de desengrasado y decapado.

Cuadro 3.2.1.1 : Características de los efluentes de las operaciones de desengrasado y decapado.

Operación	Insumos	Efluentes (líquidos y gaseosos)
DESENGRASADO	<p><u>Térmico:</u> Solventes orgánicos, benceno, kerosene, gasolina, tricloroetileno.</p> <p><u>Químico:</u> Solventes alcalinos NaOH, KOH, Na₂CO₃.</p> <p><u>Electroquímico:</u> NaOH, fosfatos, silicatos, carbonatos y detergentes sintéticos.</p>	<p>-Sustancias volátiles, vapores de tricloroetileno e hidrocarburos, sustancias inflamables.</p> <p>-Vapores alcalinos, emulsiones acuosas de grasas y aceites minerales.</p> <p>-H₂, vapores alcalinos, emulsiones acuosas de grasas y aceites minerales, aguas alcalinas y tóxicas.</p>
DECAPADO	H ₂ SO ₄ , HCl diluido, HNO ₃ , HFO.	-Licores residuales concentrados, aguas de enjuague diluidas.

3.2.2 Efluentes de plantas de anodizado.

Como se ha explicado anteriormente, en el proceso de anodizado, se siguen generalmente los siguientes pasos:

- Limpieza previa del producto básico con percloroetileno (tetracloroetano).
- Preesmerilado, esmerilado fino y pulido (procesos mecánicos).
- Segundo desengrasado con percloroetileno (tetracloroetano).
- Desengrasado final mediante un baño de limpieza corto en lejía de soda (solución de hidróxido de sodio al 10-20% concentración).
- Pulido químico en baños con contenido de ácido fluorhídrico. Los baños con contenido de ácido fluorhídrico, ácido nítrico y fluoruro de hidrógeno amónico en solución acuosa.
- Anodización en baños con contenido de ácido sulfúrico al 10 a 30% en peso. Los baños son muy efectivos cuando contienen aluminio en cantidades de 6 a 9 g/l. Con frecuencia, los baños se mantienen en el nivel de concentración adecuado removiendo constantemente pequeñas cantidades de licor y rellenando de inmediato el recipiente con ácido fresco; esto significa que el licor no llega a ser reemplazado por completo.

Los concentrados de ácido utilizados, los semiconcentrados y el agua de enjuague, suelen neutralizarse empleando hidróxido de calcio.

La neutralización de concentrados y semiconcentrados en el proceso de anodizado da como resultado grandes cantidades de lodo. El lodo contiene principalmente fluoruro de calcio, sulfato de calcio e hidróxido de aluminio. El drenaje de estos compuestos puede realizarse eficientemente usando un filtro prensa. En este proceso se obtiene materias sólidas en un 40-45% del peso.

El cuadro 3.2.2.1, muestra los principales insumos y características de los efluentes del proceso de anodizado.

Cuadro 3.2.2.1 : Características de los efluentes del proceso de anodizado.

Proceso	Insumos	Efluentes (líquidos y gaseosos)
ANODIZADO	HFO, HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , y Ca(OH) ₂ para neutralizar	-Vapores ácidos, concentrados de ácidos (sulfúrico y nítrico); aguas de enjuague diluidas, aguas de neutralización genera lodo de sulfato de calcio, Al(OH) ₃ , 40-45% de sólidos.

En el anexo III-1, se presenta el diagrama de flujo del proceso de anodizado.

3.2.3 Efluentes de plantas de electrogalvanizado.

En la industria metalúrgica, se utilizan procesos electrolíticos para obtener precipitados metálicos para mejorar la calidad de la superficie.

Primero, el metal atraviesa un pre-tratamiento para remover la herrumbre, la suciedad y la grasa⁵. Este tratamiento previo consta de un proceso electrolítico que consiste en baños con una concentración de cianuro (de cobre y de sodio) entre 5 y 10 g de CN⁻ /l. Además, también sirve para desescamar el metal; es decir, para eliminar todo tipo de recubrimiento metálico para luego inactivarlo.

La galvanización o recubrimiento de la superficie con una capa metálica conlleva a diversos procesos físico-químicos. Para tal

⁵ Esta operación se denomina desengrasado electrolítico.

propósito, se utilizan los siguientes metales en solución: cobre, bronce, zinc, cromo, níquel, cadmio y, posiblemente, también soluciones de metales preciosos como plata y oro. Los productos se colocan en baños de galvanizado. Los licores del baño son soluciones acuosas que por lo general contienen principalmente sales de cianuro, además de sales metálicas.

Los residuos de plantas de galvanizado eléctrico contienen las mismas sustancias que se utilizan para preparar los baños. Cuando se usan baños alcalinos, existe también descarga de sales alcalinas. Por otro lado, el efluente de una planta de galvanizado de cromo duro contiene ácido crómico no combinado y dicromatos, lo cual produce una reacción neutra o ligeramente ácida.

La concentración de aguas residuales varía considerablemente y depende de las condiciones normales, la proporción de sustancias tóxicas (CN⁻, Cr³⁺, Cd²⁺, etc), rara vez está por debajo de los 10 mg/l y puede alcanzar los 1000 mg/l. El cuadro 3.2.3.1, presenta las características de los efluentes del proceso de electrogalvanizado.

Cuadro 3.2.3.1 : Características de los efluentes del proceso de electrogalvanizado.

Proceso	Efluentes
ELECTROGALVANIZADO	<ul style="list-style-type: none"> - Licores residuales concentrados con contenido de sales de cianuro y otras sales metálicas. - Concentrados residuales de los baños alcalinos y sus sales respectivas. - Ácido crómico y dicromatos. - Concentraciones de sustancias tóxicas (CN⁻, Cr⁺³, Cd⁺²) mayores a 10 mg/l. - Aguas de enjuague diluidas.

3.3 MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS EN EL PAÍS.

3.3.1 EL SECTOR INDUSTRIAL : PEQUEÑA Y MICRO EMPRESA

Las deformaciones y fracasos de la industrialización y las políticas de desarrollo en el Perú y otros países de la Región han generado una estructura heterogénea que se conoce poco y que ha dificultado la aplicación de medidas estandarizadas y homogéneas para toda la economía. Se constata la existencia de estratos con bases tecnológicas, racionalidades económicas y grupos sociales diferentes y con diversos grados de articulación entre sí. Esta heterogeneidad se ha verificado en casi todos los sectores de la economía como es el caso del sector industrial.

En el anexo III-3.3.1, se presenta diversos criterios para definir las empresas según su tamaño.

La estructura industrial en el Perú presenta cinco estratos empresariales diferenciados : artesanía, micro industria, pequeña industria, mediana industria y gran industria. A continuación se presentan las principales características de cada estrato:

3.3.1.1 La artesanía.

Definida principalmente por su tecnología tradicional, con predominancia del trabajo manual, lo que da un alto valor cultural y en algunos casos artístico. Se estima que las empresas artesanales (generalmente familiares) fluctúan entre 1 y 8 personas. Tienen una densidad promedio de 300 dólares de inversión en activos fijos por puesto de trabajo. El uso de tecnología tradicional justifica separar a este estrato de la microempresa, pues aunque puedan tener tamaños similares tienen bases tecnológicas diferentes.

3.3.1.2 La micro industria.

Se caracteriza por su reducido tamaño, es decir, de 1 a 4 personas ocupadas y una escasa densidad de capital (K/L) equivalente a 600 dólares por puesto de trabajo. La microindustria utiliza poco equipo de capital, y la capacitación de los trabajadores y empresarios es reducida; como resultado su productividad es baja y los ingresos se mantienen en niveles de subsistencia. Es intensiva en mano de obra, pero a diferencia de la artesanía, su tecnología se puede calificar de “moderna”; ello le permite una mayor creatividad y dinamismo tecnológico. Por otro lado, se diferencia de la pequeña industria por su inestabilidad económica, baja productividad y casi nula generación de excedente.

3.3.1.3 La pequeña empresa industrial.

Tiene un tamaño de 5 a 19 personas ocupadas y una densidad de capital (K/L) de aproximadamente 3 000 dólares por puesto de trabajo. Su base tecnológica es moderna, ya que cuenta con equipos y maquinaria que le permiten tener una mayor productividad que la micro industria, capaz de generar excedentes, acumular y crecer. Asegura una mayor estabilidad económica que no se encuentra en el sector microempresarial (mayoritariamente informal⁶).

3.3.1.4 La mediana empresa industrial.

Con un tamaño de 20 a 199 trabajadores y una densidad de capital aproximada de 12 000 dólares por puesto de trabajo. Usa tecnologías modernas y un mayor acervo de capital. Por sus escalas de producción estas empresas generalmente se

⁶ Empresas que no se encuentran registradas en el Ministerio de Industrias, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales (MITINCI).

ubicación en mercados competitivos, lo que las diferencia del estrato superior de grandes empresas.

3.3.1.5 La gran industria.

Con un tamaño mayor a los 200 trabajadores y con una densidad de capital promedio de 40 000 dólares por puesto de trabajo. Utilizan tecnologías intensivas en capital y alta productividad. La característica fundamental de este estrato empresarial es el asumir posiciones de monopolio y oligopolio (en las empresas privadas y estatales). Esto indica que las tecnologías utilizadas son importadas intensivas en capital que incorporan escalas de producción que corresponden a los mercados de los países desarrollados.

La existencia de la heterogeneidad tecnológica estructural en la industria peruana nos obliga a producir políticas diferenciadas y específicas para los diversos estratos empresariales. Esta variedad de políticas es una tarea difícil ya que no sólo se trata de responder a las necesidades concretas de cada estrato sino también de buscar la coherencia y compatibilidad entre ellas.

Finalmente, la tabla 3.3.1.1 presenta el resumen de las características de las diferentes tipos de industria existentes en nuestro país. En esta tabla se puede observar que el mayor porcentaje de industrias en el país, está concentrada en la industria artesanal, microempresa y pequeñas empresas; que constituyen el 73 % de la Población Económicamente Activa para el año de 1987, registrándose un gran dinamismo.

Tabla 3.3.1.1: Estratificación Industrial en el país.

Estrato	Nº trabajadores	PEA ⁽¹⁾	%	Nº empresas	K/L ⁽²⁾ US\$	Prod. %
Artesanía	1-8	165 000	23	55000	300	5
Micro Ind.	1-4	210 000	32	84300	600	8
Pequeña Ind.	5-19	137 000	18	17100	3000	13
Mediana Ind.	20-199	115 000	15	2300	12000	28
Gran Ind.	+ 200	92 000	12	206	50000	46

⁽¹⁾ PEA = Población Económicamente Activa.

⁽²⁾ Densidad de capital (capital invertido por puesto de trabajo).

FUENTE : Benavides, Livia (1992).

3.3.2 GENERACIÓN DE DESECHOS EN LA RAMA DEL ZINCADO ELECTROLITICO (GALVANIZADO).

A nivel de Lima Metropolitana funcionan diversas empresas que prestan estos servicios, pero aún son pocas las que realizan estos servicios de acuerdo a los procesos técnicos (uso de pruebas, controles químicos y técnicos). La mayoría de las micro y pequeñas empresas de este sector utiliza tecnologías y procesos de tipo artesanal. El uso creciente de productos químicos responde a un proceso de transferencia de tecnología y modernización de este tipo de empresas.

Actualmente es un tanto difícil estimar la cantidad de empresas que existen en Lima, debido a muchas de estas se encuentran en estado informal. Un indicador puede ser la estrecha relación que tienen con las empresas de la rama metal-mecánica a la cual brindan sus servicios. A setiembre de 1997, existían 1493 empresas (sector CIIU 2892) registradas en el MITINCI en todo Lima y Callao.

No existen sectores específicos donde funcionen. Por lo general, operan en lugares residenciales alejados o centros industriales

de Lima. Se puede ubicar algunas de estas empresas cerca a centros donde operen talleres de metal-mecánica o de servicio automotriz. Así, se tienen en La Victoria, parques industriales distribuidos en la Gran Lima, Av. Argentina (zona industrial). Av. Colonial, Plaza de Acho, y otras localidades.

Para esta actividad se requiere principalmente de insumos químicos y grandes volúmenes de agua para la preparación y acabado de los productos metálicos. Los principales insumos químicos son hidróxido de sodio, carbonato de sodio, tripolifosfato de sodio, humectantes, detergentes caseros, ácido sulfúrico, soda cáustica, inhibidores, cianuro de sodio, hidróxido de sodio o zinc, óxido de zinc y cloruro de cromo.

Para la ejecución del galvanizado (zincado electrolítico), se requieren de tinas en donde se sumergen las piezas que han de ser trabajadas.

3.3.2.1 Generación y destino de los desechos

Los principales residuos peligrosos se producen al trasladar de un baño a otro las piezas, dado que entre los baños se debe realizar un enjuague para retirar residuos químicos del baño anterior.

Igualmente, en el interior de cada una de las tinas se depositan desechos en forma de lodos. En este proceso se emplean precipitantes lo cual hace que en la base de las tinas se concentren los residuos que van quedando de los diferentes procesos. Estos lodos nunca han sido cuantificados pero se considera que son altamente peligrosos; los cuales son vertidos directamente al sistema de alcantarillado público.

3.3.3 PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS POR LA PEQUEÑA INDUSTRIA.

De acuerdo a un estudio preliminar sobre “Generación de residuos peligrosos en la pequeña empresa industrial en Lima - Perú”, realizado en 1992; a través de entrevistas realizadas para obtener información sobre la generación de residuos en pequeñas empresas representativas, permitió generalizar al sector la información obtenida de una empresa considerada promedio de su rama. En el cuadro 3.3.3.1 se presenta los desechos peligrosos generado por empleado mensualmente por actividad industrial.

Cuadro 3.3.3.1 : Desechos peligrosos generados por empleado mensualmente.

CIIU ⁽¹⁾	Descripción	Nº empresas	Empleados promedio por empresa	Desechos por empleado ^m
3231	Curtiembre	1000	5	120,0
3720	^(*) Fundición No Ferrosa.	130	6	182,7
3811	Metal Mecánica.	180	5	62,8
3811	Galvanoplastia.	180	4	36,0
3211	Tejidos.	70	5	0,7
3211	Tintorería.	130	4	118,5
9513	^(*) Servicio Automotriz			
	Cambio de aceite.	1200	3	1600 ^{lv}
9513	Lavado y desengrase de automóviles.	1200	3	1680

⁽¹⁾ Correspondiente a la revisión 2, de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme.

^m En toneladas.

^{lv} En cilindros.

^(*) Sus desechos son reciclables.

FUENTE : Benavides, Livia (1992).

Según el cuadro anterior, en el cuadro 3.3.3.2 se presenta el volumen final de generación mensual de desechos de la pequeña industria por empresa, y por empleado de la rama de galvanizado.

Cuadro 3.3.3.2 : Volumen final de desechos producido por la pequeña industria.

Tipo de desecho	VPM ⁽¹⁾	VPM ⁽²⁾	Destino del desecho	Característica
Residuos líquidos, en diferentes etapas: Residuo formado por polifosfatos de sodio, cianuro de sodio, soda cáustica, cloruro de cromo, hidróxido de sodio o zinc, óxido de zinc, carbonato de sodio, detergentes, humectantes.	144,0	800,0	- Colector industrial. - Suelos.	Altamente peligroso.

(1) Desechos generados, en toneladas.

(2) Desechos proyectados, en litros.

FUENTE : Benavides, Livia (1992).

Se observaba que en su mayoría (más del 90%) los residuos eran canalizados directamente a recolectores, principalmente domésticos.

Por otro lado, se consideran que se generan volúmenes considerables de residuos peligrosos, como en el caso de los desechos generados en empresas de galvanizado, o en parte del proceso de producción de las empresas de metal mecánica.

También, los residuos no son tratados convenientemente, dado que no existen sistemas apropiados de deposición de residuos, por ello la importancia del surgimiento de algunas empresas de reciclaje de desechos, que permiten la reutilización de algunos materiales, que de

otra manera no podían ser dispuestos en condiciones suficientes de seguridad.

Por otro lado, se tiene las tablas 3.3.1.2 y 3.3.1.3, que presentan la estimación y la proyección de la producción anual de desechos peligrosos en nuestro país.

Tabla 3.3.1.2 : Estimación de producción anual de desechos en el Perú.

N.P. ⁽¹⁾ Lodos (x 10 ⁶ tons.)	P. ⁽¹⁾ Lodos (x 10 ⁶ tons)	N.P. Líquidos (x 10 ⁶ tons)	P. Líquidos (x 10 ⁶ tons)	N.P. Sólidos (x 10 ⁶ tons)	P. Sólidos (x 10 ⁶ tons)
0,052	2,00	4,14	95,22	0,27	1,17

⁽¹⁾ N.P. = No Peligrosos.

P. = Peligrosos.

FUENTE: KONING, Henk de, et.al. (1994).

Tabla 3.3.1.3 : Proyección de la generación anual de residuos peligrosos en el Perú.

N.P. Lodos (x 10 ⁶ tons.)	P. Sólidos (x 10 ⁶ tons)	Total Desechos (x 10 ⁶ tons)	Población (x 10 ⁶)	Desechos (Tons/persona)
2	1,17	3,17	22	0,14

FUENTE: KONING, Henk de, et.al. (1994).

**CAPITULO IV:
IMPACTO SOBRE LA
SALUD PUBLICA Y
AMBIENTAL**

4.1 ASPECTOS TOXICÓLOGICOS

En un sentido estricto; la toxicidad puede definirse como el resultado final de dos reacciones opuestas:

Reacción I : El agente tóxico actúa sobre el organismo.

Reacción II : El organismo actúa sobre el agente tóxico.

El resultado final de estas dos reacciones opuestas es la toxicidad que se observa en muchas especies animales (incluyendo al hombre). Cuando el efecto tóxico se extiende a los vegetales y microorganismos, y su medio ambiente; es decir sobre los constituyentes vivos de los ecosistemas se está definiendo ecotoxicidad.

En términos generales, una sustancia muy tóxica causará daño a un organismo si se le administra en cantidades muy pequeñas; una sustancia de baja toxicidad sólo producirá efecto tóxico cuando la cantidad sea muy grande. En consecuencia, no se puede definir la toxicidad sin hacer referencia a la cantidad de sustancia administrada o absorbida (dosis), la vía de ingreso de esa cantidad (por ejemplo, inhalación, ingestión y absorción) y su distribución en el tiempo (por ejemplo, dosis única o dosis repetidas), el tipo y la gravedad de la lesión, y el tiempo necesario para producirla.

4.1.1 RELACIONES DOSIS-EFECTO Y DOSIS-RESPUESTA.

4.1.1.1 Dosis

Se emplea para especificar la cantidad de una sustancia química administrada expresada por unidad de peso corporal.

4.1.1.2 Efecto

Se emplea para denotar un cambio biológico.

4.1.1.3 Respuesta

Se emplea para indicar la proporción de una población que manifiesta un efecto definido. En otras palabras, es la tasa de incidencia del efecto.

4.1.1.4 DL₅₀

Es la dosis que previsiblemente causará una respuesta del 50 % en una población en la que se ensaya el efecto letal de una sustancia química.

El efecto, se puede medir en una escala graduada de intensidad o gravedad, relacionando su magnitud directamente en la dosis. Dependiendo del tiempo de exposición, los efectos pueden ser agudos y crónicos.

Los efectos agudos, son los que ocurren o se desarrollan rápidamente después de una administración única, teniendo en cuenta que algunos efectos agudos se pueden manifestar después de una exposición reiterada o prolongada.

Los efectos crónicos, se caracterizan por su duración y también por ciertas características patológicas. Se pueden derivar de la acumulación de una sustancia tóxica o de los metabolitos en el cuerpo, o de la suma de efectos agudos. El período de latencia (o “plazo hasta la manifestación” de un efecto observable) puede, a veces, ser muy prolongado; especialmente si la dosis o la exposición son bajas.

Por otra lado, las curvas de dosis-efecto y de dosis-respuesta, demuestran la relación entre la dosis y la magnitud de un efecto graduado, en un individuo y población.

Estas curvas pueden adoptar diversas formas. En general estas curvas son sigmoideas (crecientes), con asíntotas superiores e inferiores por lo común de 100% y 0%. En principio; existen tanto una dosis baja a la cual nadie responderá como una dosis alta a la cual todos responderán. En consecuencia, para cada efecto, habrá una curva de dosis respuesta diferente.

En general, las curvas de dosis-efecto y dosis-respuesta, se transforman linealmente y se grafican como tal (ver figura 4.1.1.4.1).

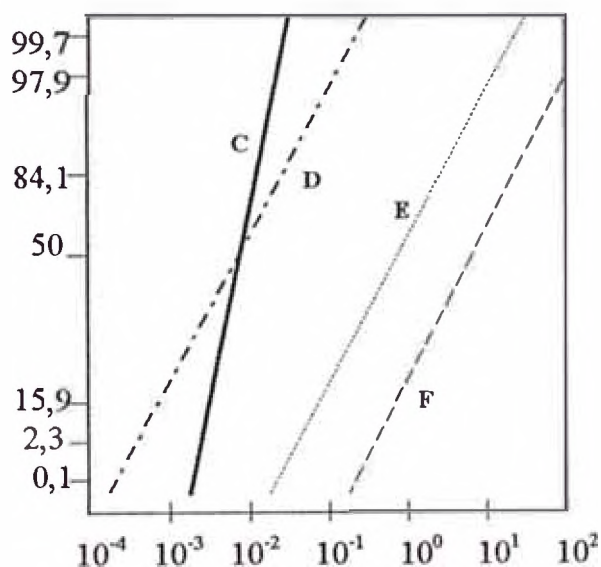


Figura 4.1.1.4.1 : Curvas de dosis-respuesta (D-R).

Las curvas C, D, E y F corresponden a cuatro sustancias químicas.

En dosis más elevadas la sustancia química C sería más efectiva que la D, y en dosis más bajas la sustancia química D sería más efectiva. E y F muestran equiefectos relativos en una relación de 1 a 10 y sólo se aplican a un único efecto específico y a un conjunto de condiciones experimentales.

Un efecto tóxico distinto o la administración por una vía distinta bien no pueden producir curvas paralelas de D-R, respecto a las mismas sustancias químicas¹.

Por lo tanto, el objetivo primordial de las pruebas toxicológicas es determinar los efectos de las sustancias químicas en sistemas biológicos y obtener datos de las características de dosis-respuesta de la sustancia química. Estos datos pueden suministrar información respecto del grado de peligrosidad para el hombre y el medio vinculado con una exposición potencial en relación con un empleo específico de esta sustancia química.

4.1.2 METALES TÓXICOS

Los metales traza, en sentido geológico, son la principal fuente de los problemas de toxicidad debido a los metales, puesto que la mayoría de los organismos no se adaptan a ellos cuando se encuentran localmente en el ambiente en altas concentraciones².

Estos metales trazas, se encuentran en concentraciones menores o iguales a 1000 ppm sobre la corteza terrestre. Pueden dividirse en “pesados” (con densidades superiores a 5 g/cm³) y “ligeros” (con densidades menores a 5 g/cm³). La tabla 4.1.2.1 muestra tal característica.

Tabla.1.2.1 : Metales traza de interés toxicológico

ELEMENTO	DENSIDAD ^g	ELEMENTO	DENSIDAD ^g
Aluminio ^{1/}	2.70	Manganeso	7.43
Antimonio	6.62	Mercurio	13.6
Arsénico	5.72	Molibdeno	10.2
Bario ^{1/}	3.50	Níquel	8.90
Berilio ^{1/}	1.85	Plomo	11.4

¹ Nociones básicas de toxicología - Lecturas complementarias. Centro Panamericano de ecología Humana y Salud, 1985.

² Toxicología Ambiental. Duffus, John F. 1983. Pág. 81.

ELEMENTO	DENSIDAD ^{a/}	ELEMENTO	DENSIDAD ^{a/}
Cadmio	8.65	Selenio ^{1/}	4.79
Cromo	7.19	Talio	11.85
Cobalto	8.9	Tungsteno	19.30
Cobre	8.96	Vanadio	6.1
Estaño	7.30	Zinc	7.14
Hierro	7.86		

^{a/} en gramos por centímetros cúbicos (g/cm3).

^{1/} metal traza ligero, potencialmente peligroso.

En el cuadro 4.1.2.1, se presentan las formas de contaminación ambiental y las causas que originan la presencia de metales traza en el planeta.

Cuadro 4.1.2.1 : Actividades que originan contaminación de metales traza.

Naturales	Antropogénicas
<ul style="list-style-type: none"> • Formación de menas. • Meteorización de las rocas. • Lixiviación. • Degasificación. • Erupción volcánica. • Lluvias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quema de combustibles fósiles. • Extracción de minerales. • Descarga de residuos industriales, agrícolas y domésticos. • Aplicación deliberada de plaguicidas.

No obstante, muchos metales trazas son esenciales para la vida obviamente, en bajas concentraciones (ver cuadro 4.1.2.2); debido a que juegan un rol importante en el metabolismo de los organismos vivos.

Cuadro 4.1.2.2: Los beneficios de algunos metales.

Metales	Beneficios
Calcio	Fortalece los huesos y los dientes; ayuda a calmar los nervios en el tratamiento del insomnio. Esencial para la acción rítmica del corazón y necesario para el crecimiento de músculos. Ayuda a prevenir el cáncer al colon.

Metales	Beneficios
Cromo	Ayuda a la asimilación de carbohidratos, funciona en el metabolismo de glucosa para convertir a energía, ayuda a llevar proteínas donde es necesario, con prevención de bajar la presión alta. Sintetiza el colesterol, grasas y proteínas, también estabiliza el azúcar en la sangre.
Hierro	Necesario para la producción de hemoglobina, sube la calidad de la sangre, incrementa la resistencia al stress y enfermedades. Importante para el crecimiento de los niños.
Magnesio	Es la sustancia más importante en el funcionamiento del sistema nervioso, músculos y mantenimiento de huesos sanos, conocido también como el mineral antistress. Ayuda a prevenir la depresión y la presión alta.
Manganeso	Necesario para la reproducción de proteínas, carbohidratos y grasas, y para el crecimiento normal de los huesos. Ayuda a mantener la hormona del sexo en la producción. Suplemento adecuado al sistema nervioso en el cerebro.
Potasio	Esencial para músculos, nervios y el corazón, ayuda a mantener un balance normal de minerales en la sangre; trabaja con el sodio para regular el balance de agua en el cuerpo y ayuda a prevenir los infartos.
Selenio	Interviene con la vitamina E en el proceso metabólico de la fertilidad y en el crecimiento normal del cuerpo. Optimiza el sistema de inmunidad contra radicales libres, ayuda a mantener un corazón saludable.
Zinc	Es un mineral esencial para el funcionamiento de la próstata. Necesario para curar y crear nuevas células, ayuda a las enzimas en la digestión y el metabolismo. Importante para el crecimiento en general.

FUENTE : El Comercio (17/09/95).

En general, los metales tienen la capacidad de combinarse con una gran variedad de moléculas orgánicas, especialmente con los grupos sulfhidrilos (-SH) de las proteínas. Sin embargo, la reactividad de cada metal es diferente y por lo tanto su fuerza de unión con las proteínas también lo es. Los metales al unirse a los grupos sulfhidrilos producen la inhibición de la actividad de numerosas enzimas del organismo³.

³ Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales. Vega, Sylvia.1985.

El transporte de los metales a través de las membranas celulares difiere según las características del compuesto metálico y del tejido. La concentración efectiva de un metal tóxico en la célula blanco depende tanto del tiempo de exposición, explicados anteriormente, como de los patrones toxicocinéticos del metal.

Los metales que se encuentran en alimentos, deben su presencia a diferentes causas, que van desde su obtención o cultivo, hasta su industrialización.

En efecto, mucho de los productos agrícolas de consumo humano directo; son regados con aguas residuales industriales que contienen concentraciones de metales tóxicos como plomo, cadmio; entre otros y que posteriormente son vendidos en los mercados de Lima y Callao (ver cuadro 4.1.2.3); constituyendo, en consecuencia, un riesgo para la salud humana.

Algunos metales como el plomo, el cadmio o el mercurio, pueden considerarse como tóxicos sistémicos, es decir que pueden afectar a más de un órgano, siendo generalmente ingeridos y distribuidos a diferentes órganos por la sangre.

En el cuadro 4.1.2.4; se muestran las fuentes, los usos y el estado natural en que se encuentran algunos metales tóxicos. Puede notarse que muchas de las fuentes de estos metales tóxicos están referidas a la industria metalúrgica y de acabado de metales.

Cuadro 4.1.2.3 : Plomo y Cadmio en productos agrícolas.

Zona	Lugar de muestreo	Especies	Concentración	
			Pb (pg/g)	Cd (pg/g)
CALLAO*	Zona de cultivo	maíz	< 0,002	< 0,0003
		papa	0,002	< 0,0003
		espinaca	0,014	< 0,0003
		zanahoria	< 0,002	< 0,0003
	mercado	maíz	< 0,002	< 0,0003
		papa	0,002	< 0,0003
		espinaca	0,004	< 0,0003
		zanahoria	< 0,002	< 0,0003
		fresa	0,002	< 0,0003
SAN MARTIN*	zona de cultivo	maíz	< 0,003	< 0,0003
		espinaca	< 0,009	< 0,0003
	mercado	maíz	0,002	< 0,0003
		papa	0,002	< 0,0003
		espinaca	0,037	< 0,0003
		zanahoria	< 0,002	< 0,0003
		fresa	< 0,002	< 0,0003
SAN JUAN*	zona de cultivo	maíz	0,003	< 0,0003
CIENEGUILLA	zona de cultivo	maíz	< 0,002	< 0,0003
MERCADOS DE LIMA	Mayorista	maíz	< 0,002	< 0,0003
		papa	< 0,002	< 0,0003
		espinaca	< 0,002	< 0,0003
		zanahoria	< 0,002	< 0,0003
		fresa	< 0,002	< 0,0003
	Central	maíz	< 0,002	< 0,0003
		papa	< 0,002	< 0,0003
		espinaca	< 0,002	< 0,0003
		zanahoria	< 0,002	< 0,0003
		fresa	< 0,002	< 0,0003

* Terrenos que usan agua residual sin tratar.

FUENTE : "Evaluación de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura". CEPIS. (1993).

Cuadro 4.1.2.4 : Principales fuentes de contaminación y usos de algunos metales pesados.

METALES PESADOS	ESTADO NATURAL	FUENTES DE CONTAMINACIÓN	USOS
Plomo (Pb)	Galena PbS	Efluentes de industrias metalúrgicas: labores mineras, concentradoras, fundiciones, refineras.	Recipientes para cocinar, comer o almacenar vino, productos enlatados, tuberías para agua, pinturas, aparatos para destilar, soldaduras de latas, sales para vidriado, joyería, baterías, gasolina (TEPb), tubos de dentrífico, aleaciones, municiones, calafateo y revestimiento de cables, esmaltes de las cerámicas, cosméticos, etc.
Mercurio (Hg)	Cinabrio HgS	Industrias de cloro-álcalis: produce cloro y soda caústica. Metalurgia del oro.	Producción de aparatos eléctricos, fungicidas. Tratamiento de los minerales de plata y de oro, fabricación de amalgamas, bombillas eléctricas incandescentes, tubos de rayos x, curtición de pieles, fotografía, .
Aluminio (Al)	Bauxitas: $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ Ortoclasa: $KAlSi_3O_8$ Corindón: Al_2O_3	Industria metal mecánica Electrometalurgia. Desechos industriales, lixiviación de minerales y suelos.	Aleaciones, fabricación de cables, marcos de ventanas, automóviles, decoración, joyerías, envases de bebidas y alimentos, empaques, pinturas, pirotecnia, utensilios de cocina, drogas farmaceuticas, pastas dentrificas, medicamentos.
Zinc (Zn)	Esfalerita (Zn,Fe)S	Metalurgia Extractiva y Electrometalurgia Lixiviación del Zn de las tuberías galvanizadas y de las conexiones que tienen latón y zinc.	Recubrimiento de metales: galvanizado de hierro y acero.
Cadmio (Cd)	Greniquita (blenda de cadmio) o sulfuro de cadmio, asociada a los depósitos de esfalerita .	Industria de Plásticos. Industria metalúrgica. Industrias de electrodeposición. Desgaste de llantas de automóviles.	Como agente antifricción, agente antioxidación y en aleaciones. También en los semiconductores, varillas de control para reactores nucleares, bases de electrodeposición, la manufactura de PVC y baterías, sulfuro de cadmio y sulfoseleniuro de cadmio se usan como pigmentos amarillo y rojo respectivamente en plásticos y tintes. El sulfuro de cadmio se usa células solares y fotográficas.

La literatura investigada acerca de los efectos nocivos de las trazas de metales pesados, sobre los constituyentes vivos de los

ecosistemas (ser humano, plantas y animales vivos); ha dado como resultado el desarrollo del cuadro 4.1.2.5; el cual presenta los efectos sobre los órganos afectados por la intrusión de tales metales en la cadena alimenticia; aspecto muy importante en la contaminación ambiental.

Cuadro 4.1.2.5 : Toxicidad de algunos metales pesados

Metal	Efectos	Órgano Crítico
Cadmio	Daños al funcionamiento de los túbulos renales, elevada prevalencia de proteinuria (presencia de proteínas en la orina). Por la ingesta de alimentos produce el mal de Itai-Itai: daño renal, altera el metabolismo del calcio osteomalasia (disminución de calcio disponible) y osteoporosis (desosificación del tejido óseo, debilidad estructural del hueso), y cáncer. Por inhalación: neumonitis letal y enfisema (alteración de pulmones), vómitos, diarrea y colitis, hipertensión, muerte prematura. Tiene efectos mutagénicos y carcinogénicos.	Próstata Riñón Pulmones Corazón Hígado.
Cobre	Envenenamiento a altas concentraciones.	Cerebro.
Cromo	Cromo ⁺⁶ : envenenamiento. Carcinogénicos Cromatos : irritación a los ojos, nariz y garganta. La exposición crónica tiene efectos carcinogénicos. A nivel celular los efectos son mutagénicos.	Pulmones Riñón Hígado
Hierro	En la biodiversidad produce muerte de peces por contaminación en cantidades excesivas. La ingesta excesiva causa inhibición de la actividad enzimática. La inhalación de polvos puede causar neumoconiosis benigna, resaltando efectos dañinos del SO ₂ y varios carcinogénicos.	
Manganeso	Calambres, temblores y alucinaciones. Neumonía mangánica, y degeneración renal.	Riñón
Níquel	Inhibición enzimática. Alteraciones en el tejido epitelial, produce dermatitis, desórdenes respiratorios. Tiene efectos carcinogénicos.	Piel Pulmones
Plomo	Saturnismo o plumbismo. Problemas gastrointestinales, anemia, debilidad, cansancio, dolor de cabeza, dolor muscular, irritabilidad, falta de atención, dolor de estómago y abdomen, estreñimiento y a menudo náuseas. Encías presentan la "línea de plomo" o ribete gingival o de Burton, pérdida de equilibrio (en niños), pérdida de movimientos de músculos (como de la mano, que se ve flácida), los nervios oculares son afectados, llegándose a perder la vista). El plomo proveniente de la contaminación atmosférica causa irritabilidad, ansiedad, depresión. Alteraciones de la función visual motriz (coordinación ojo-mano, tiempo de reacción visual), de las funciones intelectuales y disminución de la velocidad de conducción motriz. Alteraciones de la función renal, evidenciadas por la existencia de niveles elevados de ácido úrico en la sangre.	Hígado Riñón Huesos Dientes Cerebro

Metal	Efectos	Órgano Crítico
Mercurio	Mercurio orgánico (metil mercurio): ataxia (entumecimiento de dedos, labios y lengua. Dificultad para hablar, falta de coordinación, sordera y visión borrosa con disminución del campo visual, retardo mental, pérdida de memoria); movimientos coreiformes (contorsiones y sacudidas involuntarias y espontáneas de las extremidades y de los músculos de la cara); esclerosis lateral amiotrófica (enfermedad nerviosa degenerativa de las neuronas, debilidad y espasticidad. o contractura de los miembros, atrofia muscular, hiperreflexiva).	Cerebro Hígado Riñón Pulmón
Zinc	En presencia de As, Pb, Cd y Sb, aumenta su toxicidad. La inhalación de nieblas de baños de galvanizado produce "fiebre del zinc": escalofríos, fiebre y náuseas. Vapores de cloruro de zinc causa edema mortal. No es bioacumulable.	Pulmones

El interés de la presente investigación, está dirigido a la toxicidad que presentan los metales pesados de los efluentes líquidos de la industria de procesos electrolíticos (galvanizado); debido a que éstos no cambian de lugar con rapidez ni experimentan destoxicación rápida a través de actividades metabólicas por lo que se acumulan en el organismo vivo, significando un riesgo para la salud.

En efecto, ecotoxicidad que presenta el plomo es que este elemento se acumula en los huesos (especialmente huesos largos, como piernas y brazos), reemplazando muchas veces al calcio; y que en algunos casos este plomo depositado puede alcanzar niveles que den lugar a una reintoxicación, si se altera el metabolismo calcio-fósforo (ver cuadro 4.1.2.5).

Cuadro 4.1.2.5 : Niveles de toxicidad del plomo en el hombre

Concentración en sangre (µg/100 ml)	Ingesta diaria para obtener dicho nivel en sangre (mg)	Efecto
20	0.3	Normal. Sin efectos evidentes.
> 40	1.0	Aumento del α-amino levulínico en orina y sangre.

> 80	3.0	Disminuye la cuenta de eritrocitos, cólicos abdominales, anemia, retraso mental progresivo en niños.
> 120	10.0	Daño agudo al cerebro y sistema nervioso central.

FUENTE: Toxicología de alimentos, pág. 147, México (1986).

4.1.3 COMPUESTOS DE CIANURO.

En primer término, se designa como cianuros (CN⁻) al ácido cianhídrico (HCN) y a sus sales de sodio, potasio y calcio que son más usados en el medio laboral. La importancia del estudio de los cianuros, además de su toxicidad, radica en que son sustancias peligrosas debido a que son inflamables y reactivas. El mal hábito de fumar en el ambiente laboral constituye un peligro de incendio y riesgo de explosión. El peligro es inminente cuando éste es calentado como ocurre en los procesos electrolíticos materia de estudio.

A continuación en el cuadro 4.1.3.1; se describen algunas características que presentan los compuestos de cianuro, arriba mencionados.

Cuadro 4.1.3.1 : Características de los compuestos de cianuro.

Compuesto	Características
<ul style="list-style-type: none"> Ácido cianhídrico (HCN): ácido prúsico, ácido hidrocianico. 	Gas incoloro más pesado que el aire. Líquido blanco azulado de olor a almendras amargas. Es explosivo en mezclas con el aire de 5 a 40%
<ul style="list-style-type: none"> Cianuro de sodio (NaCN) 	Sólido blanco cristalino a temperatura normal.
<ul style="list-style-type: none"> Cianuro de potasio (KCN) 	Sólido blanco cristalino.
<ul style="list-style-type: none"> Cianuro de calcio [Ca(CN)₂] 	Es terrabalino, llamado "cianuro negro"

Los tres últimos compuestos por acción del agua y ácidos producen HCN que es muy tóxico. El HCN también puede estar presente en algunos vegetales y plantas (ver cuadro 4.1.3.2).

Cuadro 4.1.3.2 : Contenido de HCN en algunas plantas

Vegetal	HCN (mg/100g)
Frijol (<i>phaseolus lunatus</i>)	14,4 - 167
Casos Especiales	210 - 312
Sorgo	250
Yuca	113
Linaza	53
Judías (<i>phaseolus sp.</i>)	2
Chícaro	2,3

FUENTE : Toxicología de alimentos, pág. 8. (1986).

El CN⁻ puede sufrir varias transformaciones. Una es la transulfuración en la cual se introduce azufre produciéndose un sulfocianato o tiocianato; el cual es excretado parcialmente por vía renal. Además el tiocianato es oxidado al estado de sulfato para ser eliminado también por la orina. Un segundo paso es la oxidación del CN⁻ para transformarse en formiato por condensación con aminoácidos azufrados (cisteína).

En efecto, durante la biotransformación se llegan a tener niveles altos de tiocianatos, ya que el cianuro reacciona con productos de la degradación de la cisteína. El cianuro y el tiocianato (que pueden causar problemas de bocio); sin embargo son eliminados en la orina como cianometahemoglobina.

En la figura 4.1.3.1; se esquematiza las reacciones de biotransformación del cianuro.

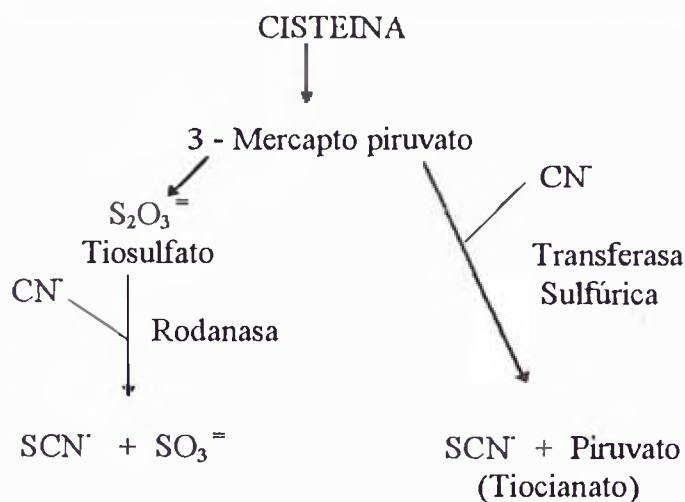


Figura 4.1.3.1 : Biotransformación del cianuro

De las reacciones anteriores, se deduce que un aumento en la concentración de tiocianato favorecerá la eliminación de cianuro, lo cual justifica el suministro de tiosulfato como antídoto, a pesar del riesgo de la formación de compuestos bociogénicos. Un tratamiento alternativo comprende el uso de vitamina B₁₂.⁴

Los cianuros por acción local producen irritación de las mucosas respiratorias y de la piel de grado mínimo a intenso (úlceras, corrosión). La acción general es la más importante ya que el HCN y los cianuros tienen una gran capacidad y rapidez para formar complejos con los iones metales. Entre ellos está el hierro que actúa como cofactor con la citocromooxidasa a nivel de la respiración celular. Es decir, el HCN actúa como inhibidor de la cadena respiratoria. El CN⁻ se une con el ión e inhibe la enzima produciendo una anoxia química por falta de entrega de oxígeno a los tejidos, o sea, una alteración del mecanismo aerobio.

⁴ Toxicología de alimentos, pág. 10-11, 1986.

4.1.4 RIESGO PARA LA SALUD HUMANA.

Como se ha visto anteriormente; los efectos en la salud que son resultado de la exposición a distintas sustancias químicas ocurren en muchas formas y órganos diferentes según el tipo de sustancia química de que se trate, la vía de exposición y la dosis que se recibe. La ingestión es la vía de exposición que se informa con mayor frecuencia en episodios de contaminación ambiental que han afectado a los sistemas hepático, renal, hematopoyético, reproductivo y nervioso central⁵. A continuación se presenta los principales efectos sanitarios.

4.1.4.1 Efectos carcinogénicos

De acuerdo a investigaciones realizadas; el cáncer rara vez surge espontáneamente (sin ninguna causa conocida), y que la frecuencia de fondo del cáncer “espontáneo” se ve aumentada por muchos agentes existentes, entre los cuales figura en forma prominente un número relativamente grande de productos químicos. La sensibilidad individual a la inducción del cáncer por éstos agentes parece variar según la sustancia, la edad, el sexo, la constitución genética, la alimentación y la modalidad de exposición.

El Centro Internacional sobre el Cáncer (IARC, 1987), ha informado que las sustancias químicas y procesos químicos industriales carcinogénicos, pueden clasificarse en cinco categorías: 1) el agente es carcinogénico para lo seres humanos, 2A) el agente es probablemente carcinogénico para el hombre, 2B) el agente es posiblemente carcinogénico para el hombre, 3) el agente no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para el hombre, y 4) el agente no es probablemente carcinogénico para el hombre. En el anexo IV-2 se proporcionan listas de las sustancias químicas y procesos de las dos primeras listas de estas categorías.

⁵ Desechos peligrosos y salud en América Latina, pág. 8, 1994.

4.1.4.2 Efectos en la reproducción

La exposición a productos químicos en el medio ambiente, rara vez ejerce un sólo efecto en un sistema biológico, y tales sustancias pueden influir en el proceso reproductivo por estos tres tipos de acción: 1) genéticamente, al modificar los genes mismos; 2) como teratógeno, al afectar el desarrollo embrionario durante la gestación; y 3) como producto tóxico paterno o fetal, al trastornar la función reproductiva o causar crecimiento fetal anormal.

A continuación, en el cuadro 4.1.4.2.1, se presenta una lista de los posibles puntos finales. No se comprenden claramente cómo éstos puntos finales se relacionan unos con otros, o si cambios en uno necesariamente irán acompañados de cambios en otros⁶.

Cuadro 4.1.4.2.1 : Efectos en la reproducción, el desarrollo fetal y neonatal

Efectos	Puntos Finales
<ul style="list-style-type: none"> • Disfuncionalidad sexual • Anormalidades de los espermatozoos • Subfecundidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Libido, potencia • Número, morbilidad, forma • Gónadas anormales, desarrollo prepuberal anormal, infertilidad, amenorrea, ciclos anovulatorios, retraso en la concepción
<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad durante el embarazo y el parto • Pérdida fetal temprana (hasta 28 semanas) • Pérdida fetal tardía (después de 28 semanas) • Muerte intraparto • Muerte en la primera semana del puerperio • Peso bajo al nacer 	<ul style="list-style-type: none"> • Toxemia hemorragia • Toxemia hemorragia

⁶ Desechos peligrosos y salud en América Latina, pág. 11, 1994.

Efectos	Puntos Finales
<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en la edad de gestación al parto • Razón alterada de sexos • Partos múltiples • Defectos de nacimiento • Anormalidades cromosómicas • Mortalidad infantil • Morbilidad de la niñez • Neoplasias malignas de la niñez • Efectos posnatales • Defectos funcionales • Edad de la menopausia 	<ul style="list-style-type: none"> • Prematuridad, posmaturidad • En defunciones fetales, al nacer • Importantes, menores • En defunciones fetales, en la amniocentesis, en defunciones perinatales, en nacimientos vivos • Peso adulto disminuido, efectos en el SNC, el intelecto, el comportamiento.

FUENTE: Grisham (1986).

Es importante destacar que a diferencia de la mutagénesis y la carcinogénesis, la teratogénesis es un fenómeno umbral.

En consecuencia, no es de esperar que los efectos teratogénicos aumentaran en condiciones de exposición por debajo de un umbral. Algunos metales, como el plomo y el mercurio, se conocen que son teratógenos en el hombre. Los compuestos industriales presentes como contaminantes ambientales pueden producir daño en el lactante y el niño, tanto directamente, como al atravesar la placenta debido a la exposición de la madre. Los estudios realizados no son concluyentes respecto los efectos adversos a los niveles de exposición bajos característicos de muchas exposiciones.

4.1.4.3 Efectos neurológicos

Considerando la complejidad del sistema nervioso, puede resultar una amplia variedad de cuadro clínicos ya que ciertos productos neurotóxicos pueden mostrar propensión a afectar los nervios sensitivos, mientras que otros pueden afectar a las vías

motoras, los ganglios basales, el cerebelo o las neuronas cerebrales dispersas. En contraposición a los efectos de largo plazo retardados que se observan con respecto a los productos químicos más carcinogénicos, el periodo entre la exposición y el efecto correspondiente a un producto químico neurotóxico potencial es corto.

Los déficit neuropsicológicos que se han informado en relación con la exposición a sustancias tóxicas incluyen trastornos en la inteligencia, la memoria y la solución de problemas, así como alteraciones en la atención, el funcionamiento psicomotor y el estado de ánimo. Siempre que sea posible, los datos psicológicos deben correlacionarse con resultados bioquímicos o fisiológicos.

Uno de los episodios más ampliamente conocido de intoxicación neural, ocurrió en la población de la bahía de Minamata, Japón, donde se descargaron de una fábrica efluentes que contenían mercurio.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD EMPRESARIAL MATERIA DE ESTUDIO.

La “empresa Z” que se ha seleccionado para el presente estudio, es una empresa individual de responsabilidad limitada (E.I.R.L); que realiza actividades en el rubro del galvanizado; el cual implica los recubrimientos de zincado, niquelado, cromado, cobrizado, bronceado, cadmiado, plateado, entre otros. Se encuentra localizada en el casco urbano de la Provincia Constitucional del Callao.

La “empresa Z”; inició sus operaciones en el año 1988, con un operario. Actualmente da ocupación a 06 personas, de las cuales dos (02) de ellas son

estables; además de un (01 gerente), y las otras cuatro (04) personas están en condición de contratadas. Cada trabajador percibe un salario de aproximadamente cuatrocientos y 00/100 nuevos soles (S/. 400.00).

Se trabaja seis (06) días a la semana en el horario de 8:00 a 18:00 horas. Cuando se incrementa el trabajo; el gerente considera trabajar en dos (02) turnos de 8:00 a 18 horas (turno normal) y de 22:00 a 8:00 horas (turno nocturno).

Por el volumen de producción y servicios⁷ que presta a la comunidad, corresponde al de una microempresa industrial. Sin embargo la infraestructura tanto física como de equipamiento, muebles y enseres, y por el personal ocupado corresponden al de una Pequeña Empresa Industrial (de acuerdo a lo señalado en el Capítulo III, ítem 3.3.1).

El monto de la inversión sobrepasa a los cuarenta mil dólares americanos (U.S.\$ 40000); esto es considerando sólo el equipamiento y los insumos químicos que se utilizan. El local es propiedad familiar.

Actualmente, existen 1493 empresas registradas (entre micro, pequeñas, medianas y grandes empresas)⁸; debido a la competencia existente entre actividades similares cercanas al lugar y a la proliferación de esta actividad (galvanizado) en la Gran Lima y Callao; en esta empresa sólo se está realizando el zincado electrolítico, que es lo más exige el mercado.

El volumen de procesamiento es de 800 kg/día, correspondiente a una producción mensual promedio de 18 toneladas; la cual obviamente varía en función a la demanda de los servicios que presta a la comunidad industrial.

⁷ Entiéndase el tratamiento o acabado final de las piezas; más no su fabricación propiamente dicha.

⁸ Información proporcionada por el Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales - MITINCI al 02/09/97. La cifra sólo corresponde al CIU 2892.

En épocas difíciles sólo se llega a procesar entre 8 y 10 toneladas mensuales e inclusive una cantidad menor a estas cifras.

El local no cuenta con autorización del MITINCI, pero si dispone de licencia municipal.

De otro lado, el abastecimiento de agua es directamente de la red pública, variando el consumo promedio de 200 - 350 m³ mensuales.

Asimismo, el consumo de energía eléctrica mensual varía en promedio de 800 a 1000 kilovatios.

La pequeña planta realiza sus operaciones manualmente; debido a que las piezas son movidas entre una y otra tina por los mismos operarios, muchas veces con ayuda de tecles provistos de una polea corrediza que se iza jalando unas cadenas.

Sin embargo, se genera mucho desorden en los movimientos de los operarios dentro de la zona de trabajo; debido a que los espaciamentos (pasarelas) son muy estrechos, eliminando permanentemente residuos, tanto de la tina de ácido como de la tina del baño electroquímico que contiene cianuro. Afortunadamente, el piso presenta un declive juntándose dichas aguas residuales en una canaleta de 07 cm de ancho que concluye en una tubería que descarga la cual descarga a una caja de registro final para su posterior salida al colector de la red de alcantarillado público; es decir, no existe un tratamiento previo de las aguas residuales antes de la descarga al alcantarillado público.

Tampoco existe una tina de enjuagues para evitar en lo posible mojar el piso a la vez de gastar demasiada cantidad de agua potable al realizar dichos enjuagues.

De la misma manera; la “empresa Z”, tampoco cuenta con campanas de extracción de vapores tóxicos y nieblas; así como también, no existe un sistema de ventilación apropiado. La ventilación se realiza de manera natural; es decir, al aire libre. La zona de trabajo, presenta un techo el cual alcanza unos 5 metros sobre el nivel del piso.

4.2.1 EQUIPAMIENTO E INSUMOS QUÍMICOS

La “empresa Z” cuenta con el siguiente equipamiento:

- 05 tinas o pozas de 3 a 4 años de antigüedad.
- 03 rectificadores de corriente.
- 01 secadora.
- 02 tambores con tina de inmersión manual con manizuela.
- 02 desbastadoras-pulidoras manuales tipo clásicas.
- Varios bastidores o ganchos que se acondicionan de acuerdo al trabajo que se ha de realizar. Sirven para colocar y mantener las piezas dentro del baño mientras se realiza la electrólisis así como para facilitar el transporte de las piezas de un lugar a otro (a los distintos baños).
- Los ánodos son del tipo soluble, los cuales están constituidos por el mismo material que se ha de depositar.

Como fuente de energía utiliza un rectificador eléctrico, el cual convierte la corriente eléctrica alterna en continua, elemento clave para realizar el proceso electrolítico.

Para que el acabado resulte muy brillante y de hermoso color, se utiliza un calentador de inmersión, el cual tiene la forma de un serpentín, fabricado de teflón, muy fácil de doblarse y enrollarse.

De otro lado, se utiliza una tina con baño de cianuro de sodio, soda cáustica y otros productos químicos como abrillantadores y su correspondiente rectificador de corriente; debido a que sólo procesa el

zincado electrolítico. El rectificador de corriente es operado manualmente por voluntad propia de los operarios.

Los insumos químicos utilizados para la deposición electrolítica del zinc, se presentan con mayor detalle en la tabla 4.2.1.

Tabla 4.2.1 : Insumos químicos utilizados en el zincado electrolítico^(*).

INSUMOS	CANTIDAD
Cianuro de sodio	30 ^{a/}
Hidróxido de sodio ^{1/}	100 ^{a/}
Ácido clorhídrico ^{1/}	200 ^{a/}
Ácido nítrico ^{1/}	10 ^{a/}
Abrillantador	15 ^{a/}
Gasolina ^{2/}	100 ^{b/}

^(*) corresponden al promedio mensual.

^{1/} grado técnico.

^{2/} de 84 octanos.

^{a/} en kilogramos.

^{b/} en litros.

La pequeña planta también dispone de otros baños químicos para realizar otros trabajos de recubrimiento electrolítico; así por ejemplo se tienen baños cobre (cianuro de cobre, hidróxido de sodio, pirofosfato de cobre, sulfato de cobre, abrillantadores, entre otros); para los baños de níquel (sulfato de níquel, cloruro de níquel, cloruro de amonio, abrillantadores, entre otros); para los baños de cromo (ácido crómico, sulfato de estroncio, cromato de estroncio, entre otros); como también baños de oro (cianuro de oro y potasio, hidróxido de potasio, citratos, aditivos, entre otros); y otros baños más.

4.2.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y OPERACIONES

Para realizar el tratamiento con recubrimiento de zinc (zincado electrolítico) se desarrollan los siguientes procesos:

4.2.2.1 Desengrase

Consiste en limpiar y sacar la grasa de las piezas metálicas y bañarlas con gasolina, en una tina de plástico de 12 litros. Este

proceso sólo se realiza en piezas pequeñas y cuando el material viene con grasa o suciedad. Se le pasa con una brocha a todas y cada una de las piezas a ser tratadas.

Cuando las piezas presentan brillo están listas para ser sometidas al secado con aserrín y/o viruta de madera.

4.2.2. Decapado

Como se discutió en el Capítulo I, el decapado se realiza con la finalidad de remover el óxido de la superficie.

Para el caso de las piezas pequeñas, posterior al desengrasado, las piezas pasan a una tina de 2100 litros la cual contiene ácido clorhídrico al 20% aproximadamente, y luego son enjuagadas con abundante agua. Una vez que las piezas se encuentren “limpias” (libre de suciedad y óxido) son llevadas al tambor rotatorio para ser procesadas.

Para el caso de las piezas grandes como tuberías de embarcaciones que es lo que más se está procesando; previamente se realiza el “arenado” el cual no se lleva a cabo en esta pequeña planta. El arenado consiste en quitar el óxido mediante la inyección de partículas de arena a gran velocidad sobre la superficie del tubo (interna y externa). O sea, la pieza llega a la planta con este tratamiento preliminar.

Posteriormente, la pieza pasa a la tina de ácido, arriba indicada, para ser decapada; es decir, eliminar los óxidos por medio del ataque del ácido clorhídrico. En este proceso no se aplica corriente eléctrica para ayudar a quitar el óxido.

Seguidamente cuando se decapa totalmente el material, se enjuaga con abundante agua (aproximadamente de 150-180 litros). Este baño se cambia totalmente, cada tres a cuatro (03 a 04) meses, debido a que el ácido pierde su efectividad a la vez que se contamina.

4.2.2.3 Baño de zincado electrolítico

Este es un baño cianurado, que al igual que en los procesos anteriores, se realiza en una tina, mucho más grande, de 4000 litros con 0,80 a 0,9 m de altura. Este baño contiene cianuro de sodio, hidróxido de sodio o zinc, óxido de zinc y abrillantadores.

En este baño se realiza el zincado electrolítico; debido a que se le aplica corriente eléctrica continua; la cual es convertida por un rectificador de corriente.

Dependiendo del tamaño de las piezas, el zincado electrolítico se produce; permaneciendo las piezas entre 40 a 60 minutos. Posteriormente se enjuaga con abundante agua corriente (250-300 litros) por pieza.

Al cabo de cierto tiempo (una semana de trabajo), aparecen en el baño pequeñas cantidades de impurezas propios del proceso, originado por los componentes químicos ya sea en forma suspendida o sedimentada. Por lo que este baño es filtrado y evacuado a la alcantarilla pública, sin ningún tratamiento previo. En la tabla 4.2.2.3.1; se presenta la composición de los baños de zincado alcalino cianurado.

4.2.2.4 Pasivado

En este proceso se realiza el acabado final de las piezas dejándolas lustrosas y de hermoso color. El baño se realiza en una tina de 780 litros la cual contiene ácido nítrico diluido. La pieza permanece entre 5-10 seg. Rápidamente es retirada e inmediatamente enjuagada con abundante agua (200-250 litros aproximadamente) cada una de las piezas.

4.2.2.5 Secado

Se realiza al aire libre o con aire caliente comprimido mediante el uso de un soplete por cierto muy ruidoso. Las piezas pequeñas son llevadas a una secadora especial, luego de que las piezas hayan sido enjuagadas con agua caliente.

Tabla 4.2.2.3.1 : Baños de zincado alcalino cianurado.

COMPOSICIÓN (g/l)	AL OXIDO DE ZINC	
	Baja concentración	Alta concentración
Oxido de zinc	14-20	30-40
Cianuro de sodio	20-35	70-90
Hidróxido de sodio	80-100	100-115
Abrillantador	+	+
Aditivos purificador de baño	+	+
<u>Análisis en trabajo:</u>		
Zinc como metal	8-15	23-33
Cianuro de sodio total	14-30	55-85
Relación NaCN/Zn	1,7-2,0	2,0-2,8
Soda total	80-100	90-120
<u>Condiciones de trabajo:</u>		
Temperatura (°C)	15-35	15-35
Densidad de corriente (A/dm ²)	0,5-2,0	1,5-4,0
Agitación	Barra catódica o tambor	
Filtración	Periódica necesaria	
Enfriamiento	Conveniente en todos los casos	
Relación de ánodo a cátodo	2 a 1 en todos los casos	

+ Los abrillantadores que se usan en los baños de zincado actualmente son patentados en su mayor parte.

FUENTE : Paredes Carrasco, Freddy (1996).

Finalmente, la tabla 4.2.2.1 resume una secuencia de trabajo para el zincado de hierro y aceros a bajo carbono. En esta tabla se puede notar que la mayor parte de los procesos y operaciones se realizan a condiciones normales de temperatura, por lo que la presencia de elementos peligrosos en el ambiente es evidente.

Tabla 4.2.2.1: Secuencia de trabajo para zincado de hierro y aceros de bajo carbono.

Nº	Operación	Temperatura (°C)	Voltaje (volts)	Densidad de corriente (A/dm ²)	Tiempo
1	Desengrase con	Ambiente			1 min
2	tricloroetileno	Ambiente			
3	Enjuague con agua corriente	25-65	4-8	5-10	1-2 min
4	Desengrase electrolítico	Ambiente			
5	Enjuague con agua corriente	Ambiente			1-2 min
6	Decapado químico (HCl 20%)	Ambiente			
7	Enjuague con agua corriente	Ambiente			
8	Neutralización baño cianurado	15-32	1-4	1,5-3	5-12 min
9	Zincado electrolítico	Ambiente			
10	Enjuague con agua corriente	Ambiente			5-10 seg
11	Pasivado químico	Ambiente			
12	Enjuague con agua corriente	Ambiente			
	Secado con aire o aserrín				

FUENTE : Paredes Carrasco, Freddy (1996).

4.2.3 DESECHOS GENERADOS

Entre los principales desechos peligrosos que se producen están: las aguas residuales provenientes del filtrado del baño de zincado que contienen altas concentraciones de sustancias tóxicas de compuestos de cianuro, como ya se ha visto, y algunos metales pesados como plomo, cromo, muy peligrosos para la salud humana y que comprometen la vida

acuática marina; si a todo esto se añade el efecto de sinergismo resultante de todas las actividades en este rubro y otras similares.

Las otras aguas residuales se producen de los enjuagues provenientes de los procesos de decapado, zincado y pasivado. Los resultados de las pruebas de laboratorio obtenidos; van a demostrar que las concentraciones estas aguas contienen también elementos altamente tóxicos y peligrosos para el medio ambiente. La frecuencia de la descarga total del baño ácido, es de tres a cuatro (03 a 04) meses; dependiendo de la demanda y el volumen de producción.

La descarga de los baños de zincado (filtrado) es realizada semanalmente, esta descarga tiene un aspecto lechoso con alto contenido de sedimentos y lodo en algunos casos. El volumen promedio de las descargas es de 70 litros.

También se producen partículas sólidas que sedimentan en gran proporción; ocasionando, a veces, obstrucción en los sistemas de alcantarillado público tal como ocurrió durante la etapa de caracterización de los efluentes líquidos. Esto se observará en los análisis posteriores. Además de su elevada toxicidad están acompañados de otras sustancias tóxicas como Pb, Cd, Cr, entre otros.

Asimismo, se producen vapores de los baños de ácidos y álcalis que contaminan el ambiente de trabajo, produciendo una sensación de escozor en la piel.

4.2.4 DESTINO DE LOS DESECHOS

Los efluentes líquidos provenientes de las tinas (ácidos y álcali cianurado), explicados anteriormente, son vertidos (por espacio de 15 a 20 minutos) directamente al sistema de alcantarillado público sin ningún

tratamiento previo; una vez por semana, en el caso de los álcalis y una vez cada tres o cuatro (03 a 04) meses, en el caso de los ácidos.

Los sedimentos que se producen en cada descarga son captados en un colador de cocina que cuando se llena es vaciado al cesto de basura. Lo mismo sucede con los residuos provenientes del desengrasado de algunas piezas que son vaciados al piso o algunas veces a la calle, lo que constituye un atentado contra la higiene, seguridad y salud pública, debido a que estos residuos son altamente inflamables por contener gasolina, resultando, así, ser muy peligrosos.

Las nieblas y vapores tóxicos son emitidos al medio ambiente, de igual forma que los efluentes líquidos, sin ningún tratamiento preliminar; constituyendo un riesgo para la salud y el medio ambiente.

4.2.5 CONDICIONES DEL AMBIENTE DE TRABAJO

Debido a las condiciones de informalidad e inseguridad de esta pequeña empresa; además de la ausencia de conciencia ambiental y a la falta de una exigencia legal más clara, sus operaciones constituyen un gran riesgo para el trabajador y para la vecindad. Por ejemplo, se puede encontrar:

- Completo desorden.
- Falta de equipo de protección personal.

Los operarios sólo usan guantes y, en algunos casos, botas de jebe; más no se le brindan facilidades de ropa adecuada y confortable para el trabajo. Tampoco se le brindan accesorios como máscaras y lentes para protegerlos de los vapores tóxicos. (Ver tablas de matriz de impacto ambiental, ítem 4.5.2).

En resumen, las condiciones del medio ambiente laboral son:

1. El personal no es calificado.
2. El espacio es reducido para realizar esta actividad.
3. El trabajo no está en función a la calidad del producto.
4. La falta de un sistema de ventilación para extraer los gases y vapores tóxicos (CN, vapor de HCl y otros).
5. El peligro de incendio y explosión debido a la incorrecta manipulación de las sustancias inflamables (como usos de sprays para retocar el trabajo).

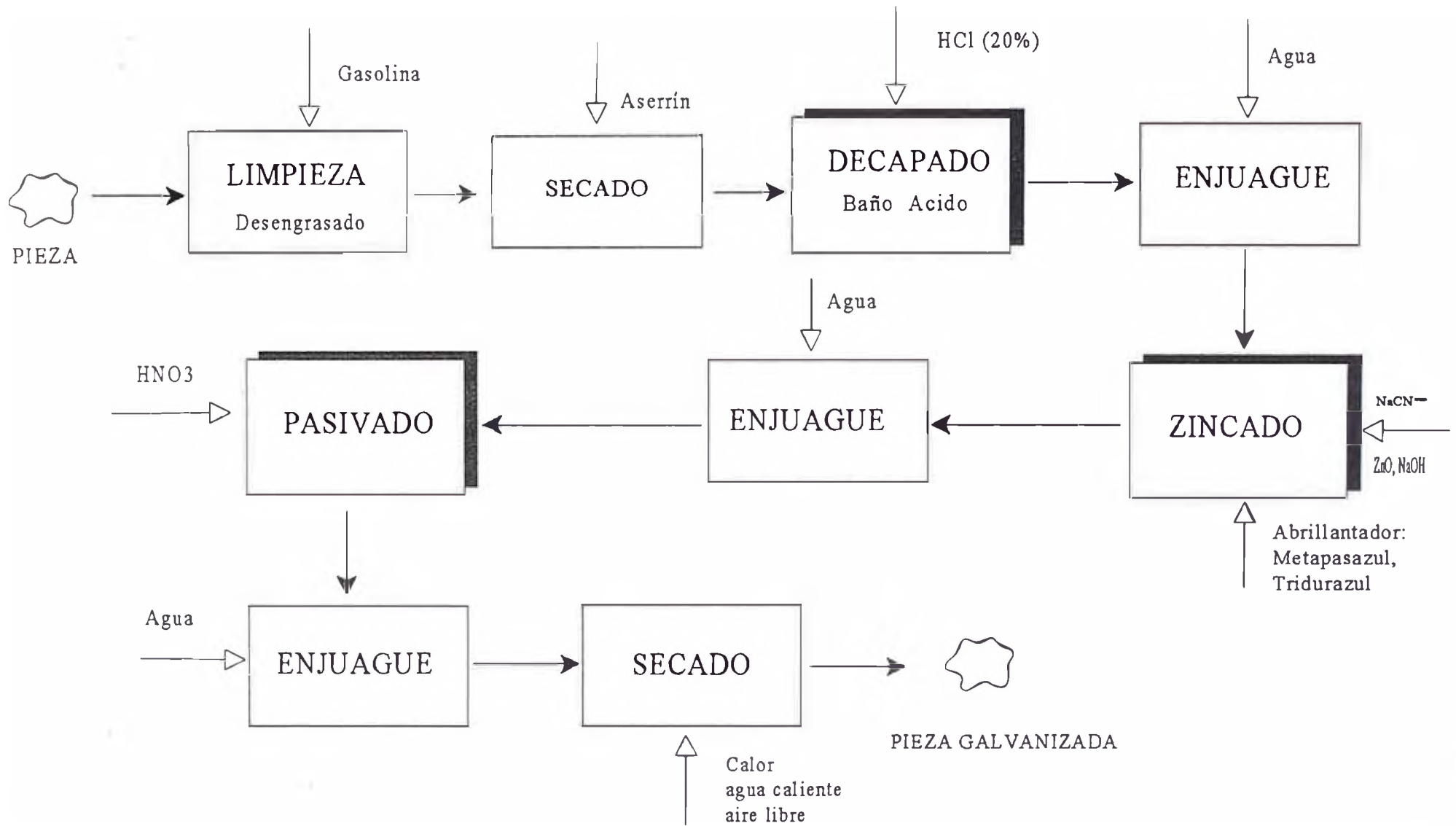


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE ZINCADO ELECTROLITICO

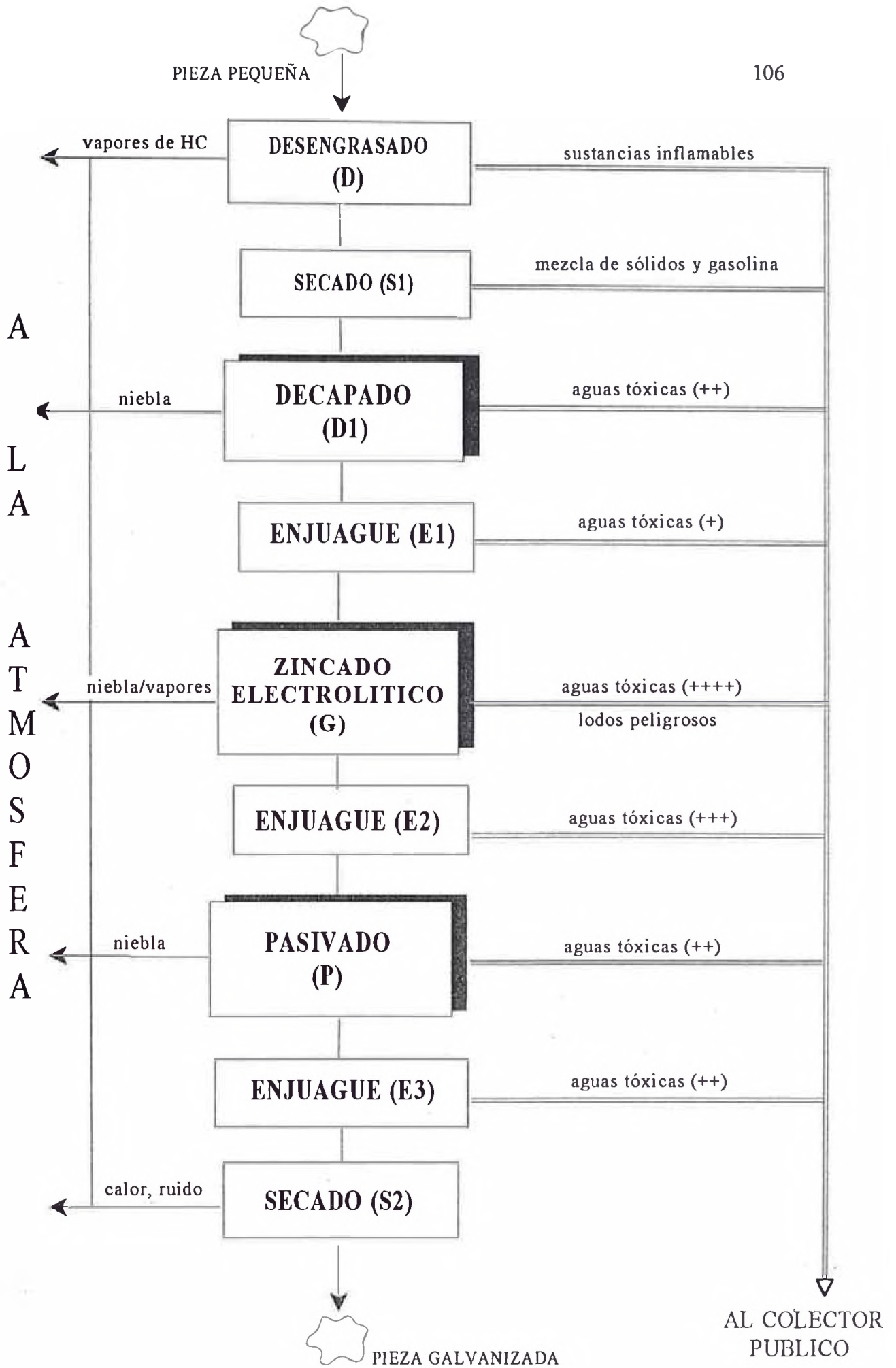


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO SEGUN DESECHOS GENERADOS

4.3 PARTE EXPERIMENTAL

En esta parte se desarrollará aspectos importantes de la toma de muestras y los análisis de laboratorio a ser considerados en el estudio. También se realizará algunos cálculos estadísticos (media aritmética y la desviación estandar) y otros cálculos de interés para la ingeniería sanitaria y ambiental.

4.3.1 MUESTREO

Previo a la recolección de muestras, se realizó visitas de campo para estudiar y comprender cada uno de los procesos explicados anteriormente y diseñar el programa de muestreo y las consideraciones que han de tomarse.

En efecto, se diseñó un programa de muestreo (ver tabla 4.3.1.1), el cual consistía en caracterizar los efluentes por un periodo de tres (03) meses tiempo de duración de la etapa de muestreo. Sin embargo, debido a la baja producción, principalmente, durante el mes de marzo no se tomaron las muestras; por lo que el “programa” sufrió, obviamente, algunas modificaciones.

Tabla 4.3.1.1 : Programa de muestreo

FECHA	DÍA DE LA SEMANA	TIPO DE DESCARGA A RECOLECTAR	CÓDIGO	PARÁMETROS A ANALIZAR
10 feb.	Lunes	Licor concentrado de zincado	LZ	pH, conductividad, alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN y metales.
11 feb.	Martes	Enjuagues de decapado	E1	pH, conductividad, acidez, DQO, sólidos sedimentables, cianuro y metales.
12 feb.	Miércoles	Enjuagues de pasivado	E3	pH, conductividad, $SO_4^{=}$, Cl^- , CN, metales y sólidos sedimentables.
14 feb.	Viernes	Enjuagues de decapado	E1	pH, conductividad, acidez, DQO, sólidos sedimentables, cianuro

				y metales.
17 feb.	Lunes	Licor concentrado de zincado	LZ	pH, conductividad, alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN ⁻ y metales.
21 abr.	Lunes	Enjuagues de pasivado	E3	pH, conductividad, SO ₄ ⁼ , Cl ⁻ , CN ⁻ , metales y sólidos sedimentables.
22 abr.	Martes	Enjuagues de pasivado	E3	pH, conductividad, SO ₄ ⁼ , Cl ⁻ , CN ⁻ , metales y sólidos sedimentables.
23 abr.	Miércoles	Enjuagues de zincado	E2	pH, conductividad, alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN ⁻ y metales.
24 abr.	Jueves	Enjuagues de zincado	E2	pH, conductividad, alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN ⁻ y metales.
25 abr.	Viernes	Enjuagues de pasivado	E3	pH, conductividad, SO ₄ ⁼ , Cl ⁻ , CN ⁻ , metales y sólidos sedimentables.
28 abr.	Lunes	Licor concentrado de zincado	LZ	pH, conductividad, alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN ⁻ y metales.
29 abr.	Martes	Enjuague de pasivado	E3	pH, conductividad, SO ₄ ⁼ , Cl ⁻ , CN ⁻ , metales y sólidos sedimentables.
30 abr.	Miércoles	Enjuague de zincado	E2	pH, conductividad, alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN ⁻ y metales.
02 ^(*) may.	Viernes	Licor concentrado de ácido	LA	pH, conductividad, DQO y metales.
05 may.	Lunes	Enjuague de decapado	E1	pH, conductividad, acidez., DQO, sólidos sedimentables, cianuro y metales.
07 may.	Miércoles	Enjuague de zincado	E2	pH, conductividad,

(*) Debe aclararse; que el efluente de ácido (semiconcentrado) producido este día; obedeció a decisión del empresario de descargar dicho ácido. Se capturó esta muestra a fin de caracterizarla mediante análisis de laboratorio y poder evaluar el grado de peligrosidad sobre el medio ambiente.

				alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN y metales.
09 may.	Viernes	Enjuague de zincado	E2	pH, conductividad, alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN y metales
19 may.	Lunes	Licor concentrado de zincado	LZ	pH, conductividad, alcalinidad, DQO, sól. sedimentables, CN y metales.

Tal como se indica en la nota anterior, las descargas del licor concentrado de ácido resultado del proceso de decapado sólo se realizan cada tres a cuatro (03 a 04) meses; por lo que en el periodo de estudio sólo se ha podido obtener esta única muestra representativa. La tabla 4.3.1.2; resume la frecuencia de muestras tomadas a lo largo del estudio.

Tabla 4.3.1.2 : Resumen y frecuencia de muestras, según descarga

TIPO DE DESCARGA	FRECUENCIA
• Enjuague de decapado - E1	03
• Enjuague de zincado - E2	05
• Enjuague de pasivado - E3	05
• Licor concentrado zincado - LZ	04
• Licor concentrado de ácido - LA	01
TOTAL	18

Asimismo, se preparó formatos para la recolección de los datos de campo (ver cuadro 4.3.1.1).

Cuadro 4.3.1.1 : Formato utilizado para tomar datos de campo.

Fecha : _____	Observaciones: _____
Hora : _____	_____
Tiempo : _____	_____
Punto de muestreo : _____	
Localización : _____	

Tipo de descarga	Volumen (l)	Tiempo (min/s)	Caudal (l/s)	pH	Temperatura (°C)

En efecto, para realizar la toma de muestras se ha observado que las descargas se presentan en forma intermitente (se encontró que el mayor flujo se presentaba entre las 10 y 11 a.m.); además de presentar variaciones extremas, las características por proceso (sólo zincado electrolítico) son casi constantes.

Por lo tanto, el muestreo se realizó por recolección puntual (simple e instantánea), a media alcantarilla, en el lugar donde, se supone, se presenta la menor sedimentación y la velocidad es alta; de la caja de registro final.

De otro lado, los volúmenes tomados; aproximadamente 04 litros en frascos diferentes (ver tabla 4.3.1.3 que presenta características de los frascos de muestreo), fueron suficientes para determinar todos los parámetros requeridos por el programa.

Tabla 4.3.1.3 : Características y volumen de los frascos de muestreo utilizados

DETERMINACIÓN	ENVASE	VOLUMEN
pH, sólidos, conductividad, acidez, alcalinidad, sulfatos, cloruros, DQO.	Plástico (polietileno o equivalente), boca ancha.	01 litro
Cianuro	Vidrio, color ambar, boca ancha.	01 litro
Metales	Plástico (lavado con 1 + 1HNO ₃), boca ancha.	01 litro
Aceites y grasas	Vidrio calibrado, boca ancha.	01 litro

FUENTE : Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF. (1992).

Por otro lado, las muestras han de preservarse de acuerdo a los especificado en la tabla 4.3.1.4; a fin de evitar que se deterioren.

Tabla 4.3.1.4 : Requisitos de conservación de las muestras.

DETERMINACION	CONSERVACION	TIEMPO MAXIMO DE CONSERVACION/OBLIGADO
pH	Analizar de inmediato	2 h/ inmediato
Temperatura	Analizar de inmediato	Inmediato/inmediato
Conductividad	Refrigerar a 4 °C	28 d /28 d
Alcalinidad	Refrigerar a 4 °C	24 h/ 14 d
Acidez	Refrigerar a 4 °C	24 h/ 14 d
Demanda Química de Oxígeno	Analizar lo antes posible, añadir H ₂ SO ₄ , hasta pH < 2	7 d/28 d
Cianuro total	Añadir NaOH, hasta pH>12	24 h/14 d; 24 h si hay sulfuro
Cloruro	Refrigerar a 4 °C	Inmediato/ inmediato
Sulfato	Refrigerar a 4 °C	28 d/ 28 d
Cadmio	Añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses/6 meses
Cobre	Añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses/6 meses
Cromo	Refrigerar a 4 °C	24 h/24 h
Hierro	Añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses/6 meses
Plomo	Añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses/6 meses
Níquel	Añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses/6 meses
Zinc	Añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses/6 meses
Sodio	Añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses/6 meses
Manganeso	Añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses/6 meses
Sólidos sedimentables	Refrigerar a 4 °C	7 d/ 2-7 d
Aceites y grasas	Añadir H ₂ SO ₄ hasta pH<2, refrigerar a 4 °C	28 d/28 d

FUENTE : Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF. (1992).

Finalmente, la figura 4.3.1.1; se resume el procedimiento seguido para la toma de muestras a través del diagrama de flujo.

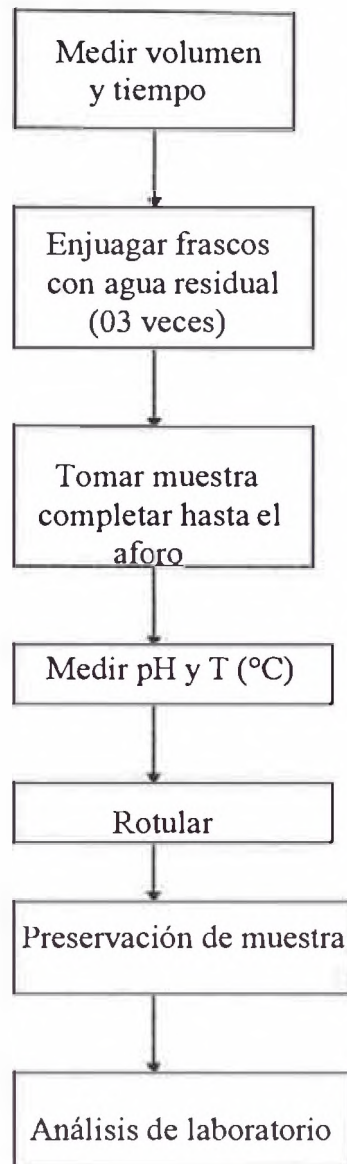


Figura 4.3.1.1 : Diagrama de flujo de toma de muestras de descargas industriales.

4.3.2 ANÁLISIS DE LABORATORIO.

Para determinar el comportamiento de las descargas residuales y evaluar su agresividad sobre el medio ambiente; se efectuaron cerca de veinte (20) parámetros; en algunos casos. Los resultados se reportan en el anexo IV-3 En consecuencia, resultan ser analizados los siguientes elementos:

1. pH.
2. Temperatura.
3. Conductividad.
4. Alcalinidad.
5. Acidez.
6. Demanda Química de Oxígeno.
7. Cianuro.
8. Cloruro.
9. Sulfato.
10. Cadmio.
11. Cobre.
12. Cromo.
13. Hierro.
14. Plomo.
15. Níquel.
16. Zinc.
17. Sodio.
18. Manganeseo.
19. Sólidos sedimentables.
20. Aceites y grasas.

4.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A fin de poder evaluar los resultados de los diversos análisis efectuados se hace una discusión de los mismos; a través de cálculos de la media aritmética y la desviación estándar de la concentración de las aguas residuales analizadas, según proceso u operación. Posteriormente, se realizan los cálculos de poblaciones equivalente. Por otro lado, también son graficadas el comportamiento de las concentraciones según proceso u operación.

El resultado del muestreo y su correspondiente análisis ha dado lugar a la obtención de dos aspectos importantes; el primero es la variación global (a nivel

de conjunto), que experimentan cada uno de las determinaciones realizadas; y el comportamiento de cada uno de los parámetros determinados, según proceso o agua residual producida.

La tabla 4.4.1; presenta el universo de datos obtenidos durante la etapa de estudio. Esta tabla ha sido ordenada con el objetivo de identificar cada uno de los procesos y operaciones que se llevan a cabo en la pequeña industria estudiada.

Tabla 4.4.1 : Universo de datos

TIPO DE EFLUENTE: ENJUAGUE DE DECAPADO - E1

FECHA	Caudal (1)	pH campo	Temperatura (2)	Conductividad (3)	Acidez (4)	Alcalinidad (4)	D.Q.O (5)	Cianuro (5)	Cloruro (5)	Sulfato (5)	Cadmio (5)
11-feb	0,2522	9	22,5	1600	-	152	0	11,18	260	105,09	0,01
14-feb	0,2813	7	23	12300	14	132	50	60,58	192	88,46	0,01
5-may	0,625	3,5	21,5	4210	761,12	-	1000	2,42	1130	47,7	0,2

TIPO DE EFLUENTE: ENJUAGUE DE ZINCADO - E2

FECHA	Caudal (1)	pH campo	Temperatura (2)	Conductividad (3)	Acidez (4)	Alcalinidad (4)	D.Q.O (5)	Cianuro (5)	Cloruro (5)	Sulfato (5)	Cadmio (5)
23-abr	0,1837	11,5	23	2160	-	400	50	4,56	190	92,4	0,02
24-abr	0,3014	10	22,5	1366	-	380	110	12,5	270	55,2	0,02
30-abr	0,4592	11	22	1742	-	400	0	22,73	300	102	0,02
7-may	0,3676	10,5	24	2990	-	780	800	17,64	652	170,3	0,05
9-may	0,6125	11,5	22,5	6170	-	1770	700	40,5	1333	311,2	0,25

TIPO DE EFLUENTE: ENJUAGUE DE PASIVADO - E3

FECHA	Caudal (1)	pH campo	Temperatura (2)	Conductividad (3)	Acidez (4)	Alcalinidad (4)	D.Q.O (5)	Cianuro (5)	Cloruro (5)	Sulfato (5)	Cadmio (5)
12-feb	0,3511	7,5	23,5	800	-	108	0	48,79	94	3,5	0,02
21-abr	0,3063	9	23	3520	-	360	200	2,754	819,7	98,8	0,008
22-abr	0,6125	7	21	1119	-	160	40	11,744	180	105,2	0,003
25-abr	0,3319	8,5	22	1384	-	200	90	15,38	320	90,2	0
29-abr	0,3149	8,5	23	20300	-	0	190	8,69	7422	2905	0,05

TIPO DE EFLUENTE: LICOR CONCENTRADO DE ZINCADO - LZ

FECHA	Caudal (1)	pH campo	Temperatura (2)	Conductividad (3)	Acidez (4)	Alcalinidad (4)	D.Q.O (5)	Cianuro (5)	Cloruro (5)	Sulfato (5)	Cadmio (5)
10-feb	0,0588	13,5	23	5800	-	18300	1200	1757,41	6500	187	0,06
17-feb	0,0869	13	23,5	1400	-	144500	32000	7186,61	22850	1065	0
28-abr	0,0625	13,5	21,5	20100	-	150192	3000	3945,9	34489,3	1298	0,6
19-may	0,0932	13,5	22,5	260000	-	182500	17500	5070,34	30490	378,5	0,4

TIPO DE EFLUENTE: LICOR CONCENTRADO DE ACIDO - LA

FECHA	Caudal (1)	pH campo	Temperatura (2)	Conductividad (3)	Acidez (4)	Alcalinidad (4)	D.Q.O (5)	Cianuro (5)	Cloruro (5)	Sulfato (5)	Cadmio (5)
2-may	0,9524	2	22,5	250000	110770	-	10000	0,46	68479	160,8	0,9

- (1) En l/s.
- (2) En °C.
- (3) En µmhos/cm.
- (4) En mg/l como CaCO₃.
- (5) En mg/l.

Tabla 4.4.1 : Universo de datos

TIPO DE EFLUENTE: ENJUAGUE DE DECAPADO - E1

FECHA	Cobre (5)	Cromo (5)	Hierro (5)	Plomo (5)	Niquel (5)	Zinc (5)	Sodio (5)	Manganeso (5)	Sól. Sedim. (5)	Aceites y grasas (5)
11-feb	5	0,16	21,96	1,4	0,22	1409,98	-	-	3,5	-
14-feb	8,3	0,03	29,96	1,1	0,11	8,69	-	-	-	-
5-may	6,85	7	2800	7,6	-	550	185	14	44	9,8

TIPO DE EFLUENTE: ENJUAGUE DE ZINCADO - E2

FECHA	Cobre (5)	Cromo (5)	Hierro (5)	Plomo (5)	Niquel (5)	Zinc (5)	Sodio (5)	Manganeso (5)	Sól. Sedim. (5)	Aceites y grasas (5)
23-abr	1,32	0,06	21,2	0,16	-	0,06	300	0,3	20	-
24-abr	2,64	0,62	30	0,02	-	0,62	240	0,3	8	-
30-abr	2,7	0,04	10,4	0	-	27,6	580	0,26	3,5	-
7-may	2,1	0,4	139	0,3	-	170	1200	0,85	25	14,5
9-may	86	2,4	487	4,3	-	430	1900	2,6	35	17,25

TIPO DE EFLUENTE: ENJUAGUE DE PASIVADO - E3

FECHA	Cobre (5)	Cromo (5)	Hierro (5)	Plomo (5)	Niquel (5)	Zinc (5)	Sodio (5)	Manganeso (5)	Sól. Sedim. (5)	Aceites y grasas (5)
12-feb	3,3	0,13	17,96	1,9	0,15	7,39	-	-	1	-
21-abr	4,35	1,625	127,5	0,188	-	115,48	800	0,38	96	-
22-abr	0,8	0,9	33,15	0,353	-	26,375	580	0,268	1,8	-
25-abr	2,18	0,32	39,6	0	-	0,32	380	0,38	25	-
29-abr	7,8	0,86	680	0,95	-	116	7900	4,2	475	-

TIPO DE EFLUENTE: LICOR CONCENTRADO DE ZINCADO

FECHA	Cobre (5)	Cromo (5)	Hierro (5)	Plomo (5)	Niquel (5)	Zinc (5)	Sodio (5)	Manganeso (5)	Sól. Sedim. (5)	Aceites y grasas (5)
10-feb	2,6	0,46	77,46	1,1	3,72	324,99	-	-	42	-
17-feb	4,1	0,16	33,96	0,12	0,2	13,39	-	0,23	2,5	-
28-abr	41	2,325	920	44	-	14900	60000	3,7	725	-
19-may	52,9	72	546	1,5	-	12400	770000	1,4	850	7,4

TIPO DE EFLUENTE: LICOR CONCENTRADO DE ACIDO

FECHA	Cobre (5)	Cromo (5)	Hierro (5)	Plomo (5)	Niquel (5)	Zinc (5)	Sodio (5)	Manganeso (5)	Sól. Sedim. (5)	Aceites y grasas (5)
2-may	22,65	41	2880	47	-	3300	440	240	30	-

- (1) En l/s.
- (2) En °C.
- (3) En µnhos/cm.
- (4) En mg/l como CaCO₃.
- (5) En mg/l.

4.4.1 ESTADÍSTICA DE DATOS

Para efectos del presente análisis, se han confeccionado las tablas 4.4.1.1, 4.4.1.2, 4.4.1.3, 4.4.1.4, 4.4.1.5 y 4.4.1.6; a fin de someter los resultados de los análisis de laboratorio (datos), a una opinión estadística. Así, se han obtenido el promedio aritmético y la desviación estándar, para cada una de las determinaciones realizadas.

Tabla 4.4.1.1 : Características de los efluentes líquidos, según variación global

PARAMETRO	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	Nº DE DETERMINACIONES
pH	9,4	3,19	18
Temperatura ^{a/}	22,50	0,75	18
Conductividad ^{b/}	33164,50	78668,23	18
Alcalinidad ^{c/}	33355,60	63453,15	16
Acidez ^{c/}	37181,71	52035,67	03
D.Q.O ^{d/}	3718,33	8144,71	18
Cianuro ^{d/}	1012,23	2076,06	18
Cloruro ^{d/}	9770,61	17817,26	18
Sulfato ^{d/}	345,00	682,46	18
Cadmio ^{d/}	0,1456	0,24	18
Cobre ^{d/}	14,26	22,38	18
Cromo ^{d/}	7,25	18,23	18
Hierro ^{d/}	494,18	870,23	18
Plomo ^{d/}	6,22	14,02	18
Níquel ^{d/}	0,88	1,42	05
Zinc ^{d/}	1877,83	4254,58	18
Sodio ^{d/}	64961,92	204132,05	13
Manganeso ^{d/}	19,20	61,34	14
Sólidos sedimentables ^{e/}	140,43	260,69	17
Aceites y grasas ^{d/}	12,24	3,86	04

^{a/} en °C

^{b/} en µmhos/cm

^{c/} en mg/l como CaCO₃

^{d/} en mg/l

^{e/} en ml/hr

Tabla 4.4.1.2: Características de los efluentes líquidos, según tipo de efluente - E1

PARÁMETRO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Nº DE DETERMINACIONES
pH	6,50	2,27	03
Temperatura ^{a/}	22,30	0,62	03
Conductividad ^{b/}	6036,67	4555,22	03
Alcalinidad ^{c/}	142,00	10,00	02
Acidez ^{c/}	387,56	373,56	02
D.Q.O ^{d/}	350,00	460,07	02
Cianuro ^{d/}	24,73	25,60	03
Cloruro ^{d/}	527,33	427,05	03
Sulfato ^{d/}	80,42	24,11	03
Cadmio ^{d/}	0,07	0,09	03
Cobre ^{d/}	6,72	1,35	03
Cromo ^{d/}	2,39	3,26	03
Hierro ^{d/}	950,64	1307,69	03
Plomo ^{d/}	3,37	2,99	03
Níquel ^{d/}	0,16	0,055	02
Zinc ^{d/}	656,22	576,98	03
Sodio ^{d/}	185,00	0	01
Manganeso ^{d/}	14	0	01
Sólidos sedimentables ^{e/}	23,75	20,25	02
Aceites y grasas ^{d/}	9,8	0	01

^{a/} en °C^{b/} en µmhos/cm^{c/} en mg/l como CaCO₃^{d/} en mg/l^{e/} en ml/l/hr

Tabla 4.4.1.3 : Características de los efluentes líquidos, según tipo de efluente - E2

PARAMETRO	MEDIA	DESVIACION ESTÁNDAR	Nº DE DETERMINACIONES
pH	10,90	0,58	05
Temperatura ^{a/}	22,80	0,68	05
Conductividad ^{b/}	2885,60	1728,68	05
Alcalinidad ^{c/}	746,00	533,50	05
D.Q.O ^{d/}	402,00	314,35	05
Cianuro ^{d/}	19,59	12,06	05
Cloruro ^{d/}	549,00	422,84	05
Sulfato ^{d/}	146,22	90,48	05
Cadmio ^{d/}	0,072	0,09	05
Cobre ^{d/}	18,95	33,53	05
Cromo ^{d/}	0,70	0,88	05
Hierro ^{d/}	137,52	180,77	05
Plomo ^{d/}	0,96	1,68	05
Zinc ^{d/}	125,66	164,69	05
Sodio ^{d/}	844,00	628,06	05
Manganeso ^{d/}	0,86	0,89	05
Sólidos sedimentables ^{e/}	18,3	11,42	05
Aceites y grasas ^{d/}	15,88	1,38	02

^{a/} en °C^{b/} en µmhos/cm^{c/} en mg/l como CaCO₃^{d/} en mg/l^{e/} en ml/hr

Tabla 4.4.1.4 : Características de los efluentes líquidos, según tipo de efluente - E3

PARÁMETRO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Nº DE DETERMINACIONES
pH	8,10	0,73	05
Temperatura ^{a/}	22,50	0,89	05
Conductividad ^{b/}	5424,60	7498,75	04
Alcalinidad ^{c/}	207,00	94,16	05
D.Q.O ^{d/}	104,00	79,65	05
Cianuro ^{d/}	17,47	16,19	05
Cloruro ^{d/}	1767,14	2838,58	05
Sulfato ^{d/}	640,54	1132,83	05
Cadmio ^{d/}	0,016	0,018	05
Cobre ^{d/}	3,69	2,37	05
Cromo ^{d/}	0,767	0,523	05
Hierro ^{d/}	179,64	253,09	05
Plomo ^{d/}	0,678	0,689	05
Níquel ^{d/}	0,15	0	01
Zinc ^{d/}	53,11	51,84	05
Sodio ^{d/}	2415,00	3170,25	04
Manganeso ^{d/}	1,31	1,67	04
Sólidos sedimentables ^{e/}	119,76	180,97	05

^{a/} en °C^{b/} en µmhos/cm^{c/} en mg/l como CaCO₃^{d/} en mg/l^{e/} en ml/hr

Tabla 4.4.1.5 : Características de los efluentes líquidos, según tipo de efluente - LZ

PARAMETRO	MEDIA	DESVIACION ESTÁNDAR	Nº DE DETERMINACIONES
pH	13,4	0,22	04
Temperatura ^{a/}	22,6	0,74	04
Conductividad ^{b/}	71825	108862,63	04
Alcalinidad ^{c/}	123873	62651,71	04
D.Q.O ^{d/}	13,42	12447,56	04
Cianuro ^{d/}	4490,06	1960,33	04
Cloruro ^{d/}	23582,32	10712,38	04
Sulfato ^{d/}	732,12	461,85	04
Cadmio ^{d/}	0,26	0,25	04
Cobre ^{d/}	25,15	22,21	04
Cromo ^{d/}	18,74	30,76	04
Hierro ^{d/}	394,56	363,87	04
Plomo ^{d/}	11,68	18,67	04
Níquel ^{d/}	1,96	1,76	02
Zinc ^{d/}	6909,59	6799,00	04
Sodio ^{d/}	415000,00	355000,00	02
Manganeso ^{d/}	1,78	1,44	03
Sólidos sedimentables ^{e/}	404,88	385,42	04
Aceites y grasas ^{d/}	7,4	0	01

^{a/} en °C^{b/} en µmhos/cm^{c/} en mg/l como CaCO₃^{d/} en mg/l^{e/} en ml/l-h

Tabla 4.4.1.6: Características de los efluentes líquidos, según tipo de efluente - LA

PARÁMETRO	RESULTADOS
pH ⁹	2
Temperatura ^a	22,5
Conductividad ^{b/}	250000
Acidez ^{c/}	110770
D.Q.O ^{d/}	10000
Cianuro ^{d/}	0,46
Cloruro ^{d/}	68479
Sulfato ^{d/}	160,8
Cadmio ^{d/}	0,9
Cobre ^{d/}	22,65
Cromo ^{d/}	41
Hierro ^{d/}	2880
Plomo ^{d/}	47
Zinc ^{d/}	3300
Sodio ^{d/}	440
Manganeso ^{d/}	240
Sólidos sedimentables ^{e/}	30

^{a/} en °C, medida en campo.

^{b/} en µmhos/cm

^{c/} en mg/l como CaCO₃

^{d/} en mg/l

^{e/} en ml/l-h

4.4.2 IMPORTANCIA SANITARIA

Con el propósito de establecer un mecanismo de comparación, se ha calculado las concentraciones de carga contaminante en términos de población equivalente. Como se sabe; en la legislación peruana no existe ninguna norma que limite, las concentraciones máximas admisibles de descargas industriales a las redes de alcantarillado público de la ciudad. Por ello, se ha estimado conveniente tomar de base la Norma Oficial Mexicana que establece límites máximos permisibles (LMP) para las descargas de la industria de acabado de metales como es el caso de estudio. A continuación se presentan en las siguientes tablas (4.2.2.1 a 4.2.2.5) los cálculos de población equivalente (P.E). Los gráficos respectivos se encuentran en la sección gráficos.

⁹ El valor corresponde a la medida realizada en campo.

Tabla 4.2.2.1 : Población Equivalente, según enjuague de decapado (E1).

Parametro	Concentración		LMP	Caudal (l/s)		P.E (Hab)	
	min	max		min	max	min	max
D.Q.O (mg/l)	0	1000	360	0,2522	0,625	0	667
Cianuro (mg/l)	2,42	60,58	0,5	0,625	0,2813	1162	13088
Cadmio (mg/l)	0,01	0,2	0,2	0,2667	0,625	5	240
Cobre (mg/l)	5	8,3	1,0	0,2522	0,2813	484	897
Cromo total (mg/l)	0,03	7,0	1,2	0,2813	0,625	3	1400
Hierro (mg/l)	21,96	2800	1,2	0,2522	0,625	1772	560000
Manganeso (mg/l)	-	14	2,5	-	0,625	-	1344
Níquel (mg/l)	0,11	0,22	2,5	0,2813	0,2522	5	9
Plomo (mg/l)	1,1	7,6	0,7	0,2813	0,625	170	2606
Zinc (mg/l)	8,69	1404,98	1,2	0,2813	0,2522	782	113791
Aceites y grasas (mg/l)	-	9,8	20	-	0,625	-	118
S. Sedimentables (ml/l-h)	3,5	44	8,5	0,2522	0,625	40	1242

Tabla 4.2.2.2 : Población Equivalente, según enjuague de zincado (E2).

Parametro	Concentracion		L.M.P.	Caudal (l/s)		P. E. (Hab)	
	min	máx		min	máx	min	máx
D.Q.O (mg/l)	0	800	360	0,45292	0,3676	0	314
Cianuro (mg/l)	4,56	40,5	0,5	0,1837	0,6125	643	19051
Cadmio (mg/l)	0,02	0,25	0,2	0,3148	0,6125	12	294
Cobre (mg/l)	1,32	86	1,0	0,1837	0,6125	93	20227
Cromo total (mg/l)	0,04	2,4	1,2	0,4592	0,6125	6	470
Hierro (mg/l)	10,4	487	1,2	0,4592	0,6125	1528	95452
Manganeso (mg/l)	0,26	2,6	2,5	0,4592	0,6125	18	245
Níquel (mg/l)	-	-	2,5	-	-	-	-
Plomo (mg/l)	0	4,3	0,7	0,4592	0,6125	0	1445
Zinc (mg/l)	0,06	430	1,2	0,1837	0,6125	4	84280
Aceites y grasas (mg/l)	14,5	17,25	20	0,3676	0,6125	102	203
S. Sedimentables (ml/l-h)	3,5	35	8,5	0,4592	0,6125	73	968

Tabla 4.2.2.3 : Población Equivalente, según enjuague de pasivado (E3).

Parámetro	Concentración		L.M.P.	Caudal (l/s)		P. E. (Hab)	
	min	máx		min	máx	min	máx
D.Q.O (mg/l)	0	200	360	0,3511	0,3063	0	65
Cianuro (mg/l)	2,754	48,79	0,5	0,3063	0,3511	648	13156
Cadmio (mg/l)	0	0,05	0,2	0,3319	0,3149	0	30
Cobre (mg/l)	0,8	7,8	1,0	0,6125	0,3149	188	943
Cromo total (mg/l)	0,13	1,625	1,2	0,3511	0,3063	15	159
Hierro (mg/l)	17,96	680	1,2	0,3511	0,3149	2018	68522
Manganeso (mg/l)	0,268	4,2	2,5	0,6125	0,3149	25	203
Níquel (mg/l)	-	0,15	2,5	-	0,3511	-	8
Plomo (mg/l)	0	1,9	0,7	0,3319	0,3511	0	366
Zinc (mg/l)	0,32	116	1,2	0,3319	0,3149	34	11689
Aceites y grasas (mg/l)	-	-	20	-	-	-	-
S. Sedimentables (ml/l-h)	1	475	8,5	0,3511	0,3149	16	6757

Tabla 4.2.2.4 : Población Equivalente, según licor concentrado de zincado (LZ).

Parámetro	Concentración		E.M.P.	Caudal (l/s)		P. E. (Hab)	
	min	max		min	max	min	max
D.Q.O (mg/l)	1200	32000	360	0,0588	0,0869	75	2966
Cianuro (mg/l)	1757,41	7186,61	0,5	0,0588	0,0869	79362	479629
Cadmio (mg/l)	0	0,6	0,2	0,0869	0,0625	0	72
Cobre (mg/l)	2,6	52,9	1,0	0,0588	0,0932	59	1893
Cromo total (mg/l)	0,16	72	1,2	0,0869	0,0932	4	2147
Hierro (mg/l)	33,96	920	1,2	0,0869	0,0625	944	18400
Manganeso (mg/l)	0,23	37	2,5	0,0869	0,0625	3	36
Níquel (mg/l)	0,2	3,72	2,5	0,0869	0,0588	3	34
Plomo (mg/l)	0,12	44	0,7	0,0869	0,0625	6	1509
Zinc (mg/l)	13.39	14900	1,2	0,0869	0,0625	372	298000
Aceites y grasas (mg/l)	-	7,4	20	-	0,0932	-	13
S. Sedimentables (ml/l-h)	2,5	850	8,5	0,0869	0,0932	10	3579

Tabla 4.2.2.5: Población Equivalente, según licor concentrado de ácido (LA).

Parametro	Concentracion	L.M.P	Caudal (l/s)	P. E. (Hab)
D.Q.O (mg/l)	10000	360	0,9524	10159
Cianuro (mg/l)	0,46	0,5	0,9524	336
Cadmio (mg/l)	0,9	0,2	0,9524	1646
Cobre (mg/l)	22,65	1,0	0,9524	8284
Cromo total (mg/l)	41	1,2	0,9524	12495
Hierro (mg/l)	2880	1,2	0,9524	877732
Manganeso (mg/l)	240	2,5	0,9524	35109
Níquel (mg/l)	-	2,5	0,9524	-
Plomo (mg/l)	47	0,7	0,9524	24556
Zinc (mg/l)	3300	1,2	0,9524	1 005734
Aceites y grasas (mg/l)	-	20	0,9524	-
S. Sedimentables (ml/l-h)	30	8,5	0,9524	1291

4.5 METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La metodología que se ha seguido consiste en la elaboración de submatrices de causa y efecto directo (tipo LEOPOLD); para los diversos componentes ambientales y las diferentes acciones que se desarrollan mediante acciones preventivas y correctivas. (Ver figura 4.5.1)

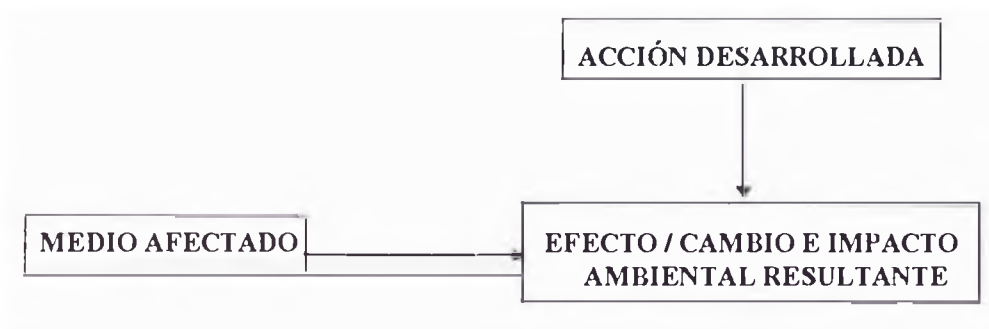


Figura 4.5.1 : Esquema de la Matriz de Leopold.

El medio afectado está dado en términos de los siguientes factores ambientales

- A. Características físicas y químicas de la tierra, el agua, la atmósfera y procesos físico químicos (erosión, precipitación, sedimentación).
- B. Factores Culturales : Usos del territorio, recreación, aspectos de interés estéticos y humanos, estado cultural, actividades humanas.
- C. Relaciones ecológicas.
- D. Condiciones del medio laboral.

Las grandes acciones son : la industria de galvanizado, sus procesos y operaciones (desengrasado, decapado, zincado, pasivado y secado); los vertimientos a la alcantarilla pública sin tratamiento alguno, y sus principales efluentes de cada proceso y por último aquellas acciones que implican riesgo de

incendios, explosiones; y otras que por alguna circunstancia ocurren, tales como fallas operacionales y en algunos casos la generación de ruido en el medio laboral.

En base al esquema planteado inicialmente, se interrelacionan las acciones con el medio afectado y se van derivando un conjunto de efectos ambientales que en el contexto local o regional tienen su nivel de magnitud e importancia. Para la identificación y determinación de los efectos ambientales en este caso, se han elaborado las siguientes submatrices

- Submatriz de procesos y operaciones.
- Submatriz de situación y tratamiento de residuos.
- Submatriz de accidentes y otros.

En todas ellas se hace un enunciado de los probables impactos ambientales que ocurrirán si no se toman las debidas precauciones de control y vigilancia ambiental. Por esta razón, es que en el análisis y evaluación del impacto ambiental se pondera subjetivamente el nivel de desarrollo, el bioma a ser afectado, las necesidades de la población, la tecnología que se utiliza y el marco institucional vigente en materia de fiscalización y control ambiental.

4.5.1 CALIFICACIÓN DE IMPACTOS

Para efectos del presente investigación se ha elaborado una escala de gravedad de impactos; teniendo en cuenta los siguientes criterios

- Magnitud.
- Extensión.
- Duración.
- Efecto.

En la tabla 4.5.1.1, se definen la gravedad de los impactos, de acuerdo a los criterios antes mencionados.

Tabla 4.5.1.1 : Gravedad de los impactos ambientales.

IMPACTO	GRAVEDAD
Leve	1
Moderado	2
Grave	3
Muy grave	4
Catastrófico	5

4.5.2 IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental es el resultado de la valoración subjetiva u opinada de la interacción de cada una de las acciones con los factores ambientales afectados para tal acción.

Por lo tanto, las observaciones y el estudio realizado en campo ha dado lugar a la confección de las tres (03) submatrices: procesos y operaciones; situación y tratamiento de residuos; y la matriz accidentes y otros. Estas se representan en las tablas 4.5.2.1, 4.5.2.2 y 4.5.2.3, respectivamente.

Tabla 4.5.2.1 : Submatriz - Procesos y Operaciones.

Factores → Acciones ↓	Características físicas y químicas	Factores culturales	Relaciones ecológicas	Condiciones del medio laboral	Efecto	Gravedad
• Pequeña industria de galvanizado (zincado).	* Empleo de sustancias químicas peligrosas: tóxicas, corrosivas, reactivas e inflamables.	* Generación de empleo. * Falta de entrenamiento a los operarios.	* Deterioro del hábitat urbano.	* Inexistencia de controles de ingeniería de procesos. * Ausencia de controles de ingeniería en materia de higiene y seguridad.	* Desperdicio de sustancias químicas en general. * Deseconomía e ineficiencia en el uso del recurso agua. * Riesgo para la salud ocupacional. * Riesgo de accidentes.	4
• Desengrasado.	* Contaminación del agua y del suelo, por descarga de compuestos altamente cancerígenos e inflamables.	* Falta de entrenamiento al operario, para efectuar la limpieza adecuadamente.	* Deterioro del hábitat urbano.	* Inhalación de solventes orgánicos hidrocarburos. * Ausencia de equipos de protección personal para evitar la inhalación.	* Riesgo para la salud ocupacional. * Riesgo para la salud ocupacional.	3
• Decapado.	* Contaminación del agua por descarga de sustancias	* Falta de entrenamiento a operarios.	-	* Absorción de sustancias tóxicas a través de la inhalación de	* Riesgo de quemaduras a la piel y pérdida de la visión.	4

Factores → Acciones ↓	Características físicas y químicas	Factores culturales	Relaciones ecológicas	Condiciones del medio laboral	Efecto	Gravedad
	reactivas, corrosivas y tóxicas			nieblas y vapores de ácido clorhídrico. * Ausencia de equipos de protección personal para evitar la inhalación.	* Riesgo para la salud ocupacional.	4
• Zincado electrolítico (galvanizado).	* Contaminación del agua por descarga de sustancias tóxicas, reactivas e inflamables.	* Falta de entrenamiento a operarios.	-	* Inhalación de nieblas y vapores de cianuro y sus compuestos (NaCN). * Absorción de cianuro a través de la piel. * Ausencia de equipos de protección personal para evitar la inhalación.	* Envenenamiento. * Quemaduras a la piel y pérdida de la visión. * Riesgo para la salud ocupacional.	4
• Pasivado.	* Contaminación del agua por descarga de sustancias	* Falta de entrenamiento a los operarios.	-	* Absorción de sustancias tóxicas y corrosivas a través de la piel.	* Quemaduras a la piel	4

Factores → Acciones ↓	Características físicas y químicas	Factores culturales	Relaciones ecológicas	Condiciones del medio laboral	Efecto	Gravedad
	tóxicas, corrosivas y reactivas.			* Ausencia de equipos de protección personal para evitar cualquier contacto.	* Riesgo para la salud ocupacional.	4
• Secado.	* Perturbación del ambiente por generación de ruidos y calor.	-	* Deterioro del medio ambiente urbano.	* Absorción de ruidos molestos. * Ausencia de equipo de protección personal, para reducir la cantidad de decibeles.	* Sordera precoz. * Riesgo para la salud ocupacional.	2

Tabla 4.5.2.2 : Submatriz - Situación y Tratamiento de Desechos

Factores --> Acciones ↓	Características físicas y químicas	Factores culturales	Relaciones ecológicas	Condiciones del medio laboral	Efecto	Gravedad
<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de los efluentes líquidos a la alcantarilla pública sin tratamiento alguno, que obstruyen, en todos los casos, la buena operación y conservación de las mismas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Contaminación de las aguas, por la presencia de sustancias tóxicas, reactivas, corrosivas e inflamables. * Alteración de las propiedades de las aguas residuales domésticas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de educación ambiental, en materia de desechos peligrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Deterioro del hábitat humano. * Ausencia de conciencia ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> * Inexistencia de plan de manejo ambiental para desechos peligrosos y otros desechos. * Inexistencia de inventario de desechos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Sinergismo; asociado a otras pequeñas y medianas industrias de esta naturaleza y de otra índole. * Introducción de sustancias peligrosas en la cadena alimenticia. * Riesgo para la salud, seguridad pública y el medio ambiente. 	3
<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de sustancias volátiles a la alcantarilla. 	<ul style="list-style-type: none"> * Contaminación de las aguas, por la presencia de sustancias tóxicas (metales pesados) e inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de educación ambiental, en materia de desechos peligrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Deterioro del hábitat humano. * Ausencia de conciencia ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> * Inexistencia de plan de manejo ambiental para desechos tóxicos e inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> * Riesgo carcinogénico para la salud ocupacional. 	3
<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de licores residuales 	<ul style="list-style-type: none"> * Contaminación de las aguas, por la 	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de educación 	<ul style="list-style-type: none"> * Deterioro del hábitat 	<ul style="list-style-type: none"> * Inexistencia de plan de manejo 	<ul style="list-style-type: none"> * Introducción y bioacumulación 	4

Factores → Acciones ↓	Características físicas y químicas	Factores culturales	Relaciones ecológicas	Condiciones del medio laboral.	Efecto	Gravedad
concentrados con contenido de sales de cianuro y otras sales metálicas en disolución.	presencia de sustancias tóxicas (metales pesados y venenosas), reactivas e inflamables.	ambiental, en materia de desechos peligrosos.	humano. * Ausencia de conciencia ambiental. * Alteraciones en la cadena alimenticia.	ambiental para desechos peligrosos y otros desechos.	de sustancias peligrosas en la cadena alimenticia. * Riesgo para la salud, seguridad pública y el medio ambiente.	4
• Descargas de aguas de enjuague de ácido diluidas.	* Contaminación de las aguas, por la presencia de sustancias tóxicas (metales pesados), corrosivas y reactivas.	* Falta de educación ambiental, materia de desechos peligrosos.	* Deterioro del hábitat humano. * Ausencia de conciencia ambiental. * Alteraciones en la cadena alimenticia.	* Inexistencia de plan de manejo ambiental para desechos peligrosos y otros desechos.	* Introducción de sustancias peligrosas en la cadena alimenticia. * Riesgo para la salud, seguridad pública y el medio ambiente.	4
• Descargas de ácido semiconcentrados	* Contaminación de las aguas, por la presencia de sustancias tóxicas (metales pesados), corrosivas y reactivas.	* Falta de educación ambiental, materia de desechos peligrosos.	* Deterioro del hábitat humano. * Ausencia de conciencia ambiental. * Alteraciones en la cadena alimenticia.	* Inexistencia de plan de manejo ambiental para desechos peligrosos y otros desechos.	* Introducción de sustancias peligrosas en la cadena alimenticia. * Riesgo para la salud, seguridad pública y el medio ambiente.	4

Factores → Acciones ↓	Características físicas y químicas	Factores culturales	Relaciones ecológicas	Condiciones del medio laboral.	Efecto	Gravedad
<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de lodos y sólidos peligrosos 	<ul style="list-style-type: none"> * Contaminación de las aguas por presencia de sustancias peligrosas. * Alteración potencial de las propiedades físico químicas de las aguas residuales domésticas, que hacen cada vez difícil su tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de educación ambiental, materia de desechos peligrosos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Deterioro del hábitat humano. * Ausencia de conciencia ambiental. * Alteraciones en la cadena alimenticia. 	<ul style="list-style-type: none"> * Inexistencia de plan de manejo ambiental para desechos peligrosos y otros desechos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Introducción y bioacumulación de sustancias peligrosas en la cadena alimenticia. * Riesgo para la salud, seguridad pública y el medio ambiente. 	<p>4</p> <p>4</p>

Tabla 4.5.2.3 : Submatriz - Accidentes y otros.

Factores → Acciones ↓	Características físicas y químicas	Factores culturales	Relaciones ecológicas	Condiciones del medio laboral.	Efecto	Gravedad
<ul style="list-style-type: none"> • Descargas de sustancias volátiles (gasolina) al suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> * Contaminación de las aguas residuales y suelo por presencia de sustancias tóxicas (cancerígenas) e inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de educación ambiental a los operarios. * Pérdida de horas-hombre en salvar la emergencia. 	<ul style="list-style-type: none"> * Deterioro del hábitat urbano. * Peligro inminente en la zona aledaña. 	<ul style="list-style-type: none"> * Inexistencia de plan de manejo ambiental para desechos inflamables. * Ausencia de equipos de protección personal para evitar quemaduras. 	<ul style="list-style-type: none"> * Riesgo de incendio. * Riesgo de explosión. * Riesgo para la salud ocupacional. * Riesgo para la salud y seguridad pública. 	5
<ul style="list-style-type: none"> • Fallas operacionales 	<ul style="list-style-type: none"> * Contaminación por sustancias tóxicas, corrosivas, reactivas e inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de educación ambiental en los operarios. * Falta de entrenamiento a operarios acerca de los procesos y operaciones de la industria. 	<ul style="list-style-type: none"> * Deterioro del hábitat urbano. * Peligro inminente en la zona aledaña. 	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de instalaciones sanitarias. * Falta de espacio físico. * Desorden. * Ingesta de alimentos durante las operaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> * Riesgo de envenenamiento e intoxicación. * Riesgo de accidentes. * Riesgo y peligro de explosión e incendios. 	5
<ul style="list-style-type: none"> • Generación de 	<ul style="list-style-type: none"> * Ruidos molestos, 	<ul style="list-style-type: none"> * Falta de 	<ul style="list-style-type: none"> * Deterioro del 	<ul style="list-style-type: none"> * Ausencia de 	<ul style="list-style-type: none"> * Sordera precoz. 	3

Factores → Acciones ↓	Características físicas y químicas	Factores culturales	Relaciones ecológicas	Condiciones del medio laboral	Efecto	Gravedad
ruido.	ocasionalmente	educación ambiental en los operarios.	hábitat urbano. * Peligro inminente en la zona aledaña.	equipo de protección personal para reducir los ruidos.	* Riesgo de accidentes.	3

**CAPITULO V:
MANEJO AMBIENTAL
DE DESECHOS**

5.1 RAZONES PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE DESECHOS PELIGROSOS.

La industria de procesos electroquímicos utiliza productos potencialmente tóxicos para el ser humano. Su persistencia en el medio ambiente y la disposición final de los desechos generados por el proceso de manufactura presentan muchos problemas ambientales. Por ejemplo, las descargas industriales asociadas con la calidad ambiental, la salud y seguridad de los trabajadores.

Los materiales de desechos que se descartan en forma permanente constituyen una categoría específica que, debido a su cantidad, concentración o característica física, química o infecciosa, pueden:

1. Causar un aumento de la mortalidad o un aumento de enfermedades graves irreversibles o reversibles que producen invalidez, o contribuyen significativamente a ello.
2. Plantear un riesgo sustancial real o potencial a la salud humana o al medio ambiente cuando son tratados, almacenados, transportados, eliminados o manejados en forma indebida¹.

Por lo tanto, para velar por la protección de la salud humana, el medio ambiente y una ordenación adecuada de los recursos naturales; es de mucha importancia controlar eficazmente la producción, almacenamiento, el tratamiento, el reciclado y la reutilización, el transporte, la recuperación y la eliminación de desechos peligrosos.

5.2 PRINCIPIOS DEL MANEJO AMBIENTAL DE DESECHOS.

Estos principios no son absolutos y su función no es sustituir a los acordados en el Convenio de Basilea, ni definir el manejo ambientalmente racional. Se presentan como principios que merecen ser examinados y que países como el

¹ USEPA, 1986.

nuestro han de considerarlos como útiles. Se puede mencionar los siguientes principios

5.2.1 PRINCIPIO DE REDUCCIÓN EN LA FUENTE.

La generación de desechos peligrosos debe reducirse al mínimo, por lo que respecta tanto a su cantidad como potencial contaminante. Esto puede lograrse utilizando centrales y procesos adecuadamente diseñados.

5.2.2 PRINCIPIO DEL CICLO VITAL INTEGRADO.

Las sustancias y los productos deben concebirse y manejarse de modo que provoquen unos efectos ambientales mínimos durante su generación, utilización, recuperación y eliminación.

5.2.3 PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN.

Deben adoptarse medidas preventivas, teniendo presente los costos y beneficios de la acción y la inacción, cuando haya razones científicas, aunque no sean concluyentes, para creer que la liberación en el medio ambiente de las sustancias, los desechos o la energía tiene probabilidades de causar daños a la salud humana o el medio ambiente.

5.2.4 PRINCIPIO DEL CONTROL INTEGRADO DE LA CONTAMINACIÓN.

El manejo de los desechos peligrosos debe basarse en una estrategia que tome en cuenta el potencial de producción de efectos sinérgicos en medios cruzados y múltiples.

5.2.5 PRINCIPIO DE NORMALIZACIÓN.

Deben establecerse estándares para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos en todas las etapas de elaboración, tratamiento, eliminación y recuperación.

5.2.6 PRINCIPIO DE AUTOSUFICIENCIA.

(Que ha de considerarse conjuntamente con los principios 5.2.7 y 5.2.8). Los países deben asegurarse de que la eliminación de los desechos generados en su territorio se realice mediante métodos compatibles con el manejo ambientalmente racional, reconociendo que el manejo económicamente racional de algunos desechos fuera del territorio nacional también puede ser ecológicamente racional.

5.2.7 PRINCIPIO DE PROXIMIDAD.

(Que ha de considerarse conjuntamente con los principios 5.2.6 y 5.2.8). Los desechos peligrosos deben eliminarse lo más cerca posible de su lugar de su generación, si bien se reconoce que el manejo económico y ambientalmente racional de algunos desechos se puede lograr en instalaciones especializadas situadas a mayor distancia del lugar de generación.

5.2.8 PRINCIPIO DEL MENOR MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO.

(Que ha de considerarse conjuntamente con los principios 5.2.6 y 5.2.7).

Los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos deben reducirse al mínimo compatible con su manejo eficiente y ambientalmente racional.

Los principios 5.2.6, 5.2.7 y 5.2.8, están vinculados y deben entenderse de forma equilibrada. También hay que reconocer que las

Los principios 5.2.6, 5.2.7 y 5.2.8, están vinculados y deben entenderse de forma equilibrada. También hay que reconocer que las condiciones de la eliminación pueden ser distintas de las de la recuperación, la cual, si se maneja racionalmente, puede brindar beneficios ambientales y económicos.

5.2.9 PRINCIPIO DE QUIEN CONTAMINA PAGA.

El contaminador potencial debe tomar medidas para evitar la contaminación, y los contaminadores deben pagar para remediar las consecuencias de esa contaminación.

5.2.10 PRINCIPIO DE SOBERANÍA.

Todos los países deben tener en cuenta circunstancias políticas, sociales, y económicas al establecer una estructura nacional de manejo de desechos. Un país puede, por ejemplo, prohibir la importación de desechos peligrosos en su territorio en conformidad con su legislación ambiental nacional.

5.2.11 PRINCIPIO DE PARTICIPACIÓN PÚBLICA.

Los Estados deben velar por que en todas las etapas, las opciones de manejo de desechos se examinen en consulta con la opinión pública, según proceda, y por que el público tenga acceso a la información relativa al manejo de los desechos peligrosos.

Se reconoce que la aplicación y formulación de estos principios variará de país a país. También se reconoce que para desarrollar una estrategia de manejo de desechos hay que tener en cuenta el costo y la eficiencia económica. Además, muchos países, cuando sea posible, vincularán el nivel de control de los desechos al riesgos que éstos presenten.

5.3 MANEJO AMBIENTAL DE DESECHOS.

Como se ha visto en el Capítulo I; ítem 1.3.2, el término “manejo” considera a la recolección, el transporte y la eliminación de los desechos peligrosos o de otros desechos, incluida la vigilancia de los lugares de eliminación.

Desde un enfoque integral del manejo ambiental de los desechos se pueden encontrar a las siguientes acciones:

- Generación.
- Reducción.
- Transporte.
- Tratamiento primario.
- Almacenamiento.
- Tratamiento secundario y/o disposición final.

Una de las primeras prioridades en materia de manejo ambiental de los desechos peligrosos es reducirlos al mínimo, como parte de un criterio más amplio² para modificar los procesos industriales y las modalidades de consumo; mediante estrategias de prevención de la contaminación y de producción menos contaminante.

Entre los factores más importantes de tales estrategias, se cuenta con la recuperación de desechos peligrosos para convertirlos en materiales útiles. En consecuencia, la aplicación de tecnología y la modificación y desarrollo de nuevas tecnologías permiten una menor producción de desechos (un aspecto fundamental es la reducción al mínimo de los desechos peligrosos).

En efecto, el presente estudio se desarrolla, desde la óptica de la prevención. Esto implica, que el área de trabajo va a estar dirigido a la

² Actualmente a este concepto se le conoce como “gestión ambiental de residuos o desechos”.

generación, reducción y tratamiento de los desechos peligrosos en la pequeña industria del zincado electrolítico.

La prevención de la contaminación³ se logra cuando se toman medidas adecuadas para reducir los desechos generados por el proceso de transformación de materias primas y productos semielaborados (manufacturas). Esto incluye prácticas que reducen el uso de materiales peligrosos y no peligrosos tales como el agua, la energía y otros recursos. También incluyen aquellas prácticas que protegen los recursos naturales a través de su conservación, o mediante el uso más eficiente de los recursos naturales.

Es decir, la prevención de la contaminación es cualquier medida que reduce la producción de desechos contaminantes (en la fuente que los genera) que pueden liberarse al aire, al agua o al suelo. Se tienen dos métodos para lograr la prevención de la contaminación:

1. Optimización y/o cambios de proceso.
2. Cambios o sustitución de productos.

La optimización y/o cambios de proceso, permiten que los recursos se usen más eficientemente durante el proceso de manufactura, e incluyen:

- Compras prudentes, sólo lo necesario para no tener que disponer de la porción que no se usa.
- Cambio en las operaciones :
 - Reducción de materiales que entran inicialmente a la producción
 - Reducción del consumo de agua en las líneas de procesamiento.
- Cambios en tecnología:
 - Uso de materiales (insumos) de proceso menos peligroso.
- Incremento en el uso eficiente de la energía.

³ También se conoce como “reducción de contaminantes en su fuente u origen” o “minimización de residuos”.

Los cambios o sustitución producto, reducen el volumen de contaminación durante el proceso de manufactura. Los productos terminados tienen menos impacto sobre el medio ambiente, así como también durante el uso último y la disposición del producto. Los cambios de producto pueden incluir:

- Desarrollar productos con menores requerimientos de insumos químicos tóxicos.
- Desarrollar productos de mayor durabilidad y calidad.
- Incorporar un análisis del ciclo de vida del producto que incluye alternativas para el uso y la disposición final del producto.

Por lo tanto, la prevención de la contaminación incluye cualquier medida que tome una empresa para reducir la cantidad de desechos creados por un proceso de manufactura antes de reciclar, tratar o disponer del desecho.

Ahora bien, para conseguir este objetivo, la empresa deberá contar con un plan (o programa) de prevención de la contaminación, el cual deberá ser continuo y eficaz. Así, en la medida que se aplique el programa se logrará la reducción de los costos operativos y de producción a la vez de lograr la disminución de los riesgos para la salud humana y el ambiente.

5.4 ESTRATEGIAS SOBRE DESECHOS PELIGROSOS.

Se debe precisar que las medidas de control de la contaminación que se aplican después de que se generan los desechos no se categorizan como prevención de la contaminación.

En efecto, transferir los desechos peligrosos a otros medios no es prevenir la contaminación. En algunos casos, la transferencia es una alternativa válida. Sin embargo, con mucha frecuencia el propósito ha sido trasladar el contaminante a un medio que se regula menos estrictamente. Luego, la transferencia entre medios no es prevención de la contaminación.

Así, el reciclaje fuera de la empresa es preferible a otras formas de manejo de residuos, porque ayuda a preservar la materia prima y reduce la cantidad del material del que habrá que disponer. Sin embargo, comparando con el reciclaje de ciclo cerrado (o volver a usar el material) que se lleva a cabo en el lugar de la producción, es probable que haya más residuos que requerirán disposición. Además, el transporte de residuos y el proceso de reciclaje mismo implican el riesgo de la exposición del trabajador y de que liberen contaminantes al medio ambiente.

De otro lado, el tratamiento de desechos antes de disponer de ellos reduce la toxicidad y/o necesidad de espacio en el lugar de disposición, pero no elimina todos los materiales contaminantes. Esto incluye procesos como la reducción del volumen, la dilución, la incineración, la estabilización, entre otras medidas.

La figura 5.4.1, presenta la jerarquización de la prevención de la contaminación, la cual señala la prioridad de las alternativas de manejo de los desechos, de menor a mayor daño al medio ambiente.

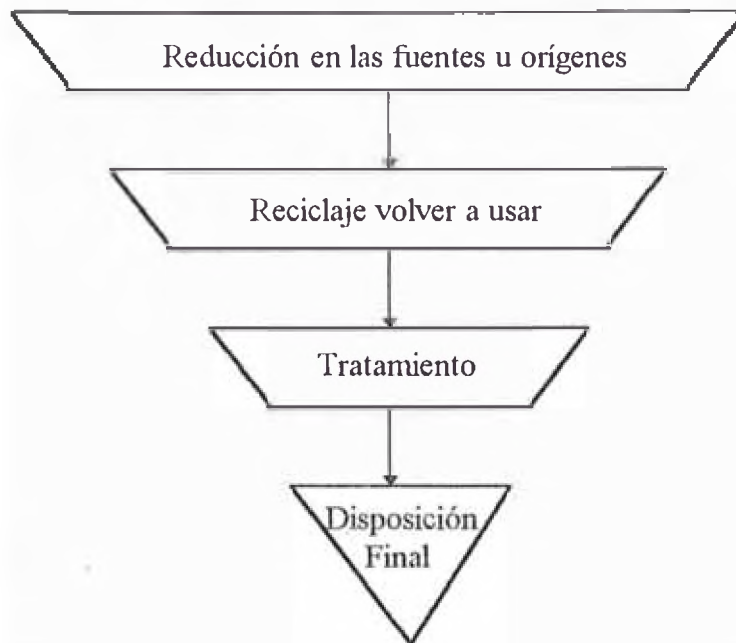


Figura 5.4.1. Jerarquización de la prevención de la contaminación.

5.5 ESTRATEGIAS PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.

En el marco de la Agenda 21, aprobada en la Reunión “Cumbre en la Tierra”⁴ se presentan estrategias que han de concretarse vía acciones en cada una de las Partes asistentes y firmantes en la mencionada reunión. A continuación se ha realizado una síntesis, en líneas generales, de lo que le tendría que desarrollar el Perú; esto obviamente desde la óptica de la prevención de la contaminación, la cual variará según el grado de avance de cada una de las instituciones, los gremios industriales y la sociedad en su conjunto.

5.5.1 A NIVEL DE GOBIERNO.

- i. Establecer normas o especificaciones en materia de adquisiciones o modificar las existentes, a fin de evaluar la posibilidad de reciclar materiales, a condición de que sean ambientalmente racionales.
- ii. Ofrecer incentivos económicos o normativos, en la medida de las posibilidades de las instituciones que reglamentan el manejo ambiental de desechos, cuando proceda para favorecer la adopción por parte de la industria de nuevos métodos de producción menos contaminantes, alentar a la industria a invertir en tecnologías de prevención y/o reciclado de desechos, y fomentar las inversiones orientadas que conducen a la reducción de tales desechos.
- iii. Intensificar las actividades de investigación y desarrollo de variantes eficaces en función de los costos para los procesos y sustancias que actualmente producen desechos peligrosos y que plantean problemas especiales en cuanto a su eliminación o tratamiento ambiental, debiendo considerarse la posibilidad de eliminar totalmente, tan pronto como sea viable, aquellas sustancias que presentan riesgo excesivo o al que no se pueda

⁴ Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, Brasil, Junio de 1992.

hacer frente por otras vías y accesibles económicamente a nuestra realidad.

- iv. Establecer un servicio nacional de manipulación de desechos peligrosos.
- v. Instar la cooperación de los países desarrollados en la transferencia de tecnología ambientalmente racional y conocimientos prácticos en materia de tecnologías poco contaminantes.
- vi. Alentar a la industria a tratar reciclar, reutilizar y eliminar los desechos en la fuente, o lo más cerca posible de la fuente de producción. Cuando la producción de desechos sea inevitable y cuando resulte eficiente para la industria hacerlo tanto desde el punto de vista económico como desde el ambiental.
- vii. Fomentar la evaluación de tecnología, reuniendo, por ejemplo, a centros universitarios y/o institutos tecnológicos especializados.
- viii. Establecer centros de capacitación e información sobre tecnologías ambientalmente racionales a fin de promover una producción menos contaminante.
- ix. Establecer normas bajo el principio de “quién contamina paga” de eliminación ambientalmente racional de los desechos peligrosos que generan las actividades contaminantes.
- x. Alentar a la industria a ser transparente en sus operaciones y a proporcionar la información necesaria para el manejo y la eliminación de los desechos peligrosos.
- xi. Crear un apoyo financiero a los programas de investigación y desarrollo de tecnologías menos contaminante, incluido el uso de biotecnologías.
- xii. Promover en la industria a realizar estudios sobre eliminación gradual de los procesos que presentan mayor riesgo para el

medio ambiente sobre la base de los desechos peligrosos que producen.

- xiii. Instar a la industria a que elabore planes para integrar el criterio sobre una producción menos contaminante en los procesos de diseño de productos y en las prácticas de gestión.
- xiv. Incluir en los planes y leyes nacionales un sistema integrado de protección ambiental, que se rigiera por el criterio de prevención y reducción en la fuente, teniendo en cuenta el principio de “quién contamina paga”, y adoptar programas de reducción de desechos peligrosos, en que se fijen metas y medidas adecuadas para el control ambiental.
- xv. Elaborar procedimientos de vigilancia y aplicación del método de gestión desde la producción hasta la eliminación, entre ellos, los procedimientos de auditoría ambiental.

5.5.2 A NIVEL INSTITUCIONAL

- i. Preparar y mantener inventarios computarizados de producción de desechos peligrosos y de los lugares de tratamiento o vertimiento, así como de los lugares contaminados que requieran rehabilitación, y evaluar el grado de exposición y riesgo que presentan para la salud humana y el medio ambiente, con la colaboración de la información necesaria de parte de la industria.
- ii. Desarrollar métodos de fácil aplicación para la caracterización y clasificación de los desechos peligrosos.
- iii. Realizar evaluaciones del grado de exposición y el estado de salud de las poblaciones que residen cerca de vertederos de desechos peligrosos no fiscalizados y tomar medidas correctivas pertinentes.
- iv. Instar a los grupos interdisciplinarios e intersectoriales a poner en práctica actividades de capacitación e investigación

relacionadas con la evaluación, la prevención y el control de los riesgos que presentan los desechos peligrosos para la salud.

- v. Fomentar, en la medida de lo posible, la construcción de instalaciones combinadas de tratamiento y eliminación de desechos peligrosos en las industrias pequeñas y medianas.
- vi. Fomentar la identificación y limpieza de los depósitos de los desechos peligrosos en colaboración con la industria. Facilitar a estos efectos tecnologías, conocimientos especializados y recursos financieros, en lo posible aplicando el principio de “quien contamina paga”.
- vii. Los establecimientos militares deben atenerse a las normas ambientales aplicables en el plano nacional, para el tratamiento y eliminación de los desechos peligrosos.
- viii. Establecer una base de datos sobre las evaluaciones de riesgos que crean los desechos peligrosos.
- ix. Construir una base de datos sobre quiénes producen o eliminan o reciclan desechos peligrosos, y proporcionar la información a las personas e instituciones interesadas (Ministerio de salud - DIGESA, MITINCI, CONAM, ONG’s interesadas, universidades).
- x. Fomentar la “autosuficiencia” en materia de eliminación de desechos peligrosos en el lugar de origen, en la medida que sea racional y factible ambientalmente.
- xi. Realizar investigaciones que tengan en cuenta a las necesidades de las industrias pequeñas y medianas.
- xii. Crear conciencia ambiental y aumentar la información pública sobre las cuestiones relativas a los desechos peligrosos y promover la reunión y difusión de información sobre dichos desechos que sea comprensible para el público en general.

- xiii. Crear mecanismos que promuevan la participación del público en general (mujeres y sectores populares), en los programas de manejo ambiental de los desechos peligrosos.
- xiv. Promover la capacitación en materia de tecnologías para la reducción al mínimo y el manejo de los desechos peligrosos en forma ambientalmente racional de los trabajadores, los administradores de las industrias y los empleados de la administración pública encargados de la reglamentación nacional (normas sanitarias y ambientales).
- xv. Crear instalaciones que se ocupen de los desechos peligrosos y empresas de servicios para la manipulación de los desechos.

5.5.3 A NIVEL DE POLÍTICAS

Estas deberán estar dirigidas a

- i. Integrar métodos de producción menos contaminantes y de reducción de desechos peligrosos; fijando metas concretas (en formas de producción).
- ii. Promover el uso de mecanismos reguladores y de mercado.
- iii. Establecer meta intermedia para la estabilización de la cantidad de desechos peligrosos producidos por unidad de producción.
- iv. Lograr la mejora en la calidad de desechos, mediante actividades destinadas a reducir las características de peligrosidad.
- v. Establecer métodos y políticas de prevención y gestión que ofrezcan una “buena” relación costo-eficacia; teniendo en cuenta el nivel de desarrollo del país.

5.5.4 A NIVEL INDUSTRIAL Y OTROS SECTORES DE LA SOCIEDAD.

- i. La industria debería integrar principios que se mencionan en el ítem 5.2 y ejemplos concretos de producción poco contaminante en los programas de capacitación.
- ii. La industria debe preparar inventarios de la producción de desechos peligrosos, a fin de determinar sus necesidades con respecto a la transferencia de tecnología y a la aplicación de medidas para el manejo ambiental de desechos peligrosos y su eliminación.
- iii. Proporcionar la información necesaria a las comunidades que pudieran resultar afectadas por la producción, manipulación y eliminación de desechos peligrosos.
- iv. Establecer la posibilidad de desarrollar programas de investigación y tecnología menos contaminante, conjuntamente con las instituciones especializadas, mediante convenio entre instituciones idóneas.
- v. Adoptar códigos de conducta que den lugar a una producción menos contaminante, mediante asociaciones o gremios de pequeños y medianos industriales.
- vi. Evaluar la posibilidad de reciclar, reutilizar y eliminar los desechos peligrosos en la fuente de producción; ofreciendo una opción de manejo económico racional compatible con el manejo ambiental de tales desechos.
- vii. Establecer un sistema de ordenación ambiental que incluya la auditoría ambiental del lugar de producción o distribución con el fin de determinar dónde hace falta instalar métodos de producción menos contaminantes.
- viii. Todos los sectores de la sociedad deberían organizar y emprender campañas de sensibilización sobre la producción poco contaminante, y fomentar el diálogo y la colaboración con la industria y demás sectores.

- ix. La industria debería elaborar y desarrollar un programa que incorpore técnicas de prevención y de minimización de desechos peligrosos. Este programa debe incluir la capacitación del personal en la manipulación, almacenamiento, transporte y eliminación de desechos peligrosos.

5.6 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Las alternativas tecnológicas para el manejo ambiental de los desechos peligrosos se pueden agrupar en tres grandes grupos:

- i. las que persiguen reducir su generación
- ii. las enfocadas a disminuir su peligrosidad mediante diversos tratamientos y,
- iii. las empleadas para su disposición final (ver figura 5.6.1).

5.6.1 REDUCCIÓN

Las medidas adoptadas para reducir los desechos peligrosos comprenden cuatro tipos de acción:

- i. Modificación de procesos.
- ii. Sustitución de productos.
- iii. Recuperación y reciclaje.
- iv. Segregación en la fuente.

De ellas, las dos primeras constituyen las mejores opciones, en la medida en que reducen al máximo la generación de desechos en la fuente.

La recuperación y reciclaje, si bien son recomendados, plantean problemas que hay que tomar en consideración para el manejo seguro de las sustancias tóxicas o peligrosas, ya que algunas de éstas se podrían encontrar en mayor proporción en los materiales a recuperar o reciclar que en las etapas de los procesos previos que generaron los residuos.

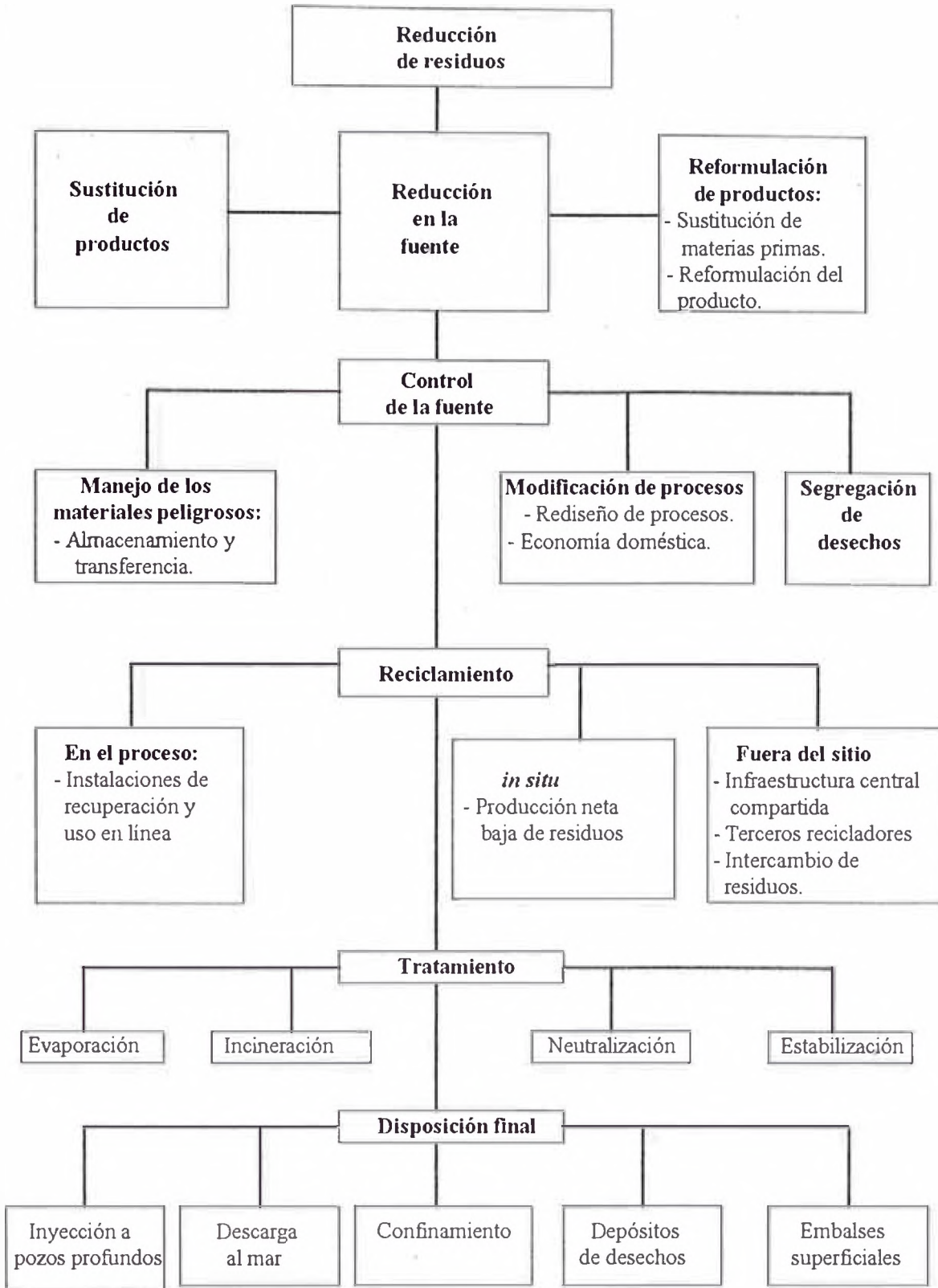


Figura 5.6.1 : Etapas del manejo de desechos peligrosos^(*)

^(*) No incluye el transporte.

5.6.1.1 MODIFICACIÓN DE PROCESOS Y OPERACIONES

Esta es una de las áreas en las que ha ocurrido un número importante de innovaciones tecnológicas. Tales innovaciones, se han traducido en procesos productivos más eficientes, capaces de economizar energía y de aprovechar las materias primas, así como de disminuir la generación de desechos peligrosos, reduciendo con ello los costos de manufactura.

Ejemplo de ello es la obtención de vapor a partir de residuos industriales, en algunos casos; la producción de ácido sulfúrico a partir de residuos de alto contenido de azufre; y el cambio de óxido de etileno para disminuir la cantidad de aguas residuales y el contenido de productos no degradables en ellas.

5.6.1.2 SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS

Mediante esta opción se busca reemplazar productos altamente tóxicos o peligrosos por otros que aporten los mismos beneficios y cuyo manejo a lo largo de su ciclo de vida sea más seguro y respetuoso del ambiente. Tal es lo que ocurre cuando se sustituye los bifenilos policlorados en los transformadores eléctricos por otros tipos de dieléctricos como ciertos aceites o por aire.

5.6.1.3 RECUPERACIÓN Y RECICLAJE

Se tratan de alternativas que, en general, no requieren de inversiones por parte de los generadores de desechos peligrosos, ya que son operaciones rentables en las que se emplean materiales de fácil separación y purificación. Se distinguen tres tipos de opción

- a) reciclaje en la propia planta,
- b) recuperación comercial fuera de la planta e

c) intercambio de materiales.

En este caso particular, se recomienda que las empresas generadoras de desechos peligrosos y las encargadas de su recuperación o reciclaje se instalen lo más cerca posible unas de las otras, con el fin de facilitar las operaciones.

5.6.1.4 SEGREGACIÓN EN LA FUENTE

Este método es uno de los más simples y económicos para disminuir el volumen de desechos peligrosos, ya que puede ponerse en práctica en el mismo sitio en que se generan. El principio en que se basa es de prevenir la contaminación de grandes volúmenes de desechos industriales no tóxicos con desechos peligrosos y en el manejo y disposición final adecuados de éstos últimos desechos.

Estos métodos proporcionan beneficios importantes a las empresas, al disminuir las cantidades de desechos peligrosos y reducir los costos de su manejo. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, cuando las empresas que requieren grandes cantidades de agua separaran las aguas empleadas para enfriar los procesos de aquellas aguas que contienen residuos químicos para recircularlas; en tanto que las segundas son sometidas a tratamiento, antes de verterlas a las descargas de aguas residuales.

5.7 TRATAMIENTO Y DESTOXIFICACIÓN

Entre las tecnologías disponibles para el tratamiento y destoxificación de los desechos peligrosos se encuentran el tratamiento térmico (incineración o pirólisis), biológico o químico. Dichas tecnologías son aplicables a tipos particulares de desechos. Se recomienda establecer medidas de seguridad para reducir sus riesgos.

5.7.1 TRATAMIENTO TÉRMICO

Ofrece como ventajas que induce cambios permanentes en los desechos peligrosos; reduce su volumen considerablemente y permite la recuperación de energía, ya que es posible obtener importantes cantidades de vapor a alta presión, a partir de lo cual se puede generar calor o electricidad. La incineración se lleva a cabo en presencia de oxígeno, en tanto que la pirólisis se realiza en ausencia de dicho elemento.

Los procesos de incineración producen dióxido de carbono, agua y cenizas inorgánicas, mientras que en la pirólisis se obtienen sustancias resultantes de la ruptura térmica de las moléculas iniciales y se requiere de equipo más especializado.

En general, la incineración de líquidos es más fácil que la de los sólidos y puede realizarse mediante diversos tipos de equipo, lo que no ocurre con los residuos sólidos.

Se suman a estas tecnologías otras que operan a altas temperaturas y que incluyen reactores de sal fundida o arcos de plasma, oxidación húmeda y agua supercrítica. El cuadro 5.7.1.1 presenta los tipos de procesos de incineración de desechos peligrosos

Cuadro 5.7.1.1 : Procesos de incineración de desechos peligrosos

Tipos de procesos de incineración de desechos peligrosos
<ul style="list-style-type: none"> • Incineración por inyección líquida. • Hornos rotatorios. • Hornos de cemento. • Calderas. • Incineradores de niveles múltiples. • Combustores de cama fluidizada. • Incineración en alta mar.

5.7.2 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Son muy similares a los empleados en el tratamiento de aguas residuales y se aplican a desechos peligrosos cuya toxicidad no es letal para los microorganismos. Entre ellos se destacan:

- Lodos activados
- Lagunas de oxidación
- Filtros
- Biocontactadores
- Lagunas de estabilización
- Digestores anaerobios
- Esparcimiento en suelos agrícolas
- Compostaje

La biotecnología basada en el uso de microorganismos desarrollados selectivamente para degradar sustancias tóxicas específicas se ha empleado con éxito en las siguientes industrias : de refinación y extracción de petróleo, química, farmacéutica, textil y de pulpa de papel; obviamente en países más desarrollados que en el nuestro.

5.7.3 TRATAMIENTOS QUÍMICOS

Se basan en la modificación química de las propiedades de los residuos peligrosos; con lo cual las sustancias se convierten en no tóxicas y su solubilidad en el agua se reduce.

En el cuadro 5.7.3.1 se tienen algunos ejemplos de tratamientos químicos, en la que se destaca la oxidación de los cianuros, la reducción del cromo hexavalente a su estado trivalente, la precipitación de los metales tóxicos y la neutralización.

Cuadro 5.7.3.1: Tratamientos químicos de desechos peligrosos

Tipos de Tratamientos Químicos	
OXIDACIÓN CIANHIDRICA	Consiste en el empleo de soluciones acuosas de hipoclorito de sodio o de cloro para oxidar cianuros; se convierten en cianatos y posteriormente en nitrógeno y dióxido de carbono.
PRECIPITACIÓN DE METALES PESADOS	Se aplica a soluciones residuales que contienen metales pesados y se basa en el tratamiento con hidróxidos de sodio o de calcio, para transformarlos en compuestos insolubles en agua; también pueden tratarse con sulfuro de sodio, tiourea o tiocarbamatos.
REDUCCIÓN DE CROMO (VI)	Se realiza con objeto de reducir el ácido crómico, material corrosivo y altamente tóxico, a cromo III; se emplea metabisulfito de sodio.
NEUTRALIZACIÓN ÁCIDA	Se emplea para tratar soluciones acuosas de ácidos minerales, provenientes de diversas industrias, con cal hidratada para neutralizarlas.

5.8 DISPOSICIÓN FINAL.

Los materiales resultantes del tratamiento de los desechos peligrosos antes descritos, así como los residuos que puedan ser eliminados sin tratamiento previo de destoxificación se disponen, en otros países, en confinamientos tales como rellenos industriales, lagunas superficiales, pozos profundos, minas abandonadas o en el mar. Sin embargo, se admite hoy en día que no existe ningún método de confinamiento totalmente seguro y en todos los casos se requiere evaluar previamente los posibles impactos ambientales y seleccionar con propiedad los sitios para disponer de los desechos.

A este respecto, debe tenerse gran cautela al seleccionar las opciones y al determinar el tipo de desechos, lo cual debe estar sujeto a la regulación y control dispuestos para cada una de ellas con el fin de prevenir riesgos.

5.8.1 RELLENOS INDUSTRIALES

Se trata de confinamientos construidos bajo tierra, en celdas o zanjas recubiertas con cemento y materiales, para evitar que fluyan líquidos (lixiviados) al subsuelo y que penetre la lluvia. En estos confinamientos, los residuos peligrosos se disponen a granel o en contenedores y se dejan escapar, a través de tubos, los gases que se formen. Los lixiviados se recuperan mediante una serie de tuberías perforadas que se entierran en los puntos más bajos del relleno, bombeándolos para evitar que se fuguen hacia el entorno.

5.8.2 LAGUNAS SUPERFICIALES

Este tipo de confinamiento es el menos adecuado, debido a que los desechos peligrosos se disponen en depresiones abiertas con o sin recubrimiento y presentan el riesgo, entre otros, de que se evaporen las sustancias volátiles y se produzca el fenómeno de lixiviación, por lo cual no se recomienda.

5.8.3 INYECCIÓN DE POZOS PROFUNDOS

Para este fin se han utilizado pozos abandonados cuyo fondo consiste en formaciones geológicas apropiadas. También se llegan a perforar pozos nuevos y se emplean plantas de inyección. Este procedimiento se utiliza en especial para disponer soluciones de sustancias tóxicas y de aguas residuales.

5.8.4 MINAS ABANDONADAS

Algunas minas no activas de sal o de hulla se llegan a emplear para enterrar desechos peligrosos que no conviene disponer en rellenos industriales o someter a procesos de destoxificación. Las minas de sal presentan como ventajas que son impermeables a líquidos y gases; por su naturaleza higroscópica absorben grandes cantidades de agua y no favorecen la corrosión de los recipientes metálicos.

A su vez, en las minas de hulla no existe el riesgo de explosiones por gas metano, sin embargo debe asegurarse el cierre permanente de las minas y que los desechos que allí se depositen sean sólidos y estén envasados en recipientes herméticos, a fin de que no exista la posibilidad de reacción entre los residuos y su entorno geológico.

5.8.5 VERTEDEROS EN EL MAR.

Mediante este mecanismo, sólo pueden disponerse ciertos tipos particulares de residuos peligrosos; éstos están contenidos en listados que han sido incluidos en convenios internacionales para regular este procedimiento. En tales convenios se especifica que no pueden ser depositados en el mar derivados de organohalogenados y organosalicílicos, mercurio o sus derivados, cadmio, residuos carcinogénicos o plásticos que puedan interferir con la pesca o la navegación.

/

**CAPITULO VI:
PROPUESTA DE
MANEJO AMBIENTAL DE
DESECHOS PELIGROSOS**

6.1 EN LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL.

La reciente publicación (01/10/97) del Reglamento de Protección Ambiental para las actividades manufactureras por parte del Ministerio de Industrias (MITINCI) es un logro importante que debió concretarse hace mucho tiempo. Sin embargo; las soluciones, muy complejas por cierto, van a depender de la concepción integral del problema. Frente a esta situación se propone:

- El establecimiento de un marco legal claro que regule la reducción de desechos en la fuente de producción, teniendo en cuenta que las opciones de eficiencia y competitividad se acrecientan en la medida que se generan menos desechos.
- Establecer un catálogo de desechos peligrosos para la industria de procesos electrolíticos y demás industrias en general en concordancia con el Convenio de Basilea a fin de someter estos desechos a un manejo adecuado; en los que se definan criterios para la identificación de desechos peligrosos y no peligrosos; así como pautas de manejo, las cuales deben estar en función del grado de afectación y de los riesgos sobre la salud humana y el medio ambiente. Posteriormente debe definirse su control en la fuente de origen del residuo.
- Implementar normas de calidad de vertimiento industrial, in situ, para sustancias tóxicas y peligrosas que ponen en riesgo la salud humana y el medio ambiente.
- Establecer un permiso o licencia estatal para una adecuada disposición final de cualquier descarga de desechos peligrosos ya sea para la pequeña industria de procesos electrolíticos y demás industrias en general.
- Establecer incentivos económico-tributarios, a fin de alentar a las pequeñas industrias a reducir los desechos peligrosos vía tratamiento de sus descargas de sus procesos y operaciones.
- Establecer un marco legal claro a fin de que las municipalidades se encarguen del manejo adecuado de los desechos peligrosos (industriales) en forma diferente a los servicios de aseo urbano. De lo contrario fomentar la

creación de empresas (municipales o privadas) para que realicen el manejo ambiental de los desechos peligrosos.

- Establecer un marco legal que defina la responsabilidad del titular de los desechos peligrosos “de la cuna a la tumba”; es decir, desde que son producidos hasta que son dispuestos en su lugar de confinamiento; además de aplicarse el principio de “quien contamina paga”.

6.2 MEJORAMIENTO DE LA SALUD PUBLICA Y AMBIENTAL.

Los riesgos elevados que presentan el manejo inadecuado de los desechos peligrosos han sido ampliamente explicados; por lo que la Autoridad en Salud deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones

- Crear una base de datos de accidentes, enfermedades y muertes producidos por el manejo inadecuado de los desechos peligrosos. Hacer un seguimiento de los casos producidos debido a estos desechos.
- Realizar monitoreos de poblaciones humanas, o de animales y plantas expuestas a desechos peligrosos, para verificar la presencia de fluidos o tejidos corporales a fin de identificar y evaluar los riesgos
- Desarrollar normas de salud pública y ambiental compatible con la evaluación de tales riesgos.
- Realizar la vigilancia en los establecimientos de disposición final de los desechos peligrosos (rellenos sanitarios y de seguridad), y su correspondiente normalización.
- Desarrollar capacidad técnica de pruebas para determinar la peligrosidad de los desechos (por ejemplo pruebas que determinen la toxicidad de un desecho, entre otras características CRETIB).
- Desarrollar campañas de sensibilización a fin de difundir cursos de prevención de enfermedades y accidentes causados por desechos peligrosos.
- Establecer una base de datos sobre la generación, los orígenes, composición y calidad de los desechos peligrosos conjuntamente con el sector industrial.
- Establecer requisitos para seleccionar lugares para la construcción y operación de centros de tratamiento y eliminación de desechos peligrosos.

- Establecer medidas de seguridad contra incendios en los centros de almacenamiento o disposición final de desechos peligrosos, en conjunto con el sector industrial.
- Establecer medidas específicas sobre almacenamiento de desechos peligrosos, conjuntamente con el sector industrial.
- Establecer especificaciones sobre instalaciones para recoger y transportar los desechos peligrosos conjuntamente con el sector responsable.
- Desarrollar evaluaciones en que se analicen los riesgos ocupacionales de población expuesta a desechos peligrosos.
- Desarrollar programas de prevención de riesgos en las industrias y establecimientos de salud.

6.3 ESTRATEGIA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS.

El enfoque estratégico adoptado para el manejo de los desechos peligrosos, se resume en la figura 6.2.1.1.

La estrategia de control de los desechos industriales en plantas nuevas debe basarse en la autorización de procesos limpios que reduzcan su generación. La promoción del reciclaje puede reducir los volúmenes destinados a destrucción y disposición final siempre que sean manejados y ambientalmente, en forma segura y minimizando los riesgos que se dieran lugar.

En el caso de los confinamientos (rellenos de seguridad), los desechos serán sometidos a un proceso de estabilización para reducir sus efectos peligrosos. De esta manera se pretende garantizar un manejo dirigido a proteger el suelo, el subsuelo, los cuerpos de agua superficiales y los mantos freáticos.

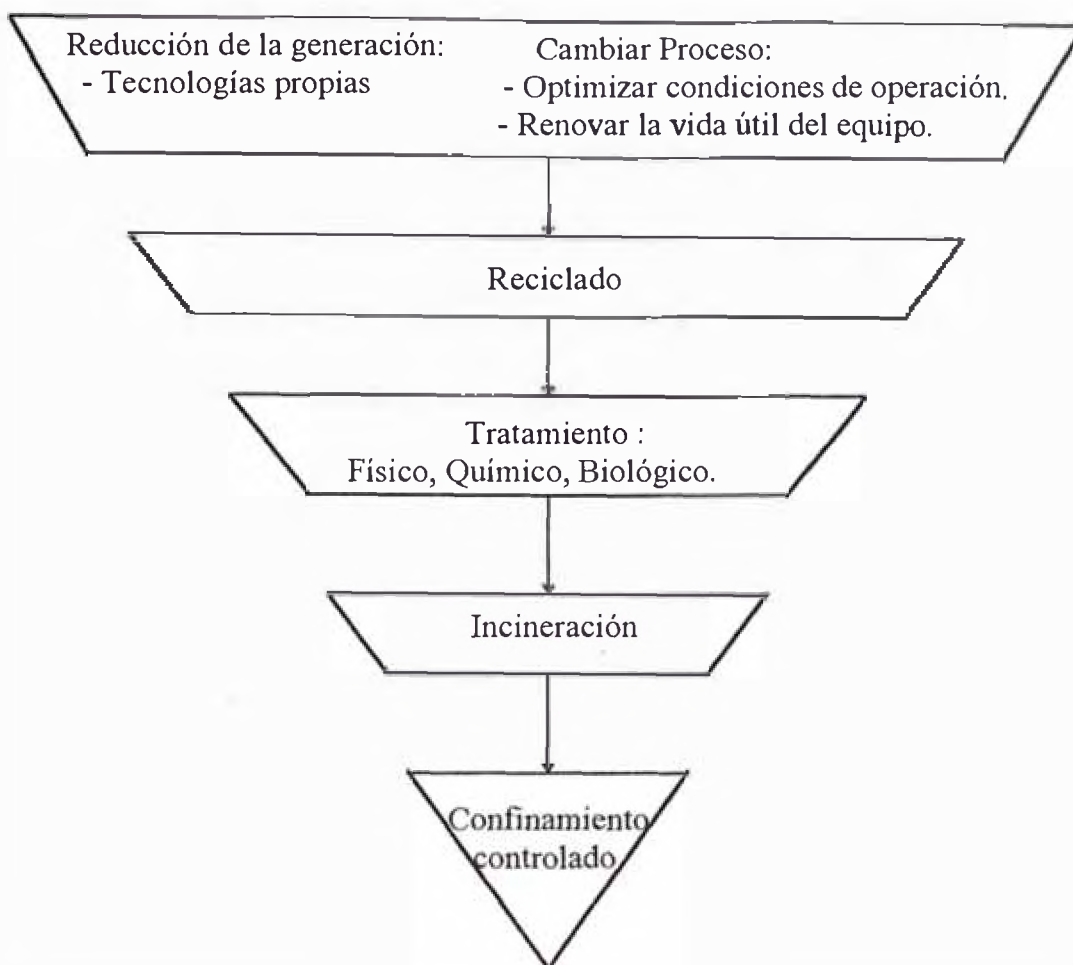


Figura 6.2.2.1 : Estrategia de eliminación de los desechos peligrosos.

6.4 ASISTENCIA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN

La problemática ambiental generada en los últimos años por el acelerado desarrollo de las micro y pequeñas industrias en el país, requiere que las empresas peruanas dispongan de un conjunto de instrumentos técnicos y financieros que les permita mejorar las condiciones ambientales en sus distintos procesos y giros de funcionamiento, para apoyar la política de modernización de la presente administración y participar exitosamente en los procesos de globalización comercial.

Por ello, se considera necesario diseñar e instrumentar estrategias ambientales para que las micro y pequeñas empresas incorporen, como parte de

sus procedimientos normales, la utilización de herramientas y metodologías de gestión que posibiliten el mejoramiento de sus condiciones ambientales y productivas.

Por tal razón, deberá efectuarse un **programa de capacitación y asistencia técnica en el sector industrial** con el MITINCI, instituciones o gremios industriales con los Pequeños y Micro empresarios (PYMES), con la Asociación de Pequeños Empresarios, (APEMIPE), mediante la suscripción de un convenio con las universidades peruanas, institutos u organismos especializados a fin de apoyar la instrumentación de tal Programa. Asimismo es necesario que las instituciones cooperantes como la Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE) y otros organismos de cooperación internacional apoyen el financiamiento que conlleva la realización del programa de capacitación.

El objetivo fundamental del Programa será capacitar al personal directivo de las micro y pequeñas empresas para apoyar la toma de decisiones en materia ambiental, dirigido a resolver los problemas de contaminación derivados de los diversos procesos que éstas utilizan para producir los bienes y servicios que ofertan al mercado nacional y algunas veces internacional.

El Programa deberá pretender estar dirigido a todas las industrias de las diferentes ramas que integran el sector manufacturero dando prioridad a Lima y Callao debido a que generan mayores impactos en el ambiente.

Las metas propuestas en este programa deberán estar dirigidas a inducir y auxiliar al sector industrial a reducir la contaminación generada por sus procesos, no sólo con el fin de cumplir con las escasas normas peruanas al respecto, sino para que utilicen procesos más eficientes, y por lo tanto, más competitivos.

El programa deberá estar integrado por las siguientes fases

1. De inducción y sensibilización, dirigidas a los dueños de las empresas.
2. De capacitación técnica, dirigida a los cuadros gerenciales, responsables de la toma de decisiones.
3. De asistencia técnica, dirigida a cada empresa a fin de diseñar e instrumentar las soluciones técnico-financieras que corresponden a su problemática ambiental específica.

En este Programa, el MITINCI será responsable de

- Promover y difundir ampliamente las acciones a realizar a todos los empresarios involucrados.
- Desarrollar y coordinar una estrategia de participación y comunicación social a nivel nacional, que permita orientar a los sectores empresariales involucrados en particular a la opinión pública en general, sobre las características, acciones, compromisos, metas y resultados esperados del programa.
- Validar las acciones de capacitación ambiental y los servicios de asistencia técnica a realizarse por el programa, así como evaluar los resultados que se obtengan de su ejecución.

De otro lado, los organismos y/o gremios empresariales serán responsables de promover y apoyar las actividades del Programa entre sus afiliados, a fin de garantizar la mayor participación de éstos y con ello alcanzar los objetivos y metas propuestos.

Asimismo, las acciones de apoyo a los empresarios más importantes del Programa, en materia de mejoramiento ambiental será:

- Apoyo técnico financiero para la capacitación empresarial.
- Apoyo técnico y financiero para formular o contratar asesorías necesarias para elaborar estudios especializados que aseguren la sostenibilidad técnica, la viabilidad y rentabilidad de los proyectos de inversión.

- Financiamiento para la modernización de las empresas mediante la adquisición, adaptación y desarrollo de tecnologías que mejor se ajusten a sus necesidades.
- Financiamiento, tanto para las empresas que adquieran o instalen equipos anticontaminantes como para las que fabriquen, si este fuera el caso.

El éxito de un programa que tiende a lograr la participación social en actividades relacionadas con la prevención y control de riesgos de los desechos peligrosos depende de una cuidadosa preparación de las actividades que permitan conocer cómo perciben esos riesgos las comunidades particulares, cuya participación se desea, así como el tipo de conocimiento que dichas comunidades tienen al respecto. Obviamente lo anteriormente dicho va de acuerdo con el nivel de educación, los valores, las costumbres y tradiciones, y la situación económica de los distintos grupos poblacionales; dado que la actitud y respuesta a una misma problemática ambiental varía. Al mismo tiempo, influye en las comunidades la existencia de otros problemas que demandan su atención o son causa de preocupación.

6.5 MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS PARA PROCESOS DE ZINCADO ELECTROLITICO.

6.5.1 ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE DESECHOS PELIGROSOS.

Con el propósito de evaluar la tratatabilidad de las descargas generadas en cada uno de los procesos y operaciones de la pequeña planta de zincado electrolítico se ha estimado conveniente realizar cálculos de carga contaminante de desechos peligrosos. A continuación las tablas 6.5.1.1, 6.5.1.2, 6.5.1.3, 6.5.1.4 y 6.5.1.5; presentan las cargas mensuales (Kg/mes) que se estarían generando. Para ello se tiene la siguiente información (promedio de 01 turno de trabajo diario):

PROCESO/OPERACION	TIEMPO EMPLEADO (Horas)
Decapado	02
Zincado	03
Pasivado	1/4
Secado	3/4
Enjuagues	01
TOTAL	6 1/2

Tabla 6.5.1.1: Carga de desechos peligrosos, según enjuague de decapado (E1).

Parámetro	Concentración		Caudal (l/s)		Carga (Kg/mes)	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Cianuro (mg/l)	2,42	60,58	0,625	0,2813	$6,53 \times 10^{-3}$	$2,43 \times 10^{-3}$
Cadmio (mg/l)	0,01	0,2	0,2667	0,625	$0,12 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-3}$
Cobre (mg/l)	5,0	8,3	0,2522	0,2813	$54,5 \times 10^{-3}$	$100,86 \times 10^{-3}$
Cromo total (mg/l)	0,03	7,0	0,2813	0,625	$0,36 \times 10^{-4}$	$18,9 \times 10^{-2}$
Hierro (mg/l)	21,96	2800	0,2522	0,625	$239,2 \times 10^{-3}$	75,6
Manganeso (mg/l)	-	14	-	0,625	-	$378,0 \times 10^{-3}$
Níquel (mg/l)	0,11	0,22	0,2813	0,2522	$1,34 \times 10^{-3}$	$2,39 \times 10^{-3}$
Plomo (mg/l)	1,1	7,6	0,2813	0,625	$13,4 \times 10^{-3}$	$205,2 \times 10^{-3}$
Zinc (mg/l)	8,69	1409,98	0,2813	0,2522	$105,6 \times 10^{-3}$	15,36
Aceites y grasas (mg/l)	-	9,8	-	0,625	-	$264,6 \times 10^{-3}$
S. Sedimentables (ml/l-h)	3,5	44	0,2522	0,625	$38,1 \times 10^{-3}$	1,19

* Observando estos resultados los elementos a tratar en términos de carga y peligrosidad son: el hierro y el zinc.

Tabla 6.5.1.2: Carga de desechos peligrosos, según enjuague de zincado (E2).

Parámetro	Concentración		Caudal (ls)		Carga (Kg/mes)	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Cianuro (mg/l)	4,56	40,5	0,1837	0,6125	$36,2 \times 10^{-3}$	1,07
Cadmio (mg/l)	0,02	0,25	0,3148	0,6125	$0,272 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-3}$
Cobre (mg/l)	1,32	86	0,1837	0,6125	$10,5 \times 10^{-3}$	2,27
Cromo total (mg/l)	0,04	2,4	0,4592	0,6125	$0,793 \times 10^{-3}$	$63,5 \times 10^{-3}$
Hierro (mg/l)	10,4	487	0,4592	0,6125	$206,3 \times 10^{-3}$	12,89
Manganeso (mg/l)	0,26	2,6	0,4592	0,6125	$5,16 \times 10^{-3}$	$68,8 \times 10^{-3}$
Níquel (mg/l)	-	-	-	-	-	-
Plomo (mg/l)	0	4,3	0,4592	0,6125	0	$113,8 \times 10^{-3}$
Zinc (mg/l)	0,06	430	0,1837	0,6125	$0,476 \times 10^{-3}$	11,38
Aceites y grasas (mg/l)	14,5	17,25	0,3676	0,6125	$230,3 \times 10^{-3}$	$456,4 \times 10^{-3}$
S. Sedimentables (ml/l-h)	3,5	35	0,4592	0,6125	$69,4 \times 10^{-3}$	$926,1 \times 10^{-3}$

* Observando estos resultados los elementos a tratar en términos de carga y peligrosidad son: el hierro y el zinc.

Tabla 6.5.1.3: Carga de desechos peligrosos, según enjuague de pasivado (E3).

Parámetro	Concentración		Caudal (l/s)		Carga (Kg/mes)	
	min	máx	min	máx	min	máx
Cianuro (mg/l)	2,754	48,79	0,3063	0,3511	$36,4 \times 10^{-3}$	0,740
Cadmio (mg/l)	0	0,05	0,3319	0,3149	0	$6,8 \times 10^{-4}$
Cobre (mg/l)	0,8	7,8	0,6125	0,3149	$21,17 \times 10^{-3}$	$106,1 \times 10^{-3}$
Cromo total (mg/l)	0,13	1,625	0,3511	0,3063	$1,97 \times 10^{-3}$	$21,5 \times 10^{-3}$
Hierro (mg/l)	17,96	680	0,3511	0,3149	$272,4 \times 10^{-3}$	9,25
Manganeso (mg/l)	0,268	4,2	0,6125	0,3149	$7,09 \times 10^{-3}$	$57,1 \times 10^{-3}$
Níquel (mg/l)	-	0,15	-	0,3511	-	$2,27 \times 10^{-3}$
Plomo (mg/l)	0	1,9	0,3319	0,3511	0	$28,81 \times 10^{-3}$
Zinc (mg/l)	0,32	116	0,3319	0,3149	$4,59 \times 10^{-3}$	1,58
Aceites y grasas (mg/l)	-	-	-	-	-	-
S. Sedimentables (ml/l-h)	1	475	0,3511	0,3149	$15,17 \times 10^{-3}$	6,46

* Observando estos resultados los elementos a tratar en términos de carga y peligrosidad son: cianuro, hierro y zinc.

Tabla 6.5.1.4: Carga de desechos peligrosos, según licor concentrado de zincado (LZ)

Parámetro	Concentración		Caudal (l/s)		Carga (Kg/mes)	
	mín	máx	mín	máx	mín	máx
Cianuro (mg/l)	1757,41	7186,61	0,0588	0,0869	26,78	161,87
Cadmio (mg/l)	0	0,6	0,0869	0,0625	0	9,72x10 ⁻³
Cobre (mg/l)	2,6	52,9	0,0588	0,0932	39,63x10 ⁻³	1,28
Cromo total (mg/l)	0,16	72	0,0869	0,0932	3,60x10 ⁻³	1,74
Hierro (mg/l)	33,96	920	0,0869	0,0625	764,93x10 ⁻³	14,90
Manganeso (mg/l)	0,23	3,7	0,0869	0,0625	5,18x10 ⁻³	59,94x10 ⁻³
Níquel (mg/l)	0,2	3,72	0,0869	0,0588	4,5x10 ⁻³	56,69x10 ⁻³
Plomo (mg/l)	0,12	44	0,0869	0,0625	2,7x10 ⁻³	712,8x10 ⁻³
Zinc (mg/l)	13,39	14900	0,0869	0,0625	301,x10 ⁻³	241,38
Aceites y grasas (mg/l)	-	7,4	-	0,0932	-	178,76x10 ⁻³
S. Sedimentables (ml/l-h)	2,5	850	0,0869	0,0932	56,31x10 ⁻³	20,53

* Observando estos resultados los elementos a tratar en términos de carga y peligrosidad son: cianuro, cromo, hierro, zinc y sólidos.

Tabla 6.5.1.5: Carga de desechos peligrosos, según licor concentrado de ácido (LA)

Parámetro	Concentración	Caudal (l/s)	Carga (Kg/mes)
Cianuro (mg/l)	0,46	0,9524	$75,70 \times 10^{-3}$
Cadmio (mg/l)	0,9	0,9524	$148,11 \times 10^{-3}$
Cobre (mg/l)	22,65	0,9524	3,73
Cromo total (mg/l)	41	0,9524	6,75
Hierro (mg/l)	2880	0,9524	473,98
Manganeso (mg/l)	240	0,9524	39,49
Níquel (mg/l)	-	0,9524	-
Plomo (mg/l)	47	0,9524	7,74
Zinc (mg/l)	3300	0,9524	543,09
Aceites y grasas (mg/l)	-	0,9524	-
S. Sedimentables (ml/l-h)	30	0,9524	4,94

* Observando estos resultados los elementos a tratar en términos de carga y peligrosidad son: cobre, cromo, hierro, manganeso, plomo y zinc.

6.5.2 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Los requerimientos de tratamiento de las aguas residuales, se determinan mediante la comparación entre la carga de residuos permitida y la contaminación de las aguas residuales domésticas y de ciertos tipos de industrias.

La purificación requerida, va a determinar el método de tratamiento de las aguas residuales. Estos métodos, se basan en fenómenos físicos, químicos y biológicos.

La importancia del tratamiento de las aguas residuales que contienen elementos tóxicos tales como cianuros, cromatos y otras sales de metales pesados; se debe a que estos elementos interfieren muchas veces, en el tratamiento biológico de plantas de aguas residuales domésticas. Asimismo, la presencia de estos elementos en las aguas superficiales pone en riesgo la preservación de la vida acuática (flora y fauna) de los organismos y el riesgo para la salud humana que podría resultar del uso de las aguas superficiales (mar u océano) en la recreación y pesca comercial, a la vez que muchas plantas comestibles son regadas con aguas residuales sin previo tratamiento, alertándose la presencia de metales tóxicos potenciales en la cadena alimenticia, como ya se ha discutido ampliamente en el Capítulo IV ítem 4.1.4.

El objetivo de estos sistemas de tratamiento (de tóxicos y neutralización) de estas aguas residuales es eliminar las características de peligrosidad para el medio ambiente, ya sea mediante oxidación, reducción, neutralización y precipitación o de lo contrario disminuir su toxicidad, por ejemplo

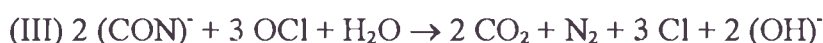
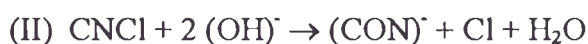
- Oxidación del cianuro,
- La conversión de cromo hexavalente (ácido crómico, cromato), mediante reducción a cromo trivalente que puede ser precipitado en forma de hidróxido.
- La precipitación de metales disueltos utilizando un ácido o una base para obtener el rango de pH apropiado, y
- La neutralización del residuo final para ser vertido al colector público sin riesgo para la salud humana y el medio ambiente.

6.5.2.1 Oxidación de cianuros.

La oxidación de cianuros (CN^-), mediante cloración alcalina es el método más económico y viable de los procesos para la completa destrucción de los cianuros.

Los agentes oxidantes más utilizados son el cloro (cloro gaseoso o sustancias cloradas) y el ozono.

La reacción de oxidación total ocurre en varias etapas. En primer lugar hay formación de cloruro de cianógeno, seguido de una transformación a cianatos hasta su completa destrucción, tal como puede verse en las siguientes reacciones químicas:



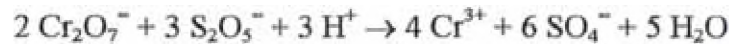
La primera reacción es muy rápida; la segunda es muy lenta a valores de pH menores que 9,0, a menos que esté presente un exceso de hipoclorito (el 10% o más) se hace rápida y la oxidación es completa a cianatos, en un tiempo determinado. La tercera reacción es muy lenta cuando se verifica a valores de pH superiores a 9,0, del orden de 1 a 2 horas al menos, y de muchas horas, si el pH es igual o mayor que 11. Sin embargo, si se añade inicialmente el suficiente hipoclorito para completar la tercera reacción, este gran exceso presente lleva a completar rápidamente la segunda reacción, aún a un pH de 8 o 9; y a este valor de pH la tercera reacción es mucho más rápida.

En consecuencia, la mejor práctica es ajustar primero el pH a un valor de 8,5 y dejar un tiempo de reacción de una hora

aproximadamente, empleando un 10% del exceso de hipoclorito, para la completa destrucción de cianuros.

6.5.2.2 Reducción de cromo (VI) a cromo (III).

El cromo presente en el efluente de una planta de galvanizado se encuentra, principalmente, en estado hexavalente (como cromato $\text{CrO}_4^{=}$ y/o dicromato $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$). Mediante la reacción de agente reductor como el bisulfito de sodio ($\text{S}_2\text{O}_5\text{Na}_2$), el Cr^{6+} se reduce al estado trivalente Cr^{3+} , con lo que se podrá obtener su remoción posterior precipitándolo como hidróxido.



La reacción se efectúa en medio ácido por lo que se exige un pH inferior a 2,5; a ese valor de pH, la reacción es instantánea y para mayores valores, el tiempo de reacción crece rápidamente (pH crítico = 3,5).

Posteriormente, se puede llevar a cabo el tratamiento junto con las otras aguas residuales que contienen metales. En medio ácido se pueden emplear todos los medios de reducción, cuyo potencial normal sea más negativo que 1,33 V. La solución de sulfuro de amonio (como sal de piro-sulfuro de sodio) es apropiada por tener excelente regulación para la reacción con valores de $\text{pH} \leq 2,5$. Este valor se puede acondicionar con la adición de ácido clorhídrico. Es suficiente 15 minutos para producir la reacción.

6.5.2.3 Precipitación de metales tóxicos por neutralización.

La condición previa para que la neutralización se pueda llevar a cabo, establece que el agua residual, según sea necesario,

sea desintoxicada de acuerdo a los ítems anteriores. Si se vuelve muy ácida, entonces se puede neutralizar en unos casos con lejía de sosa o con lechada de cal y en otros casos con soda cáustica. Si se vuelve alcalina, entonces se puede neutralizar con ácido clorhídrico. Con la precipitación por neutralización se precipitan los metales pesados que contiene el agua residual, en forma de hidróxidos altamente insolubles, sales básicas e hidratos oxidados.

Mediante el empleo de lechada de cal se pueden precipitar metales anfóteros (Zn y Cr), aún en casos en que haya niveles de pH muy elevados. Empleando lejía de sosa enriquecida con soda se pueden precipitar hidróxidos que son fuertemente básicos, aún con valores de pH muy bajos.

Después de la precipitación por neutralización, se puede observar siempre una disminución, en menor o mayor grado, del valor de pH, en especial cuando está presente hierro con valencia 2. En este último caso, se debe llevar a cabo la oxidación del hierro durante la neutralización (aire como medio oxidante).

La figura 6.5.1.3.1, muestra los valores de pH mínimos para precipitar por neutralización los metales, con lejía de sosa (NaOH).

El tratamiento con medios oxidantes se lleva a cabo en un tanque reactor agitado (15 minutos), mientras que la oxidación con el aire puede durar mucho tiempo y depende de la concentración de hierro. Se debe tener presente que cuando existen compuestos de cromo, pueden oxidarse y convertirse en cromatos.

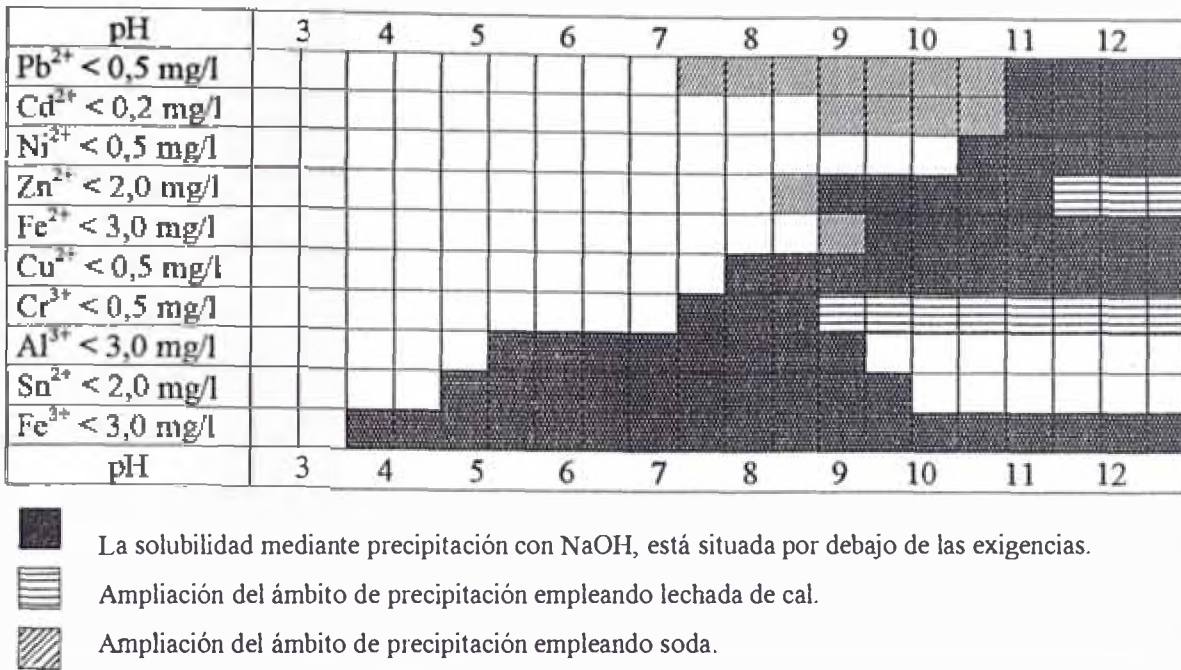


Figura 6.5.1.3.1: Ámbitos de pH - precipitación de los metales más importantes.

Posteriormente, estos precipitados pueden someterse a un filtro prensa, donde se obtiene un residuo (filtrado) el cual ha de ser neutralizado, con lo que el efluente adquiere cierta calidad para ser vertido a la alcantarilla pública sin riesgo para la salud humana y el medio ambiente.

Por otro lado, se obtiene una pasta húmeda que contiene los precipitados de todos los metales, la cual ha de someterse a una operación de secado a fin de disminuir los costos de transporte y su volumen, puede disponerse en celdas de seguridad de rellenos sanitarios, apropiadamente diseñadas para tal efecto. (Ver figura 6.5.1.3.2).

A continuación, las figuras 6.5.1.3.2, 6.5.1.3.3 y 6.5.1.3.4, se presenta el diagrama de flujo para el tratamiento de las aguas residuales con contenido de desechos tóxicos y peligrosos.

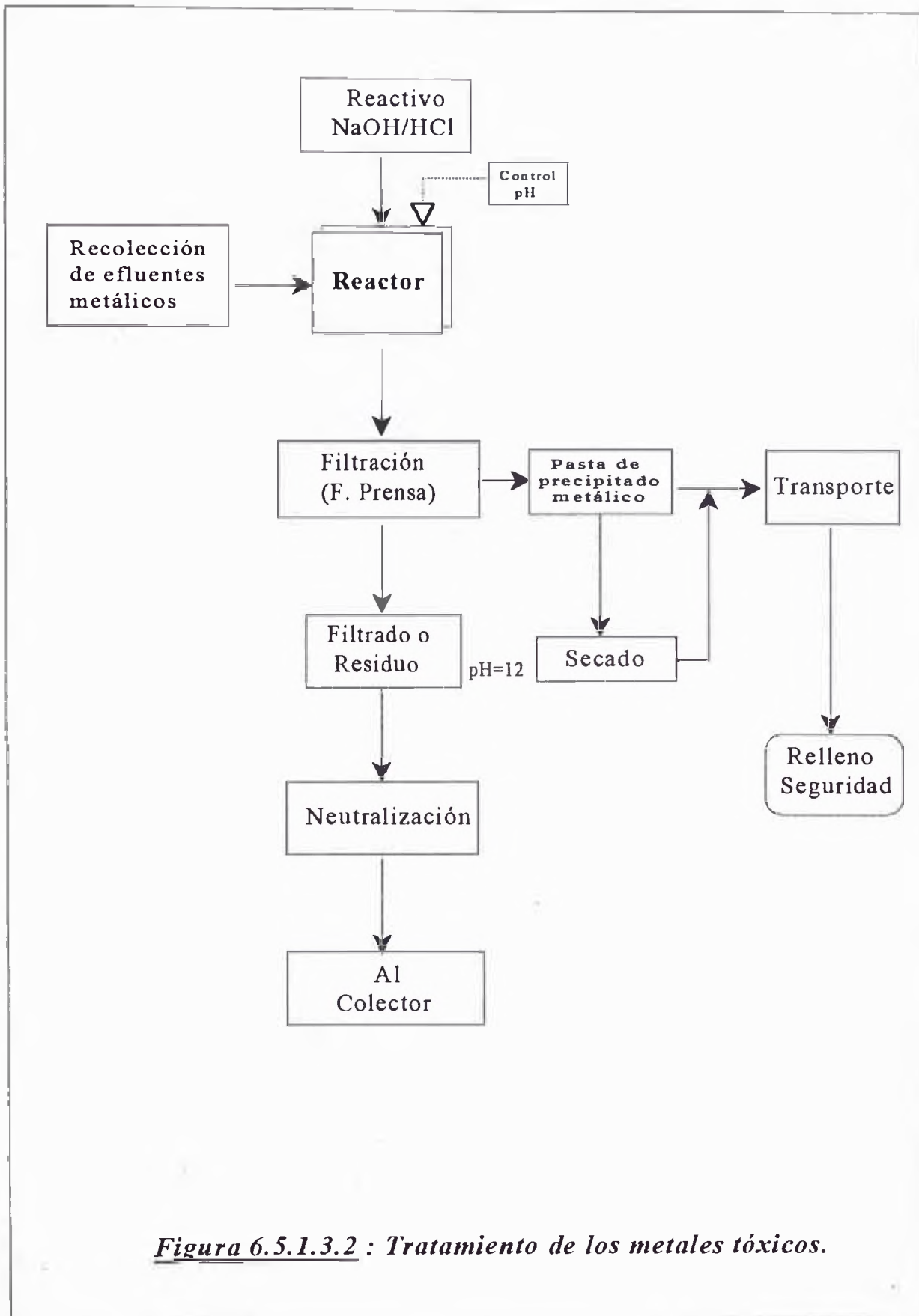


Figura 6.5.1.3.2 : Tratamiento de los metales tóxicos.

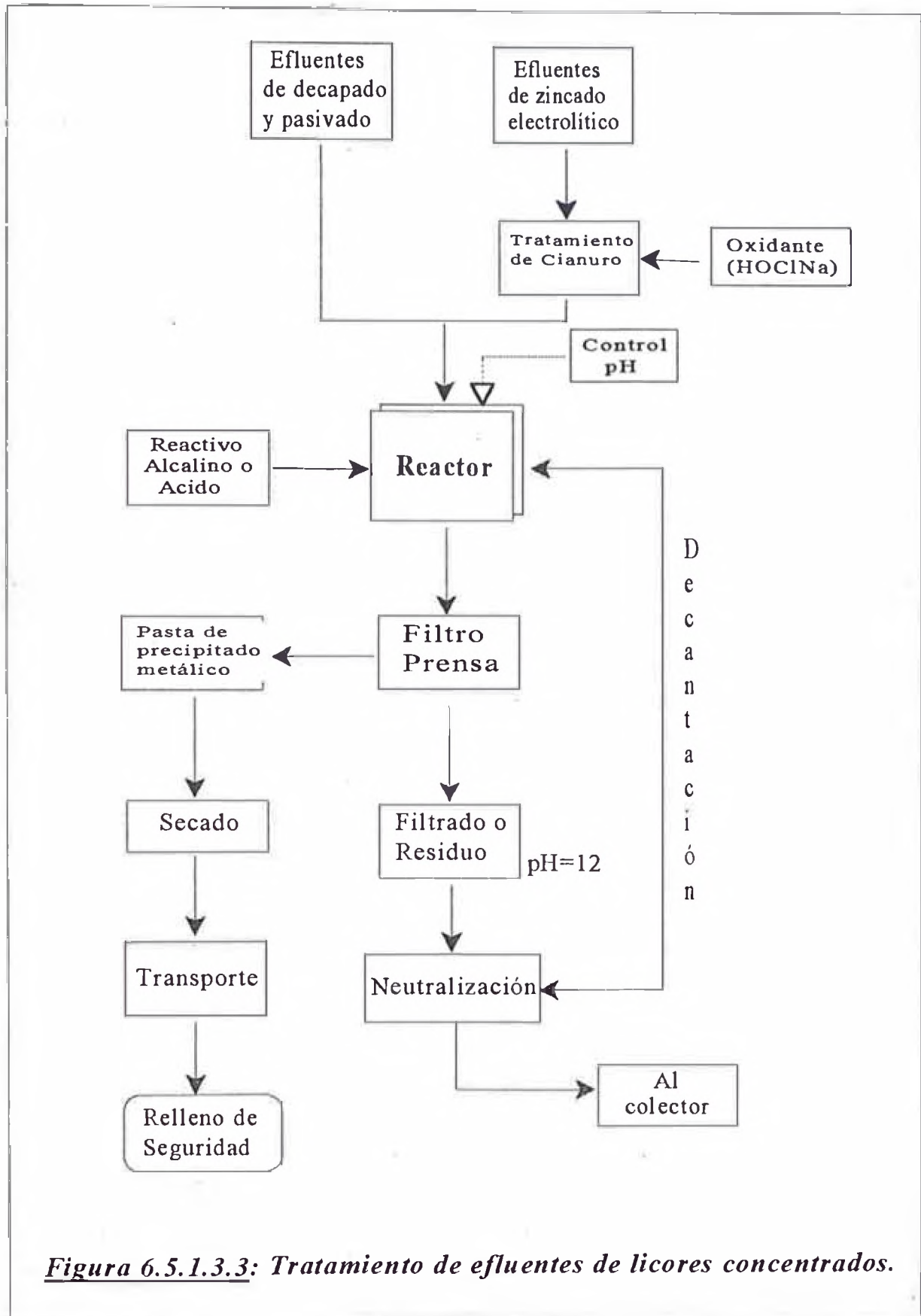


Figura 6.5.1.3.3: Tratamiento de efluentes de licores concentrados.

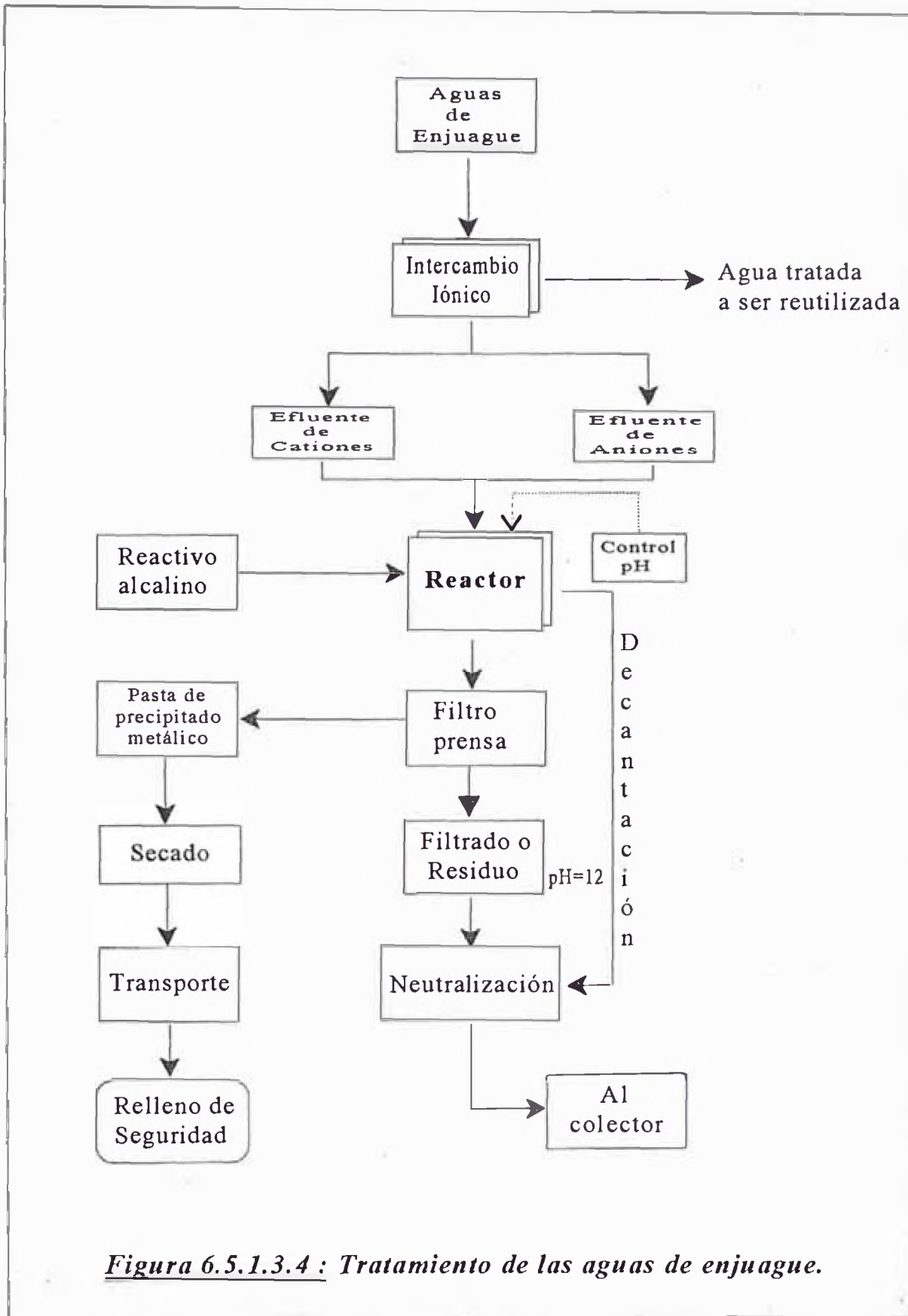


Figura 6.5.1.3.4 : Tratamiento de las aguas de enjuague.

6.5.2.4 Tratamiento de lodos.

La alternativa de tratamiento a mediano plazo, para los lodos galvánicos de las pequeñas industrias será la de crear un centro de acopio de estos desechos clasificados para ser tratados y lograr la recuperación de metales de mayor valor económico en el mercado como son: cobre, níquel, zinc, entre otros.

El lodo generado por las descargas de licores concentrado del proceso de zincado electrolítico contiene hidróxidos metálicos; que deben disponerse en rellenos de seguridad. Sin embargo, se requiere un mantenimiento a largo plazo de estos lugares, y los valores del metal se pierden innecesariamente.

Si los metales se recuperan de estos lodos, se reducirá el problema de disposición, y se logrará la conservación de los recursos metálicos. Los beneficios económicos del metal recuperado ayudarán a compensar el costo de recuperación/tratamiento; los metales de recursos no renovables se reciclarán para ser usados por la sociedad; y habrá significativamente menor material peligroso para ser dispuesto en los rellenos.

Para ello, se ha utilizado técnicas hidrometalúrgicas¹ conocidas y usadas industrialmente; por ejemplo, la precipitación sencilla (como la precipitación fosfórica), la extracción de solventes y las operaciones unitarias de cementación.

En resumen, el método más apropiado para manejar el lodo que generan las pequeñas industrias de acabado de metales

¹ Twidell, L.G. et al. Detoxification of and Metal Value Recovery from metal finishing Sludge Materials. Physical Chemical Processes, 1990. Pág. 55-61.

(galvanizado) es el tratamiento en una planta centralizada que las concentre para su posterior tratamiento.

6.5.2.5 Disposición final.

Una vez que se haya logrado la destrucción final o parcial de los tóxicos (cianuros y metales pesados), se procederá a disponer el residuo resultante de los procesos de tratamiento de manera sanitaria y segura.

Así por ejemplo, luego del tratamiento de los precipitados metálicos, se obtendrá mediante filtración una pasta húmeda; la cual deberá ser secada antes de transportarla al relleno de seguridad, o a las celdas de seguridad de un relleno sanitario que presente buenas condiciones de operación.

En el relleno de seguridad, sólo se permitirá la disposición de aquellos residuos considerados admisibles, de acuerdo a lo indicado en el cuadro 6.5.2.5.1²

Cuadro 6.5.2.5.1: Residuos peligrosos admisibles.

Descripción del residuo	Tratamiento recomendado
Emulsiones de aceites y grasas	Desecado
Cenizas volátiles de filtros de incineradores	Solidificación
Lodos minerales con residuos peligrosos	Desecado o solidificación
Lodos con cianuro de la metalúrgia	Solidificación
Lodos de zinc, plomo, estaño	Solidificación o encapsulamiento
Lodos galvánicos con cianuro, cromo VI	Cianuro : oxidación

² Modificado: Anexo N° 7. Proyecto de Normas Técnicas para la ubicación, diseño, construcción, operación y monitoreo de rellenos de seguridad. Lima, abril 1995. Se observa que aún no ha sido aprobado.

	Cromo : reducción
Lodos galvánicos con cromo III, cobre, zinc cadmio, níquel, cobalto, plomo, estaño.	Solidificación
Otros lodos de hidróxidos metálicos	Desecado o solidificación
Óxidos e hidróxidos de zinc, manganeso, cromo III, cobre y otros metales pesados.	Desecado o solidificación
Cloruros y sulfuros con metales pesados	Solidificación o encapsulamiento
Sales con contenido nocivo de cianuro	Oxidación, solidificación
Cal con contenido de arsénico	Solidificación o encapsulamiento
Detergentes	
Tensoactivos	
Lodos con solventes orgánicos halogenados	Encapsulamiento
Lodos con solventes orgánicos no halogenados	Encapsulamiento
Lodos de tratamiento de efluentes industriales no especificados anteriormente.	Desecado

Residuos peligrosos no admisibles

Residuos altamente tóxicos (venenos)
Residuos explosivos
Residuos inflamables
Residuos reactivos
Residuos radiactivos
Residuos inestables en las condiciones del relleno
Residuos líquidos

Por otro lado, la descarga de los residuos se realizará tomando en cuenta su compatibilidad, esto indica que no deberán

mezclarse los residuos del grupo A con los del grupo B, según como se indica en el cuadro 6.5.2.5.2³

Cuadro 6.5.2.5.2: Compatibilidad de residuos.

Grupo 1-A	Grupo 1-B
Lodos de acetileno	Lodos ácidos
Líquidos fuertemente alcalinos	Soluciones ácidas
Líquidos de limpieza alcalinos	Ácidos de batería
Líquidos alcalinos corrosivos	Líquidos diversos de limpieza
Líquido alcalino de batería	Electrolitos ácidos
Aguas residuales alcalinas	Líquidos utilizados para grabar metales
Lodo de cal y otros álcalis corrosivos	Componentes de líquidos de limpieza
Soluciones de cal	Baños de decapado y otros ácidos corrosivos
Solución cáustica residual	Ácido residual
	Mezcla de ácidos residuales
	Ácido sulfúrico residual
Efectos de la mezcla: generación de calor, reacción violenta	

Grupo 2-A	Grupo 2-B
Residuos de asbesto	Solventes de limpieza de componentes electrónicos
Residuos de berilio	Explosivos obsoletos
Embalajes vacíos contaminados con plaguicidas	Residuos de petróleo
Residuos de plaguicidas	Residuos de refinerías
Otras sustancias tóxicas	Solventes en general
	Residuos de aceite y otros residuos inflamables y explosivos
Efectos de la mezcla: emisión de sustancias tóxicas en caso de fuego o explosión	

³ Idem. Anexo N° 8.

Grupo 3-A	Grupo 3-B
Aluminio Calcio Magnesio Sodio Berilio Litio Potasio Polvo de zinc, otros metales reactivos e hidruros metálicos.	Cualquier residuo de los grupos 1-A o 1-B
Efectos de la mezcla: fuego, explosión, generación de gas hidrógeno inflamable.	

Grupo 4-A	Grupo 4-B
Alcoholes soluciones acuosas en general	Cualquier residuo concentrado de los grupos 1-A o 1-B Calcio Litio Hidruros metálicos Potasio SO ₂ Cl ₂ , SOCl ₂ , PCl ₃ , CHSiCl ₃ , y otros residuos que reaccionan con agua.
Efectos de la mezcla: fuego, explosión o generación de calor, generación de gases tóxicos o inflamables.	

Grupo 5-A	Grupo 5-B
Alcoholes Aldehídos Hidrocarburos halogenados Hidrocarburos nitrados y otros compuestos orgánicos reactivos y solventes Hidrocarburos insaturados	Residuos concentrados de los Grupos 1-A o 1-B Residuos del Grupo 3-A

Efectos de la mezcla: fuego, explosión o reacción violenta

Grupo 6-A	Grupo 6-B
Soluciones gastadas de cianuros o sulfuros	Residuos del Grupo 1-B
Efectos de la mezcla: generación de cianuro de hidrógeno o de sulfuros de hidrógeno	

Grupo 7-A	Grupo 7-B
Cloratos y otros oxidantes fuertes	Ácido acético y otros ácidos orgánicos
Cloro	Ácidos minerales concentrados
Cloritos	Residuos del Grupo 2-B
Ácido crómico	Residuos del Grupo 3-A
Hipocloritos	Residuos del Grupos 5-A y otros residuos combustibles inflamables.
Nitratos	
Ácido nítrico humeante	
Percloratos	
Permanganatos	
Peróxidos	
Efectos de la mezcla: fuego, explosión o reacción violenta	

6.5.3 EN LA OPERACIÓN DE DESENGRASE.

Como se ha visto en el Capítulo IV, ítem 4.2.2.1; como primera medida para disminuir el impacto de los desechos peligrosos sobre el medio ambiente originado por el desengrase con solventes orgánicos se encuentra:

1. La recolección permanente de estos desechos (gasolina) en depósitos herméticamente cerrados que luego pueden ser recuperados por destilación para su posterior reuso o de lo contrario vendido a empresas que reciclan estos residuos. El residuo de la destilación puede disponerse adecuadamente en celdas de seguridad de los rellenos sanitarios.

2. Otra alternativa viable, es la sustitución de desengrase con solventes por desengrase con tensoactivos que tengan similitud química con las grasas a remover como por ejemplo los detergentes (ver figura 6.5.3.1).

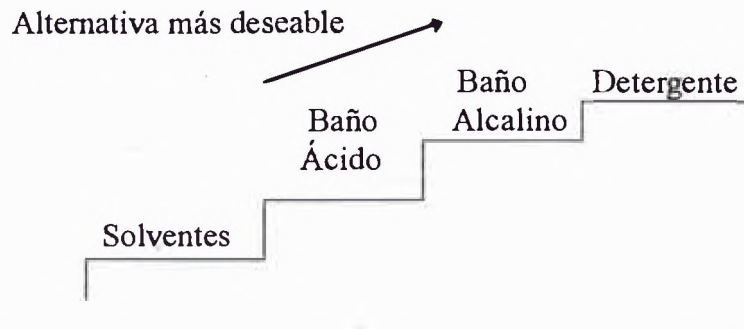


Figura 6.5.3.1 : Alternativas de desengrase industrial

3. Uso permanente de equipos de protección personal (respiradores, lentes, ropa apropiada) con el fin de proteger la salud de los trabajadores.

6.5.4 EN EL PROCESO DE DECAPADO.

En primer lugar, una de las formas de disminuir los desechos peligrosos en este proceso es el escurrimiento adecuado sobre la tina de decapado de todos los materiales en proceso, con el fin de disminuir:

1. El consumo de aguas de enjuague.
2. La concentración de los desechos peligrosos en las aguas de enjuague.
3. El ahorro de ácido clorhídrico por pérdidas.

Por otro lado, se plantea, el tratamiento descrito en el ítem 6.5.1.3 que consiste en la precipitación alcalina de los metales tóxicos en un reactor agitado; en el cual se logrará la reacción de los elementos metálicos objetables para la salud humana y el medio ambiente. Posteriormente, estos elementos serán retirados o separados en la

operación de filtración cuyo residuo ha de ser neutralizado antes de ser desechado al colector público.

6.5.5 EN EL PROCESO DE ZINCADO ELECTROLITICO.

Como se ha podido observar; en las tablas de población equivalente del Capítulo IV, los elementos que mayor problema ocasionan son los elementos tóxicos: CN⁻, Cu, Fe, Zn y los sólidos sedimentables, los cuales necesitan un tratamiento adecuado antes de ser desechados al sistema de alcantarillado público.

Se propone el método de tratamiento indicado en la figura 6.5.1.3.3, el cual implica la destrucción inicial del cianuro y posteriormente los efluentes de licor concentrado de decapado serán tratados conjuntamente en un reactor con el objetivo de precipitarlos y eliminarlos por filtración, y finalmente neutralizarlos para ser desechados a la alcantarilla en condiciones sanitarias apropiadas.

Al igual que en el caso anterior, por un lado, se propone el escurrimiento de las piezas procesadas sobre las tinas de zincado para lograr la reducción de la concentración de desechos peligrosos en las aguas de enjuague; a la vez de lograr la reducción de la reposición de los compuestos químicos de los baños de zincado.

Para extender la vida útil de las soluciones; se debe usar agua desionizada para la formulación de los baños químicos (decapado, zincado y pasivado) con el fin de aumentar la eficiencia de los procesos y operaciones de enjuague y disminuir los costos de tratamiento.

6.5.6 EN LAS OPERACIONES DE ENJUAGUE

Debido a la alta dilución de los metales tóxicos respecto a los licores concentrados de los procesos de decapado y zincado; se plantea

tratarlos mediante el proceso de intercambio iónico (ver esquema); el cual está constituido por una resina aniónica que capture a los iones CN^- , Cl^- , SO_4^{2-} , entre otros, y una resina catiónica que capture a todos los metales como Pb, Cr, Zn, Cd, Fe, Mn, Cu y otros, que luego serán recuperados en el proceso de regeneración de la resina con soda cáustica y ácido clorhídrico, respectivamente; teniendo como resultado una mayor concentración de aniones y cationes que en la etapa inicial. Mediante este proceso se plantea:

1. Recuperar las aguas de enjuague y reusarlas en las operaciones de enjuague con la mínima reposición de agua de abastecimiento público.
2. Disminuir la concentración de desechos peligrosos de las aguas de enjuague.
3. Reducción del consumo de agua de abastecimiento público.

No obstante, este proceso requiere de un cuidadoso control en la regeneración de las resinas, debido a que podrían añadir más residuos al tratamiento de las aguas como producto de la adición de soluciones de NaOH y HCl que han de usarse para regenerar y lavar las resinas.

Por otro lado, se plantea la instalación de tinajas de enjuague por el método de lavado por contracorriente con el fin de evitar un excesivo consumo de agua de abastecimiento público; a la vez de reducir la cantidad de desechos tóxicos y peligrosos en los demás procesos y de obtener una mejor calidad de producto. (Ver figura 6.5.6.1)

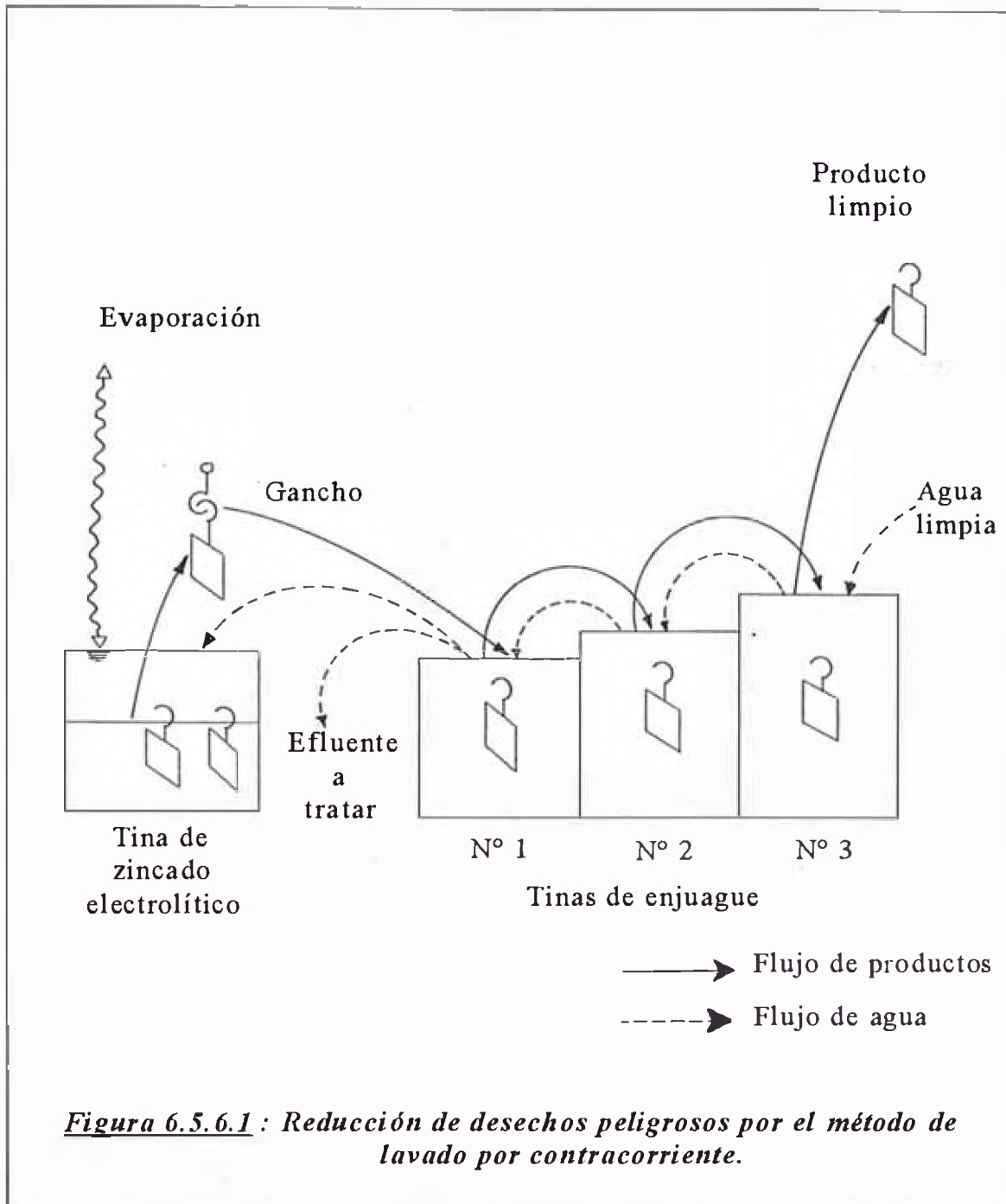


Figura 6.5.6.1 : Reducción de desechos peligrosos por el método de lavado por contracorriente.

6.6 VENTAJAS DEL MANEJO AMBIENTAL DE LOS DESECHOS PELIGROSOS.

De acuerdo a las propuestas formuladas para el manejo ambiental de los desechos peligrosos en la pequeña industria. El cuadro 6.6.1, presenta las siguientes ventajas que se pueden ofrecer desde el punto de vista técnico, ambiental y económico.

Cuadro 6.6.1: Ventajas del manejo ambiental de desechos en la pequeña industria.

Técnica	Ambiental	Económica
DESENGRASE: - Recuperación de solventes por destilación. - Sustitución de productos: solventes por detergentes.	-Disminución de los desechos peligrosos altamente inflamables.	- Venta a empresas de reciclaje para la recuperación del solvente. - Recuperación y reuso del solvente.
DECAPADO: - Esgurrimiento adecuado. - Tratamiento de los desechos tóxicos.	- Disminución de los desechos para tratamiento. - Evitar sanciones y multas por contaminación ambiental. - Mejora de imagen empresarial frente a la vecindad.	- Ahorro en el consumo de agua de abastecimiento. - Ahorro de insumos químicos. - Ahorro de costos de tratamiento de los desechos tóxicos.
ZINCADO: - Esgurrimiento adecuado. - Mantenimiento de tinas. - Control del nivel de líquido en las tinas.	- Disminución de los desechos tóxicos y peligrosos para tratamiento de los cianuros.	- Ahorro de insumos químicos. - Ahorro de costos de tratamiento de los desechos

PROPUESTA DE MANEJO AMBIENTAL DE DESECHOS PELIGROSOS 195

Técnica	Ambiental	Económica
<ul style="list-style-type: none"> - Control fisicoquímico de la concentración de la composición de los baños químicos. - Uso de agua desionizada en la formulación de los baños químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la concentración de los desechos peligrosos en el tratamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - peligrosos. - Ahorro en los costos de producción.
<p>ENJUAGUES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento por proceso de intercambio iónico. - Instalación de tinas de enjuagues por contracorriente - Mejora de la eficiencia de los procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de desechos peligrosos para su tratamiento. - Mejora de imagen de la empresa frente a la comunidad. - Evitar sanciones y multas por cargos de contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorro de consumo de agua de abastecimiento. - Ahorro de los costos de operación y de procesos.

**CAPITULO VII:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

7.1 CONCLUSIONES GENERALES.

- El marco normativo peruano presenta deficiencias de regulaciones en cuanto al control de los vertimientos para sustancias tóxicas y peligrosas. Hasta el momento no existe una norma que establezca límites admisibles para vertidos de desechos industriales.
- Inexistencia de catálogo de desechos peligrosos y no peligrosos para la industria en general que permita establecer una clara definición de los desechos peligrosos para ser aplicable las regulaciones del Convenio de Basilea.
- La existencia de estratos empresariales con grados de articulación (económica y tecnológicamente) diferentes, hace difícil aplicar medidas estandarizadas y homogéneas para el manejo integral y compatible de los desechos peligrosos en la industria.
- Debido a la informalidad de la mayoría de las pequeñas y micro industrias, durante el ciclo de vida de los desechos y al desconocimiento, tanto del empresario como de los operarios, del grado de peligro que presentan los desechos; éstos son vertidos a la alcantarilla pública sin ningún tratamiento, en forma irresponsable.
- La actividad industrial de zincado electrolítico (galvanizado) presenta un serio impacto sobre la salud humana y el medio ambiente, debido al uso de compuestos de cianuro en la formulación del baño químico; los que además contienen metales tóxicos en disolución. Por otro lado, se destaca el uso de solventes orgánicos como gasolinas que son compuestos altamente inflamables.
- La optimización de los procesos y operaciones mediante el control adecuado de parámetros involucrados (concentraciones químicas, pH, temperatura, entre otros); hace que se reduzcan considerablemente la producción de desechos; por otro lado se obtendrían mejoras económicas por el uso racional de insumos químicos.

7.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.

- Los resultados obtenidos de las descargas reflejan un serio problema de impacto ambiental, especialmente en lo referente a la concentración de cianuros y metales tóxicos (Fe, Zn, Pb y Cr). Por otro lado, los resultados, también reflejan la falta de eficiencia en las operaciones de la pequeña empresa por parte de los operarios.
- Como consecuencia de la falta de eficiencia en los procesos y operaciones se generan gran cantidad de residuos contaminantes. En la medida que se optimaren los procesos y operaciones se tendrán mejores resultados.
- La alta carga orgánica expresada como Demanda Química de Oxígeno (D.Q.O), es producto de las reacciones de óxido-reducción que se llevan a cabo en el proceso electrolítico de superficies (zincado) y no a la existencia de materia orgánica carbonácea o nitrogenada, reducida u oxidada por acción de microorganismos
- Los valores altos de conductividad se debe a la presencia de iones metálicos en disolución originado por las reacciones de oxido-reducción, como se puede notar una conductividad de 260000 $\mu\text{mhos/cm}$ en los efluentes de licor concentrado de zincado (LZ).
- No es posible tomar una muestra representativa global de todos los procesos, debido a que no es apropiado mezclar las aguas de enjuague con licores concentrados (LZ y LA), debido a que el objetivo del tratamiento es separar los efluentes a fin de disminuir la cantidad de contaminantes para tratarlos posteriormente mediante los procesos y tecnologías señaladas en el ítem 6.5.3 a 6.5.6.
- La inexistencia de normas ambientales para la calidad de vertimientos, dificulta el análisis sanitario y las medidas a tomar en el tratamiento ambiental de los desechos peligrosos, motivo por el cual se ha estimado conveniente tomar como referencia la

Normas Mexicanas de 1995, que establecen límites máximos permisibles correspondientes a la industria del caso en estudio.

- En base a las normas mexicanas se ha podido llegar a determinar que los puntos críticos en cuanto a contaminación son los desechos de licores concentrados (provenientes del decapado y zincado) que se vierten sin tratamiento previo por parte de la mayoría de las pequeñas industrias. Como se ha podido observar en las tablas 4.2.2.4 y 4.2.2.5 de población equivalente con respecto a CN, Cr, Fe, Zn, Cu, Mn y Pb. En términos de población equivalente sobrepasan grandemente las exigencias del Reglamento de Desagües Industriales 28/60 SAPL, el cual considera como límite máximo a una cantidad de 2000 habitantes.
- Si observamos las tablas 4.4.1.2 a 4.4.1.5, el valor del pH resulta ser alcalino en términos promedio; siendo uno de los valores más crítico el efluente de licor concentrado de zincado - LZ (pH = 13,4); que definitivamente tiene que ser tratado antes de vertirse a la red de alcantarillado público.
- De acuerdo a las tablas de población equivalente (4.2.2.1 a 4.2.2.5), y compatibilizando con las tablas de carga contaminante (tablas 6.5.1.1 a 6.5.1.5); se concluye que los elementos prioritarios para el tratamiento son
 1. En las aguas de enjuague: Fe y Zn.
 2. En el licor concentrado de zincado (LZ): CN, Cr, Fe, Zn y sólidos sedimentables.
 3. En el licor concentrado de ácido (LA): Cr, Fe, Mn, Cu, Pb y Zn.
- De acuerdo a los análisis y resultados de laboratorio es bastante apreciable, la existencia de contaminantes tóxicos en elevadas concentraciones. Si integramos a las 1443 (entre pequeña y grandes) industrias en la rama de galvanizado distribuidas en Lima y Callao y conociendo de que la gran mayoría o ninguna de estas empresas realizan algún tratamiento previo (ver tablas 6.5.1.1 a 6.5.1.5) se produce un cierto sinergismo. Por ejemplo, si la carga contaminante de zinc en el enjuague de zincado

(E2) es de 11,38 Kg/mes, y asumiendo que las 1443 empresas fueran pequeñas industrias, resultaría 16421,34 Kg/mes de metal zinc que son arrojadas, sin tratamiento alguno, a las redes de alcantarillado público de la ciudad de Lima y Callao.

7.3 RECOMENDACIONES

- Debido al gran desorden existente y a la escasa ventilación en las instalaciones de la pequeña empresa (ver fotografía n° 8), se plantea una nueva disposición de planta y la instalación de tres tinajas de enjuagues por el método de lavado por contracorriente (ver plano correspondiente y figura 6.5.6.1, respectivamente).
- Debido a la ausencia de ningún tratamiento para los desechos peligrosos, se plantea el tratamiento de los desechos tóxicos según las características encontradas, así se tienen:

En el desengrase, se plantea la sustitución de solventes por detergentes y la recuperación de solventes por otras empresas dedicadas al reciclaje.

En el decapado (licor concentrado), se plantea el tratamiento por precipitación alcalina con hidróxido de sodio, el cual logrará la precipitación de todos metales tóxicos y sus posteriores tratamientos según lo descrito en el ítem 6.5.4.

En el zincado (licor concentrado), se plantea la destrucción del cianuro, vía tratamiento, mediante la oxidación con hipoclorito de sodio y sus posteriores tratamientos, de acuerdo a lo descrito en el ítem 6.5.5.

Para las aguas de enjuague, se plantea el tratamiento por proceso de intercambio iónico, de acuerdo al ítem 6.5.6, con el fin de recuperar estas aguas, libre de impurezas, en los enjuagues correspondientes. De esta manera se logrará

un considerable ahorro de agua de abastecimiento a la vez que se obtendrá mejor eficiencia en los procesos.

- Uso permanente de equipo de protección personal, a fin de disminuir los riesgos en la salud de los operarios.
- Se hace necesario, la realización de campañas de concientización y capacitación ambiental que abarquen todos los sectores de la sociedad, con el propósito de entender la naturaleza de los desechos peligrosos y reducir el impacto ambiental que se ve seriamente afectado.
- Es sumamente necesario implementar el tratamiento de los elementos tóxicos en la pequeña empresa a fin de reducir el impacto ambiental sobre el medio ambiente y la salud humana.
- Realizar programas de investigación que determinen los posibles riesgos de los desechos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente.
- Realizar programas de investigación que permitan desarrollar tecnologías para la manipulación sin riesgo los desechos peligrosos en todas las actividades industriales.



**REFERENCIAS
BIBLIOGRAFICAS**

1. PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1989). *“Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Acta Final”*. Basilea, Suiza. 73 pp.
2. PAREDES CARRASCO, Freddy. (1996). *“Tratamiento electrolítico de superficies”*. Lima, Perú, 463 pp.
3. GTZ. Cooperación Técnica República Federal de Alemania (1991). *“Manual de disposición de aguas residuales”*. Tomo I y II. CEPIS. Edición en español. Lima, Perú. 1058 pp.
4. CHANG, Raymond. (1995). *“Química”*. McGraw-Hill Interamericana de México. Cuarta Edición. 1064 pp.
5. SEOANEZ CALVO, Mariano. (1995). *“Ecología Industrial: Ingeniería Medio ambiental aplicada a la industria y a la empresa”*. Madrid, España. 522 pp.
6. CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (1993). *“Legislación de residuos peligrosos”*. REPINDEX N° 45. Lima, Perú. 331 pp.
7. BENAVIDES, Livia. (1993). *“Guía para la definición y clasificación de residuos peligrosos”*. CEPIS. Lima, Perú. 40 pp.
8. KONING, Henk de; et. al. (1994). *“Desechos peligrosos y salud en América Latina”*. OPS. CEPIS. Washington, D.C. 63 pp.
9. SAKURAI, Kunitoshi. (1986). *“Manejo de desechos peligrosos”*. Cuadernos de ambientalismo; 3(2), p: 16-35.

10. CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL DE NACIONES UNIDAS (1995). *"Clasificación Internacional Industrial Uniforme de todas las actividades económicas. Versión 3"*. Dirección General de Estadísticas Básicas - INEI. Lima, Perú.
11. GTZ (1990). *"Catálogo de tipos de desechos"*. San José. 50 pp.
12. EPA/SEDESOL. Grupo de trabajo. (1993). *"La minimización de residuos en la industria del acabado de metales"*. 50 pp.
13. EPA. Environmental Protection Agency. Centro de Información para la Investigación Ambiental. (1995). *"Prevención de la contaminación en la pequeña y mediana industria"*. Cincinnati, Ohio. E.U.A. 132 pp.
14. CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (1994). *"Evaluación del impacto ambiental"*. Segunda Edición. REPINDEX N° 51. Lima, Perú. 246 pp.
15. _____ *"Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales"*. Primera Edición. (1995). Ministerio de Justicia/ Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Lima, Perú. 175 pp.
16. EL PERUANO. Normas Legales. *"Dictan Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada"*. Decreto Legislativo N° 757. (13/11/91). Lima, Perú.
17. EL PERUANO. Normas Legales. *"Modifica Reglamento de la Ley General de Aguas"*. Decreto Supremo N° 007-83 SA. Lima, Perú.
18. _____ *"Reglamento de Desagües Industriales"*. Decreto Supremo N° 28/60 SAPL (29/11/60). Lima, Perú.
19. GACETA ECOLÓGICA. (1995). *"Norma Oficial Mexicana NOM-066-ECOL/1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en"*

las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de la galvanoplastia". México, p: 19-25.

20. GACETA ECOLÓGICA. (1994). "*Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-017-ECOL/1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria de acabados metálicos*". México, p: 19-25.
21. EL PERUANO. Normas Legales. "*Prepublicación del Proyecto de Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera*". (07/05/97). Lima, Perú.
22. EL PERUANO. Normas Legales. "*Aprueban el Reglamento de Protección Ambiental para el Desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera*". Decreto Supremo N° 019-97-ITINCI. (01/10/97). Lima, Perú.
23. PEMTEC-CEPIS. (1992). "*Generación de residuos peligrosos en la pequeña empresa industrial en Lima - Perú. Estudio Preliminar*". Cuadernos de Trabajo. Lima, Perú. 109 pp.
24. CORTINAS DE NAVA, Cristina; VEGA GLEASON Sylvia. (1993). "*Residuos peligrosos en el Mundo y en México*". SEDESOL. Secretaria de Desarrollo Social. México, D.F. 215 pp.
25. CEPIS/OPS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/ Organización Panamericana de la Salud. (1993). "*Estudio sobre residuos peligrosos y salud en América Latina y el Caribe; Perú*". Lima, Perú. 126 pp.
26. BENAVIDES, Livia. (1992). "*Hazardous Waste Management For Small-Scale and Cottage Industries in Developing Countries: Overview Paper*". México City. p:13-17.

27. DUFFUS, John H. (1983). *"Toxicología Ambiental"*. Edición española. Barcelona, España. 173 pp.
28. ECO/OPS/OMS. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud/ Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. (1985). *"Nociones Básicas de Toxicología. Lecturas Complementarias"*. México. 470 pp.
29. NEW JERSEY DEPARTMENT OF HEALTH. (1986). *"Hazardous Substance Fact Sheet - Cyanogen"*. Trenton N.J. U.S.A. 6 pp.
30. MINISTERIO DE SALUD. República de Chile. (1979). *"Manual de Toxicología Ocupacional"*. Santiago de Chile.
31. OPS. (1986). *"Enfermedades Ocupacionales - Guía para su diagnóstico"*. Publicación Científica N° 480. Washington, D.C. USA.
32. JUNTA DE CALIDAD AMBIENTAL. (1984). *"Informe Ambiental 191-1982"*. Oficina del Gobernador. San Juan, Puerto Rico.
33. OPS. (1990). *"Condiciones de salud en las Américas"*. Washington, D.C. 69 pp.
34. NACIONES UNIDAS. (1992). *"Programa 21. Capítulo XX: Gestión ecológicamente racional de los desechos peligrosos"*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo.
35. TWIDWELL, L.G; DAHNKE, D.R; et. al. (1990). *"Physical Chemical Processes: Detoxification of and Metal Value Recovery from Metal Finishing Sludge Materials"*. Vol. II. Lancaster, Technomic. p: 55-61.

36. TULLIO, Luis A. De. (1984). *"Aplicación de tecnología menos contaminante en la industria de acabado de metales"*. Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. AIDIS. Buenos Aires, Argentina. p: 1-47.
37. SAN JOSÉ, CAPRE (1994). *"Aguas residuales generadas en la industria metalúrgica; reglas técnicas con respecto a la gestión de aguas residuales y desechos"*. Instructivo H765, partes 1 y 2. 54 pp.
38. SASTOQUE CANON, Jairo. et. al. (1984). *"Tecnología: Control de residuos cianurados en la industria galvánica"*. Bogotá, Colombia. p: 19-49.
39. KJELLSSON, Khaldo; REOLFI, Horacio (1981). *"Tema delicado: Los efluentes de galvanoplastia y tratamiento de superficie"*. Agua: Tecnología y Tratamiento N° 6 (25). p: 34-39.
40. ICHIKAWA, Arata (1983). *"Control de la contaminación ambiental por residuos peligroso en Japón"*. PNUMA. Industria y Medio Ambiente. p: 34-39.
41. APHA, AWWA, WPCF. (1992). *"Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales"*. Ediciones Díaz de Santos. 17 edición. Madrid, España.
42. VALLE, VEGA, Pedro. (1986). *"Toxicología de alimentos"*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. OPS-OMS. Metepec, México. 219 pp.
43. CEPIS. (1997). *"Manual de minimización de residuos en la industria de acabado de metales"*. Lima, Perú.

44. MIRANDA ZUZUNAGA, Milton; et. al. (1995). *"Proyecto de Normas Técnicas para la ubicación, diseño, construcción, operación y monitoreo de rellenos de seguridad"*. CEPIS. (Inédito). Lima. Perú. 43 pp.

45. INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (1997). *"Perú: Estadísticas del Medio Ambiente 1997"*. Lima, Perú. 426 pp.



ANEXOS